

PARA TITULOS PROFESIONALES DE ESPECIALISTAS DE CUARTO NIVEL PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

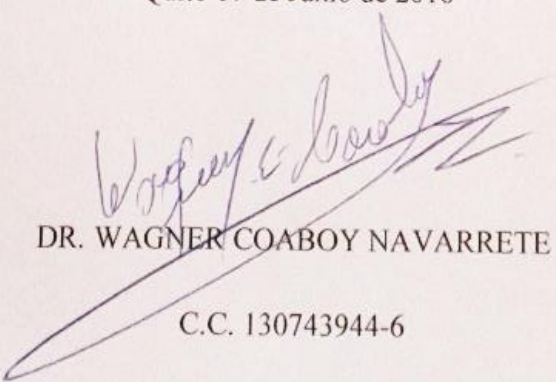
DECLARACION DE AUTORIZACION

Yo, WAGNER EBANAN COABOY NAVARRETE CON C.C. 130743944-6, autor del trabajo de graduación titulado: "**COMPARACION DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ATLETAS AMATEUR Y PROFESIONALES, ECUADOR 2014**", previa a la obtención del título profesión de ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL DEPORTE en la Facultad de Medicina.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENECYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea ingresado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedades intelectuales de la Universidad.

Quito 17 de Junio de 2016



DR. WAGNER COABOY NAVARRETE

C.C. 130743944-6



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

FACULTAD DE MEDICINA.

ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE.

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ATLETAS AMATEUR Y PROFESIONALES, ECUADOR 2014.

LUGAR: Escuela de formación deportiva MAQSUM, ciudad de Tosagua
provincia de Manabí.

PARTICIPANTES: atletas amateur y profesionales de 15-25 años

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL DEPORTE.**

AUTOR.

DR. WAGNER COABOY NAVARRETE.

DIRECTOR DE TESIS: DR. OSCAR CONCHA ZAMBRANO

DIRECTOR METODOLÓGICO: DR. MARCO ANTONIO PINO
BEEDON.

QUITO, 2016.

DEDICATORIA.

Quiero dedicar esta tesis a: A Dios, ser supremo, creador de todas las cosas del universo, a quien le debo el mi ser y saber.

A mis padres Ángela Mariana y Homero Bienvenido (+), por haber impulsado con todas sus fuerzas mis proyectos de formación académica y personal, por estar siempre a mi lado y porque se merecen todo lo bueno, que un hijo les pueda dar.

A mi esposa María Janeth y a mis hijos María Auxiliadora, Wagner Josué, Moshe Ebanan y Wagner Ebanan, a quienes tanto tiempo he robado durante mi preparación académica, ellos son los verdaderos responsables de este resultado final.

A mis hermanos Leodan, Javier y Robinsón, con quienes aprendí a avanzar día a día, a luchar por lo que uno quiere y a formar un solo “puño” en los momentos más difíciles.

A mis compañeros de post-grado, de ellos aprendí muchos valores importantes, tanto en el ámbito del ejercicio de la Medicina como en la relación entre compañeros.

A mis docentes de post-grado, por sus enseñanzas y amistad y que de u otra manera, colaboraron en alguna de las múltiples tareas relacionadas con esta Tesis. Su enumeración resultaría formidable, pero cada uno de ellos sabe el sitio que le corresponde y a todos les debo mi gratitud.

WAGNER

AGRADECIMIENTOS.

Considero justo mostrar mi agradecimiento a todos los que han hecho posible, directa o indirectamente, que este proyecto haya llegado a su fin; A saber:

Al Dr. Oscar Concha Zambrano, Director de la presente Tesis y Director del post-grado de Medicina Del Deporte, de la Facultad de Medicina, de la **Pontificia Universidad Católica Del Ecuador**, por su inestimable colaboración durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Marco Pino Beedon, responsable de la dirección metodológica de esta disertación de tesis, así como de su estrategia de desarrollo.

A los deportistas, entrenadores, y directivos de la escuela de formación deportiva MAQSUM, de la ciudad de Tosagua provincia de Manabí, quienes aportaron con su buena disposición para la ejecución de esta tesis.

WAGNER

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo: Wagner Ebanan Coaboy Navarrete portador de la cedula de ciudadanía 1307439446, declaro que los resultados obtenidos en esta investigación que presento como informe final, previo la obtención final del título de especialista en MEDICINA DEL DEPORTE, son absolutamente originales, auténticos y personales. En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi exclusiva responsabilidad legal y académica.

WAGNER EBANAN COABOY NAVARRETE

C.C. 1307439446

Contenido

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	IV
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	13
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 EL VO2 MÁX.....	16
2.1.1 HISTORIA DEL MÁXIMO CONSUMO DE OXIGENO.....	17
2.1.2 VO2MAX EN LA ACTUALIDAD.....	18
2.1.3 Estimación del consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) del atleta.....	20
2.2 Valoración de la Capacidad Aeróbica.....	21
2.3 Control de la Frecuencia Cardíaca (FC).....	22
2.3.1 Frecuencia cardíaca máxima = 220 - edad.....	22
2.4 VO2MÁX EN ATLETAS.....	23
2.5 El Consumo Máximo de oxígeno (VO2máx.) en el niño.....	24
2.6 CÓMO SE CALCULA EL VO2 MAX.....	24
2.6.1 MÉTODOS DIRECTOS.....	25
2.6.2 MÉTODOS INDIRECTOS.....	27
2.6.3 LA FORMULA BÁSICA:.....	28
2.7 PHYSICAL WORK CAPACITY A 170 LPM (Capacidad de trabajo físico). (PWC₁₇₀).	29
2.8 REALIZACION DE LA PRUEBA PWC170 EN CICLOERGOMETRO.....	30
2.8.1 Cómoda configuración del test PWC (ergómetro Cyclus2).....	33
2.8.1.1 Análisis automático del test PWC.....	34
2.9 SOMATOTIPO.....	35
2.9.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES.....	36
2.9.1.1 ENDOMORFOS.....	36
2.9.1.2 MESOMORFOS.....	36
2.9.1.3 ECTOMORFOS.....	37
2.9.2 ANÁLISIS DEL SOMATOTIPO.....	37

2.9.3	FORMAS DE OBTENER EL SOMATOTIPO.	38
2.9.4	ANTROPOMETRÍA.	38
2.9.5	ANTROPOMETRIA EN EL DEPORTE.	39
2.9.6	MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.	39
2.9.7	TÉCNICAS Y MEDICIONES SUGERIDAS.	40
2.9.8	CÁLCULO DEL SOMATOTIPO.	40
2.10	SIERRA, COSTA Y VO2MAX.	41
2.10.1	DESCRIPCIÓN DE NIVEL DEL MAR.	41
2.11	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA GENTE QUE VIVE EN LA ALTURA Y A NIVEL DEL MAR.	42
2.11.1	DIFERENCIAS ANATÓMICAS.	42
2.11.2	DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS.	42
2.11.3	EL FUTURO DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD.	43
2.11.4	INFLUENCIA DE LA ALTURA EN LA CAPACIDAD FÍSICA.	44
2.12	SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE TOSAGUA.	44
2.12.1	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.	45
2.13	EDAD Y VO2MAX.	46
2.13.1	La Edad Física podría predecir la longevidad.	47
2.14	GÉNERO Y VO2MAX.	48
2.14.1	VALORES DE REFERENCIA DEL VO2MAX EN AMBOS SEXOS.	49
2.15	PESO Y VO2MAX.	51
2.15.1	Flaco por fuera pero gordo por dentro.	51
2.16	IMC y VO2máx.	52
2.16.1	IMC y la función respiratoria.	52
2.16.2	IMC y la función cardiovascular.	52
2.17	ATLETISMO, FUTBOL Y VO2MAX.	53
2.18	PROFESIONAL, AMATEUR Y VO2MAX.	54
3	MATERIALES Y MÉTODOS.	56
3.1	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.	56
3.2	OBJETIVOS.	56
3.3	HIPÓTESIS.	57

3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	58
3.5	MUESTRA.....	59
3.6	ASPECTOS BIOETICOS.....	59
3.7	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	60
3.8	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	60
3.9	CRITERIOS DE ELIMINACION.....	60
3.10	TIPO DE ESTUDIO.....	60
3.11	PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	60
3.12	PROCEDIMIENTO.....	62
3.12.1	Medidas Preparatorias el Día antes de la Prueba.....	62
3.12.2	PREPARACIÓN PARA LA PRUEBA.....	62
3.12.3	DATOS DE LA PRUEBA.....	63
3.12.4	INTERPRETACIÓN.....	63
3.13	PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS.....	64
4	RESULTADOS.....	66
5	DISCUSIÓN.....	82
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
6.1	CONCLUSIONES.....	88
6.2	RECOMENDACIONES.....	89
7	BIBLIOGRAFIA.....	90
8	ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES.

Tabla 1:	Género de los participantes en el estudio.....	66
Tabla 2:	Distribución del peso en Kg de los participantes en el estudio.....	67
Tabla 3:	Estatura de los participantes en el estudio.....	67
Tabla 4:	Edad de los participantes en el estudio.....	68
Tabla 5:	Tipo de Atleta de los participantes en el estudio.....	69

Tabla 6: Somatotipo de los participantes en el estudio.....	70
Tabla 7: Índice de masa corporal de los participantes en el estudio.....	71
Tabla 8: Máximo consumo de oxígeno (VO2 MAX), de los participantes en el estudio.....	72
Tabla 9: Capacidad de trabajo físico a 170 latidos por minuto (pwc170) de los participantes en el estudio.....	73
Tabla 10: Capacidad aeróbica de los participantes en el estudio.....	74
Tabla 11: Frecuencia cardiaca de los participantes en el estudio.....	75
Tabla 12: Índice metabólico de los participantes en el estudio.....	76
Tabla 13: Altura del asiento de los participantes en el estudio.....	77
Tabla 14: Asociación entre el somatotipo ectomesomorfo con variables del estudio.....	78
Tabla 15: Diferencia de las variables del estudio en relación con el somatotipo ectomesomorfo.....	79
Tabla 16: Asociación entre el somatotipo endomesomorfo con variables del estudio.....	79
Tabla 17: Diferencia de medidas de las variables del estudio en relación con el somatotipo endomesomorfo.....	80
Tabla 18: Asociación entre el tipo de deportista con género y capacidad aeróbica.....	80
Tabla 19: Diferencias de medidas de las variables del estudio, según el tipo de deportista.....	81

RESUMEN.

Mediante el test ergométrico PWC170 en cicloergómetro tipo monark 874E, se evaluó a un grupo de 60 atletas, de entre 15 y 25 años de edad, alumnos la escuela de formación deportiva “MAQSUM” de la ciudad de Tosagua provincia de Manabí, nuestro objetivo era conocer la capacidad aeróbica y la carga máxima tolerada, en relación con la edad y el tipo de atleta (amateur/profesional) y el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$) en relación con la potencia. Se analizó la intensidad de la prueba con relación a la frecuencia cardíaca máxima y la edad. Se obtuvo un nomograma basado en análisis de regresión para la capacidad de trabajo físico, los resultados fueron: El promedio de $VO_{2\text{máx}}$ 39,53 $mlO_2*kg*min$, la capacidad aeróbica fue del 42% para la media, el promedio del PWC170 alcanzado fue de 154,58 $wats*min$, el género que predominó fue el masculino (92%), el peso se situó en la escala de 50 a 59kg (37%), el promedio de estatura fue de 168,36 cm, la edad que predominó fue de 15 a 16 años y corresponde a los profesionales, predominaron los atletas profesionales con el 63,3%, el somatotipo que predominó fue el endomesomorfo con el 30%, el IMC promedio es de 22 kg/m^2 , la $FC_{\text{máx}}$ promedio es de 202,98 lpm, el METS promedio es de 11,30 $mets*ml*kg$. Se evidenció una diferencia estadística significativa en relación con el somatotipo entre atletas amateur y profesionales, el IMC fue menor para los atletas con somatotipo ectomesomorfo evidenciándose una diferencia estadísticamente significativa en las variables cuantitativas; la hipótesis demuestra que los atletas profesionales presentaron un PWC170 y un $VO_{2\text{máx}}$ significativamente más altos que los atletas amateurs.

Este estudio es transversal, se realiza una antropometría a los participantes, y el test PWC170 en el Cicloergómetro, con una cadencia entre 60 y 80 RPM y carga en Watts de acuerdo al peso, que se incrementó cada 3 minutos en 50 Watts, la FC se monitoreo constantemente y la prueba se suspendió cuando el sujeto se fatigo o la frecuencia cardíaca llego a limites submaximales. El presupuesto de esta investigación fue alrededor de 11175 USD. La duración fue de 6 meses esto es de octubre 2014 a Marzo 2015.

PALABRAS CLAVES: VO₂máx, cicloergómetro, Atletas, Tosagua, PWC170.

ABSTRACT.

By ergometer test PWC170 cycle ergometer type monark 874E, was assessed a group of 60 athletes, aged between 15 and 25 years old, students school sports training "maqsum" city of Tosagua province of Manabí, our goal was meet the aerobic capacity and maximum load tolerated in relation to age and type of athlete (amateur/professional) and maximum oxygen consumption (VO_{2max}) in relation to the power. The intensity of testing in relation to the maximum heart rate and age were analyzed. based on regression analysis for physical work capacity nomogram I is obtained, the results were: The average VO_{2max} 39.53 mlO₂ * kg * min, aerobic capacity was 42% for the average, the average PWC170 achieved was from 154.58 wats * min, the gender was male predominance (92%), weight stood at the scale of 50 to 59kg (37%), the average height was 168.36 cm, the age predominated was 15 to 16 years and corresponds to professionals, professional athletes dominated with 63.3%, somatotype that prevailed was the endomesomorphic with 30%, the average BMI is 22 kg / m², the average is FCmáx from 202.98 lpm, the average is 11,30 METS mets*ml * kg. a statistically significant difference regarding somatotype between amateur and professional athletes, was evident BMI was lower for athletes with ectomesomorfico somatotype demonstrating a statistically significant difference in the quantitative variables; the hypothesis shows that professional athletes presented a PWC170 and significantly higher than the amateur athletes VO_{2max} .

This study is transversal, anthropometry participants is performed, and the test PWC170 on the cycle ergometer , with a rate between 60 and 80 RPM and load in Watts according to weight , which increased every 3 minutes 50 Watts , HR I constantly monitoring and the test was discontinued when the subject is fatigued or heart rate came to submaximal limits. The budget of this investigation was around 11175 USD. The duration was 6 months this is from October 2014 to March 2015.

KEYWORDS: VO₂max, cycle ergometer, Athletes, Tosagua, PWC170

1 INTRODUCCIÓN.

El término *aptitud física* implica la habilidad de hacer los ajustes fisiológicos apropiados a las tensiones impuestas para una tarea específica. Los investigadores refieren que una buena función cardiovascular es el factor fisiológico más importante para una excelente aptitud física¹. Existen parámetros fisiológicos que miden el esfuerzo máximo de un deportista. Los más utilizados son: el VO₂, la frecuencia cardíaca (FC), el cociente respiratorio (CR), la concentración de lactato y en menor proporción la escala subjetiva de percepción del esfuerzo realizado.

Dentro de las pruebas empleadas para medir las respuestas cardiovasculares al ejercicio, son idóneas aquellas que pueden determinar el *consumo de oxígeno máximo* (VO₂máx), es decir, *Prueba de Capacidad Aeróbica*, esta calcula la cantidad de oxígeno máximo que puede transportar la sangre hacia aquellos órganos activos durante el ejercicio, principalmente los músculos esqueléticos y el miocardio. Mediante el uso de evaluaciones submáximas y la medición de la frecuencia cardíaca durante dichas pruebas, se puede estimar con un alto grado de validez el VO₂máx. Las bases teóricas de estas pruebas submáximas se fundamentan en las relaciones que existen entre la frecuencia cardíaca, la carga/potencia ergométrica y el VO₂máx².

El mejorar la condición física, sigue siendo uno de los propósitos de la población, ya que la condición y el incremento de la de la misma, están asociados a un incremento de los índices de salud.

El VO₂máx es expresado en ml/kg/min con porcentajes (%) de acuerdo a la edad, peso y sexo. El VO₂ máx, en la práctica, es considerado equivalente al VO₂ obtenido en el pico de esfuerzo¹. Los investigadores consideran que el VO₂máx es la mejor medida objetiva de laboratorio para determinar la potencia aeróbica máxima, el sujeto realiza un ejercicio en un ergómetro, con un protocolo específico hasta el agotamiento. Estos test de laboratorio son un método de exploración fundamental para la valoración funcional clínica y en el deporte de alta competición¹.

Aunque en los últimos años se está investigando otros parámetros que evalúen el estado de entrenamiento físico, el consumo máximo de oxígeno (VO₂ max) continúa siendo universalmente aceptado como uno de los mejores índices del rendimiento físico, siendo su cálculo fundamental en los estudios de fisiología deportiva¹.

Las pruebas ergométricas en bicicleta son utilizadas por instituciones como la policía, las Fuerzas Armadas, instituciones deportivas de elite y de gimnasio de varios países para valorar la capacidad aeróbica y, por tanto, de la aptitud cardiovascular.

El test PWC, la abreviatura de PWC significa: Physical Working Capacity (capacidad de trabajo físico), pertenece a los procedimientos de test de diagnóstico de rendimiento, que evalúa la capacidad de rendimiento aeróbico de la persona sometida al test. Como criterio del test se emplea el umbral fijo de frecuencia cardíaca en el diagrama de rendimiento de

frecuencia cardíaca. Dependiendo del grupo objetivo, va desde la rehabilitación, pasando por los deportistas aficionados, los deportistas de competición o los deportistas de alto rendimiento, se ha probado la eficacia del umbral de la frecuencia cardíaca PWC170⁸.²

La capacidad de trabajo físico ha sido objeto de estudio desde finales del siglo pasado y principios del actual; por 1950 la prueba de esfuerzo cardiopulmonar fue originalmente desarrollada para probar la aptitud de los deportistas, ejemplo, corredores de larga distancia y esquiadores de fondo, donde el VO₂máx es el predictor más importante del rendimiento en pruebas de resistencia.¹.

Mientras que en los atletas del hemisferio norte, los fisiólogos han recopilado un material investigativo considerable con vistas al estudio de su Capacidad de Trabajo físico, en la nueva generación de los países del hemisferio sur, y principalmente, de América Latina, tales informaciones faltan casi por completo, considerando a nuestro Ecuador dentro de esta falta de estudios en VO₂max y también los índices de la Capacidad Física de Trabajo a 170 latidos por minuto (PWC 170), entre otros.

Por ello, se genera la necesidad de realizar el test ergométrico PWC170 en cicloergómetro, para determinar las cualidades físicas que apoyen los procesos de evaluación y seguimiento de atletas en las categorías juveniles. La investigación que se lleva a cabo en los alumnos la escuela de formación deportiva “MAQSUM” de Tosagua Provincia de Manabí, tiene una real importancia en cuanto al manejo de los deportistas para los logros locales, nacionales y selecciones para competencias internacionales.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 EL VO₂ MÁX.

Toda actividad física demanda oxígeno, cuando el oxígeno consumido durante el ejercicio es menor o igual al torrente circulatorio se dice que el trabajo es aeróbico; existe por tanto un equilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno.

En el entrenamiento de un músculo, debemos tener en cuenta, que en función de la duración del esfuerzo intervienen diferentes procesos fisiológicos para aportar energía. Los esfuerzos breves dependen prioritariamente de procesos anaeróbicos, en los esfuerzos prolongados, los procesos aeróbicos desempeñan un papel fundamental.

El atletismo es un deporte de resistencia que consiste básicamente en la generación de niveles de actividad de intensidad variable e intermitente, una de las principales líneas de interés dentro de los grupos de investigación es la caracterización de las cualidades físicas y antropométricas en los atletas que realizan una práctica regular o deporte.

La medición del consumo directo de O₂ durante las diversas formas de trabajo físico también fue uno de los primeros aportes de la prueba de esfuerzo cardiopulmonar, el VO₂máx se calculaba a partir de mediciones específicas como las ecuaciones de conversión de Haldane basadas en las propiedades no metabólicas del nitrógeno.¹.

El VO₂máx, es la cantidad máxima de oxígeno (O₂) que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo determinado, vale decir, el máximo volumen

de oxígeno en la sangre que nuestro organismo puede transportar y metabolizar. También se lo llama Consumo máximo de oxígeno o capacidad aeróbica. Es la manera más eficaz de medir la capacidad aeróbica de un individuo. Cuanto mayor sea el VO_2 máx, mayor será la capacidad cardiovascular de ésta. De una forma sencilla, el VO_2 (consumo de oxígeno) es igual al volumen de oxígeno inspirado por minuto menos el volumen de oxígeno expirado por minuto. $VO_2 = V_I O_2 - V_E O_2$. O sea la Potencia Aeróbica Máxima (PAM) o la mayor cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de extraer de la atmósfera y utilizar en los tejidos. Los factores que influyen en el VO_2 máx son: edad, sexo, dimensiones corporales, herencia, nivel de entrenamiento. El consumo máximo de oxígeno se expresa en: Valores absolutos (L/min), Valores relativos al peso total corporal (ml*Kg*min.), al peso magro corporal (ml/KgPLG·min). La determinación de este parámetro es fundamental para actividades de duración entre 3 y 10 minutos, y de máxima intensidad.³

2.1.1 HISTORIA DEL MÁXIMO CONSUMO DE OXIGENO.

El término “máximo consumo de oxígeno” fue creado y definido por Hill et al. y Herbst en la década del 20. El paradigma del VO_2 máx. de Hill y Lupton postula que:

1. hay un límite superior para el consumo de oxígeno.
2. hay diferencias interindividuales en el VO_2 máx.
3. un alto VO_2 máx. es un prerequisite para el éxito en la carrera de media y larga distancia.
4. el VO_2 máx. está limitado por la capacidad del sistema cardiorrespiratorio para transportar el O_2 a los músculos.

En 1923, Hill y Lupton hicieron cuidadosas mediciones del consumo de oxígeno en un sujeto, que corrió alrededor de una pista de pasto de 85 m, el propósito de este estudio es

la de ilustrar el cambio del VO_2 máx, en función del tiempo a tres velocidades. En un estudio publicado el año siguiente, Hill et.al. reportaron más mediciones del VO_2 en el mismo sujeto. Después de 2.5 min de carrera a 282 m.min⁻¹ su VO_2 máx alcanzó un valor de 4080 L.min⁻¹ (o 3730 L.min⁻¹ arriba del VO_2 máx medido en reposo, con el sujeto de pie). Ya que el VO_2 máx a las velocidades de 259, 267, 271, y 283 m.min⁻¹ no se incrementó más allá de aquel medido a 243 m.min⁻¹, esto confirma que a velocidades extremas el VO_2 máx alcanza su maximalidad, más allá del cual, ningún esfuerzo puede aumentarlo.⁴

2.1.2 VO2MAX EN LA ACTUALIDAD.

Actualmente, está universalmente aceptado que hay un límite fisiológico superior de la capacidad del cuerpo de consumir oxígeno. En un protocolo de evaluación discontinua, los intentos repetidos de conducir el consumo de oxígeno a valores más altos incrementando la tasa de trabajo son inefectivos. La tasa de crecimiento en el VO_2 máx se incrementa con cada intento sucesivo, pero el “límite superior” alcanzado en cada caso es aproximadamente el mismo. Los sujetos simplemente alcanzaban el VO_2 máx, con las producciones de potencias más altas. El VO_2 máx no continúa incrementándose indefinidamente con el incremento de la tasa de trabajo (o velocidad de carrera). Este hallazgo fue predicho por Hill y Lupton, los cuales establecieron eventualmente, que en la velocidad (o tasa de trabajo) que se incrementa más allá de este límite, no puede ocurrir un incremento subsiguiente en la captación de oxígeno.⁴

De forma generalizada se considera que el nivel esencial de VO_2 máx, determinará el límite del potencial de desarrollo y que la intensidad y duración del ejercicio interviene en el grado de desarrollo. No obstante siendo muy importante el VO_2 máx, Bullard, citado por Álvarez del Villar, afirma que "no existe una correlación exacta entre este y el rendimiento. A menudo el VO_2 máx, de un deportista puede ser alto y sin embargo sus rendimientos son triviales, señalando las influencias de otros factores menos objetivables". Esto es debido a que el VO_2 máx, de un individuo está asociado a una acumulación de ácido láctico; en este sentido el mayor o menor rendimiento puede verse afectado por el umbral anaerobio del individuo, de forma que durante una carrera un sujeto con menor VO_2 máx, puede tener un mayor rendimiento que otro, simplemente porque dispone de un mayor umbral anaeróbico.

Debemos saber que en pruebas de resistencia, el rendimiento de un alumno no está solamente relacionado con un buen VO_2 máx, ya que paralelamente cada uno puede, utilizar determinado VO_2 máx, acumular una mayor o menor cantidad de ácido láctico.

Como referencia tras el control del alumno sobre el aumento medio del VO_2 máx, según Fox, en individuos, después de entrenar de 8 a 16 semanas el VO_2 máx, varía entre el 5 y el 15% con cambios individuales que llegan hasta el 20 o 25%. Así un hombre entrenado que presenta un valor medio de VO_2 máx, de 50 ml/kg de peso y por minuto, puede esperar que el entrenamiento acreciente su VO_2 máx. hasta alrededor de 60 ml/kg. x min. y una mujer que comience con el valor medio, es decir 40 ml/kg x min. puede esperar un aumento de hasta 48 ml/kg. x min.

Ruiz Pérez (1987) en su estudio sobre el desarrollo motor consigue una recopilación de autores, nombrados a continuación, que apoyan el trabajo de larga duración de resistencia cardiovascular en estas etapas. (Mandel, 1984; Karpovich,1979; Corbin, 1980; Astrand,1977). Existen otros autores como Dien, que indican que las prácticas de larga duración, en edades tempranas deben estar reducidas a 9 - 10 min, y a partir de la pubertad ir aumentando progresivamente, sí bien es cierto que casi todos los autores coinciden en la existencia de algún perjuicio, este más bien viene dado por la intensidad del ejercicio que por la duración del mismo.

Varios estudios encuentran resultados favorables de los criterios utilizados en la determinación del VO₂máx en diferentes trabajos publicados en revistas con índice de impacto en los últimos años; se pueden apreciar más de 30 criterios diferentes utilizados para la determinación del consumo máximo de oxígeno.²

2.1.3 Estimación del consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) del atleta.

La determinación del VO₂máx ha sido estudiada desde muchos puntos de vista. Debido a la dificultad instrumental que implica su correcta medición han proliferado muchos autores con el ánimo de predecir y estimar la forma correcta de medir el VO₂máx, del individuo.

2.2 Valoración de la Capacidad Aeróbica

La Capacidad Aeróbica expresa, la suficiencia del corazón y del sistema vascular para transportar oxígeno a los músculos que trabajan, permitiendo las actividades que implican a grandes masas musculares durante un periodo prolongado de tiempo.

La capacidad aeróbica está directamente relacionada con el VO₂máx del individuo. Además es importante diferenciar su valoración en términos absolutos que representa el total de oxígeno consumido en el cuerpo por minuto, (lts*mins), y en términos relativos que representa el consumo de oxígeno requerido para mover 1 Kg de peso corporal por minuto (ml*min y * Kg de peso). Ejemplo: Si dos individuos tienen el mismo VO₂máx, que corresponde a 4 lts *minuto, pero uno de ellos pesa 60 kg. y el otro 70 kg, tenemos que deducir que el primero dispondrá de una mayor capacidad aeróbica, ya que contará con el mayor VO₂máx, relativo de 66 ml. x kg. x min. frente a 57 ml. x kg. x min.

En la tabla nº 1, se aprecia una escala cualitativa sobre la capacidad aeróbica de individuos jóvenes.

		HOMBRES		
Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
<25	25-33	34-42	43-52	>48
		MUJERES		
Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
<24	24-30	31-37	38-48	>48

Tabla. Nº 1. Cuadro de nivel de capacidad aeróbica para valores de VO₂ máx. Expresados en ml.kg.min. Fuente: García Manso y col. (1996).

2.3 Control de la Frecuencia Cardíaca (FC).

En programas de resistencia, un punto de partida y que es aplicable a la mayor parte de los deportistas consiste en trabajar a un nivel suficiente para elevar la frecuencia cardíaca a un valor situado entre el 85 y el 90% del nivel máximo. Teniendo esto en cuenta, un deportista de 16 años con una frecuencia cardíaca máxima de 200 latidos/min., podría ejercitarse a 170 pulsaciones/minuto, que se obtiene como resultado de trabajar a un 85% del su nivel máximo.

$$0,85 \times 200 = 170 \text{ p/m.}$$

Para actividades que impliquen "sprint" o velocidad en tiempos de corta duración, la frecuencia cardíaca máxima durante la actividad puede superar, a estas edades, las 180 - 190 p/m. Existen otras ecuaciones para determinar la frecuencia cardíaca máxima de un sujeto.

2.3.1 Frecuencia cardíaca máxima = 220 - edad

El resultado de aplicar la anterior ecuación expresaría que la frecuencia cardíaca máxima de un individuo de 20 años de edad sería de 200 pulsaciones por minuto.

$$220 - 20 = 200 \text{ p/m}$$

Aunque es bueno conocer algunas de estas aproximaciones, debemos saber que la anterior ecuación no es rigurosamente aplicable a las edades inferiores a 20 años, ya que en la adolescencia es comúnmente superable las 200 pulsaciones/minuto.

Según Astrand una ayuda para determinar si la carga de trabajo de resistencia ha sido máxima o casi máxima es empleando la Frecuencia Cardiaca durante el trabajo, esta no debe diferir en más de 10 lat./min. de la Frecuencia Cardiaca máxima del individuo.

Todo profesional del deporte debe diferenciar al atleta entrenado y no entrenado. En atletas no entrenados, un ejercicio que requiera un consumo de oxígeno que no supere el 50% de su máximo, y repetido de dos a tres medias horas por semana, aumentará gradualmente el consumo de oxígeno, o posteriormente un entrenamiento a un nivel del 80% del VO₂máx, puede inducir a un buen efecto.

2.4 VO₂MÁX EN ATLETAS.

Los valores más altos de VO₂máx, relativos a su peso que se han medido pertenecen a esquiadores de Cross country. Sin embargo, los valores más altos de VO₂ pertenecen a remeros, donde el peso relativamente no importa.

Muestras en atletas de elite de VO₂máx, medidos en ml/kg/min (es decir, que para saber el VO₂máx necesitaríamos saber su peso en kg).

Ron Clarke	Australian Runner	69.0
Jeff Galloway	US Runner	73.0
Sergio Sanchez	Spanish Runner	89.0
Zersenay Tadesse	Eritrean Runner	83.0
iris vm	Russian Olympic 1500M Record Holder	71.0
Jarmila Krotchvilova	Czech Olympian 400M/800M winner	72.8

Greg LeMond	Professional Cyclist	92.5
Matt Carpenter	Pikes Peak marathon course record holder	92.0
Miguel Indurain	Professional Cyclist	88

2.5 El Consumo Máximo de oxígeno (VO₂máx.) en el niño

Es importante tener en cuenta que el niño presenta, especialmente a edades tempranas, valores de VO₂máx, relativamente inferiores a los del adulto. Existen diversas interpretaciones, por un lado un menor contenido relativo de hemoglobina circulante por la sangre (aproximadamente sólo el 80% de la circulante en el adulto), que supone una menor capacidad de fijación y de transporte por la sangre del O₂. También es posible que influya la edad del individuo, de hecho, al analizar valores de VO₂máx, en niños de edades distintas pero de idéntico peso corporal y dimensiones, se obtienen valores superiores en los grupos de mayor edad.

Ruiz Pérez, analiza los perjuicios que la inactividad puede provocar en organismos infantiles, y apunta valores de VO₂máx, que no difieren en gran medida de los anteriormente vistos, anotando que: VO₂máx, puede llegar hasta 60 mil/min./kg., mientras que la media (X) no sobrepasa los 45 mil/min./kg.

2.6 CÓMO SE CALCULA EL VO₂ MAX.

La determinación del VO₂máx puede realizarse de dos formas: mediante la utilización de métodos directos que miden el VO₂máx, o bien, mediante la realización de métodos indirectos que estiman los valores de VO₂máx a partir de otros parámetros.

Las pruebas directas necesitan de la utilización de espirómetros con analizadores de gases que permitan realizar la medición del VO₂máx.

Se considera que en una prueba directa se ha alcanzado el VO₂máx, cuando durante la realización de un trabajo dinámico progresivo, el valor de VO₂máx no aumenta o incluso disminuye a pesar de aumentar la carga de trabajo, es decir, se alcanza el VO₂máx cuando aparece una meseta en la curva de VO₂máx.

Estas pruebas serán necesariamente maximales, ya que necesitamos que el individuo llegue a su máximo consumo de oxígeno. En ocasiones, en las pruebas maximales no se llega a observar la meseta de VO₂máx. En estos casos el valor de VO₂máx alcanzado al final se le denomina "pico de VO₂máx". En estos casos, los criterios que se utilizan para considerar ese pico como VO₂ son:

- Haber alcanzado la FC máxima teórica (220-edad).
- Alcanzar un cociente respiratorio > 1.1-1.2.
- Alcanzar valores de lactacidemia final de 8-10 mM.

2.6.1 MÉTODOS DIRECTOS.

Existen innumerables protocolos diseñados para la medición del VO₂máx. Los hay discontinuos y continuos. La característica común de todos ellos, además de ser maximales,

es que son incrementales, es decir, que se va aumentando progresivamente la carga de trabajo. En laboratorio se utilizan tanto el cicloergómetro como el tapiz o cinta rodante.

Después de un período de calentamiento, se empieza la prueba con una carga inicial que va a depender de la edad, sexo, nivel de entrenamiento, etc. Esta carga inicial no debe ser ni muy elevada ni muy pequeña. Si es muy elevada, el sujeto entra rápidamente en anaerobiosis y fatiga. Si es muy pequeña, la prueba se hace demasiado larga.

Se ha sugerido que los protocolos deben tener un mínimo de cuatro estadíos, y que el período de ejercicio debe ser de alrededor de 10-12 min, empezando con una intensidad de carga del 25-35% del $VO_{2máx}$ previsto. La duración de cada estadío debe ser de 1 a 3 minutos, tiempos más largos (~3 min) permiten ver más claramente el steady-state para cada carga; tiempos más cortos (~1 min) reducen el tiempo de la prueba y permiten la aplicación de mayor número de cargas o estadíos.

La intensidad de cada estadío debe ser tiempo-dependiente, es decir, que cuanto menor sea el tiempo de cada estadío, menor debe ser el incremento de carga entre cada estadío, y, al contrario, cuanto mayor sea la duración de cada estadío mayor serán los incrementos de carga entre cada estadío. Lo recomendable son incrementos de carga que supongan intensidades de trabajo entre 10-15% del $VO_{2máx}$, que representan aproximadamente:

- en el tapiz \Rightarrow * incrementos de 1-2 km/h (0.3-0.6 m/s) ó

* incrementos de 2-3% inclinación.

- en el cicloergómetro \Rightarrow * incrementos de 25-50 w.

Un ejemplo de protocolo podría ser:

Tapiz rodante, progresivo y continuo (triangular)

Pendiente constante del 3%

Carga inicial de 8 km/h

Incrementos de 1 km/h

Duración de cada estadio: 1 minuto.

2.6.2 MÉTODOS INDIRECTOS.

Los métodos indirectos no permiten una medición directa del VO₂máx, sino que realizan una estimación del mismo a partir de una serie de cálculos predictivos.⁵

Maximales	Cicloergómetro	Hollman
	Tapiz	Mader
	Campo	Cooper
		Course-Navette
Submáximos	Ciclo	Astrand-Ryhming
		PWC
	Tapiz	Prueba de carrera
	Escalón	Astrand-Ryhming
		McArdle

Los entrenadores utilizan tests indirectos (test de campo no de laboratorio) tal vez el más famoso fue el que nos legó el Dr Cooper, el test lleva su nombre “test de Cooper” es muy simple de medir, solo se tienen que correr sin parar intentando cubrir la mayor distancia posible en 12 minutos.

2.6.3 LA FORMULA BÁSICA:

- $VO_{2\text{máx.}} = (\text{Distancia Recorrida} - 504) / 45$.

Cabe mencionar que si dos personas tienen el mismo consumo de oxígeno, mejor condición física tendrá la que pese más, puesto que debe trasladar mayor peso corporal, ejemplo:

- $22,133 \text{ ml/kg/min} * 60 = 1327 \text{ ml} = 1,327 \text{ litros}$.
- $22,133 \text{ ml/kg/min} * 90 = 1991,97 \text{ ml} = 1,991 \text{ litros}$.

Al realizar el test se puede comparar los resultados con las tablas correspondientes, si es hombre o mujer.

HOMBRES					
Edad	Baja	Regular	Media	Buena	Excelente
<29	<25	25-33	34-42	43-52	>52
30-39	<23	23-30	31-38	39-48	>48
40-49	<20	20-26	27-35	36-44	>44
50-59	<18	18-24	25-33	34-42	>42
60-69	<16	16-22	23-30	31-40	>40
MUJERES					
<29	<24	24-30	31-37	38-48	>48
30-39	<20	20-27	28-33	34-44	>44
40-49	<17	17-23	24-30	31-41	>41
50-59	<15	15-20	21-27	28-37	>37
60-69	<13	13-17	18-23	24-34	>34
Cuadro normativo de capacidad aeróbica (valores de $VO_{2\text{max}}$ expresados en $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (American Heart Association 1972)					

2.7 PHYSICAL WORK CAPACITY A 170 LPM (Capacidad de trabajo físico). (PWC₁₇₀).

El test PWC, la abreviatura de PWC significa: Physical Working Capacity (capacidad de trabajo físico), pertenece a los procedimientos de test de diagnóstico de rendimiento, que evalúa la capacidad de rendimiento aeróbico de la persona sometida al test. Como criterio del test se emplea el umbral fijo de la frecuencia cardíaca en el diagrama de rendimiento de la frecuencia cardíaca. Dependiendo del grupo objetivo que va desde la rehabilitación, pasando por los deportistas aficionados, los deportistas de competición o los deportistas de alto rendimiento, se ha probado la eficacia del umbral de la frecuencia cardíaca PWC130, PWC150 ó PWC170.

El PWC170, estima el VO₂máx a partir de la máxima capacidad de trabajo que el individuo puede realizar con una frecuencia cardíaca de 170 latidos por minuto. El protocolo más utilizado es progresivo, escalonado, continuo, submáximo, con cargas de 2-5 min de duración, de forma que se alcance una FC estable en cada estadio.

La carga inicial va a estar en relación con la edad, sexo, peso y nivel de entrenamiento. La prueba debe constar como mínimo de tres estadios. Los incrementos en cicloergómetro suelen oscilar entre 25 y 50 w, y la carga inicial entre 0.5-1 w/kg.

Como en cada estadio tendremos una frecuencia cardíaca estable característica, con esos tres puntos obtenemos gráficamente la relación entre carga y frecuencia cardíaca, y luego sabiendo cuál es la FC máxima teórica del individuo, podremos calcular la carga que puede soportar para esa frecuencia cardíaca, como se ilustra en el siguiente gráfico.

FRECUENCIA CARDIACA

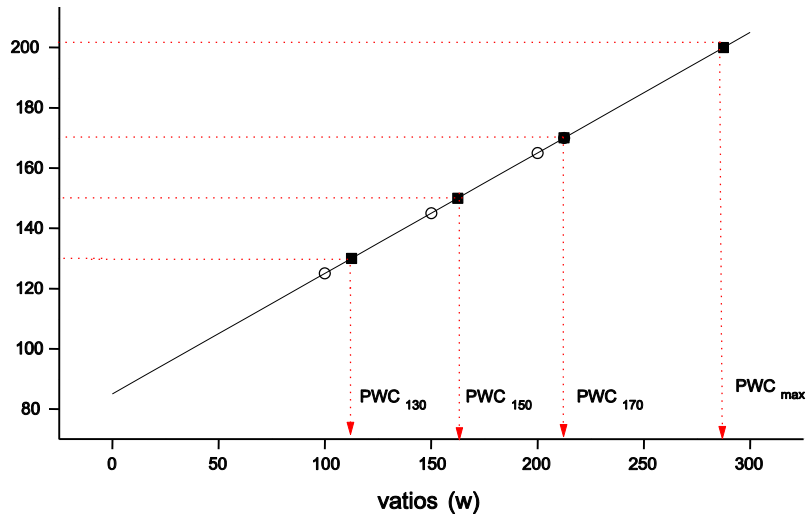


Figura 1: normograma de regresión lineal entre la fuerza (watts) y la frecuencia cardíaca.

A partir de esa potencia máxima podremos estimar el Vo_{2max} conociendo que 16 ml de O_2 se consumen por cada watio de carga: 16 ml O_2/w .

También podremos conocer mediante este método cuál será la PWC a una FC determinada (submáxima) mediante un sencillo cálculo matemático: $PWC_{FC} = P_1 + (P_2 - P_1) \cdot [(FC - FC_1) \div (FC_2 - FC_1)]$; donde PWC_{FC} es la capacidad de trabajo para una FC determinada, P_1 sería la potencia anterior, P_2 la potencia posterior, FC_1 la FC para potencia 1 y FC_2 la FC para la potencia 2.⁵

2.8 REALIZACION DE LA PRUEBA PWC170 EN CICLOERGOMETRO.

Lo primero que debe realizarse en este procedimientos es tener todos los materiales de logística listos, funcionando y calibrados; se comienza con el cicloergómetro, se ajusta correctamente la altura del asiento, generalmente a la altura de la cresta iliaca del

deportista y se anota el número en la hoja de los datos; la rodilla del sujeto debe estar en extensión apropiada (cuando el pedal y pie se encuentre en su posición más baja), y el sujeto en el momento que efectúa la prueba colocara la parte delantera del pie sobre el pedal del cicloergómetro, para que la rodilla esté levemente flexionada (Figura N° 2) Si el sujeto realiza la prueba colocando la parte central del pie (los metatarsos) sobre el pedal, entonces las rodillas deberán estar completamente extendidas (figura N° 3).

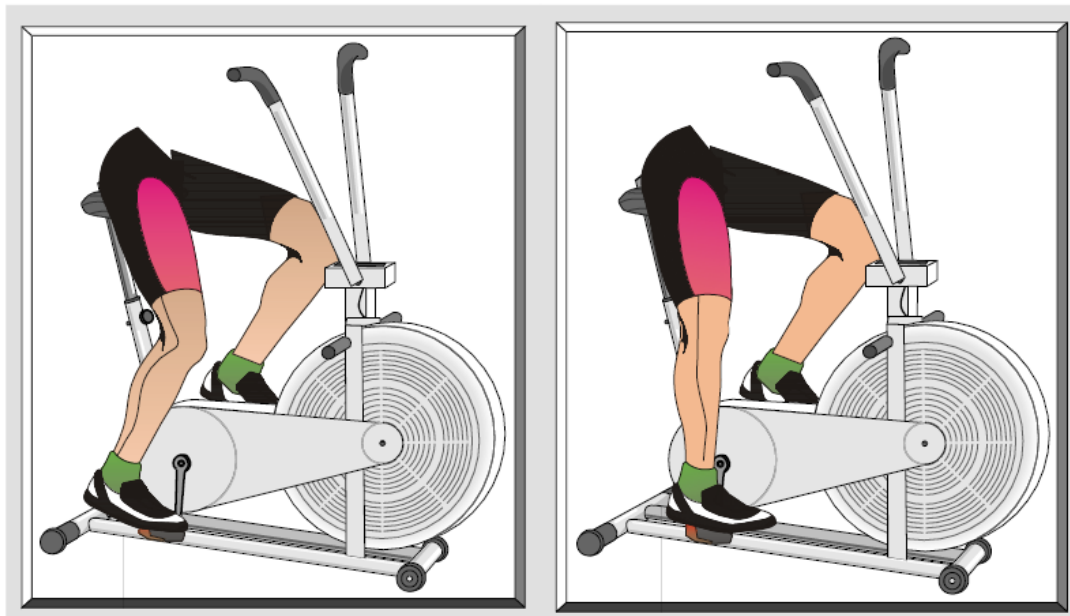


Figura 2: Posición del pie en pedal y la rodilla.

Rodilla. Antepie en pedal y rodilla levemente doblada.

Figura 3: Posición del pie en pedal y la

Metatarsos en pedal y rodilla estirada.

Si el ergómetro no cuenta con un velocímetro (tacómetro) o dispositivo electrónico que permita al sujeto ver sus revoluciones por minuto (rpm), se puede colocar un metrónomo. Esto equivale a 50 vueltas (revoluciones) completas del pedal por minuto. Coteje que la resistencia del cicloergómetro esté en 0 kp, se Instruye al sujeto a que pedalee sin resistencia hasta que alcance una cadencia de 50 revoluciones por minuto (50 rpm); esto

servirá de calentamiento. El calentamiento debe poseer una duración de 2 a 3 minutos. Luego del calentamiento, se prepara el reloj, se coloca la primera carga/potencia ergométrica: 0.5 kp (150 kpm·min⁻¹). El sujeto debe trabajar en el cicloergómetro durante 3 minutos, se toma la frecuencia cardíaca durante la última mitad del 2do y 3er minuto de cada etapa y la presión arterial durante los primeros 25 segundos del 2do minuto. La frecuencia cardíaca se puede tomar mediante palpación (carótida o radial) y/o la auscultación empleando un *carditacómetro*, "*pulse-meter*", transmisor de señal EKG y lecturas directas vía trazados de electrocardiografía (EKG). De emplearse el método de palpación o *auscultación*, se recomienda que se cuente el número de latidos en treinta (30) segundos. Comience el cronómetro en el primer latido. En estos casos, se calcula la frecuencia cardíaca (en latidos·min⁻¹) multiplicando el número de latidos obtenidos por 6 o por 4, respectivamente.

Preguntar la percepción del esfuerzo (RPE) al final de los minutos 2do y 3ro, si las frecuencias cardíacas registradas en este momento, tienen una diferencia mayor de 5 latidos·min⁻¹, se extiende esta etapa del ejercicio hacia un minuto más (nuevamente se toma la frecuencia cardíaca) o hasta que se alcance un valor menor de 5 latidos·min.

Según sea el valor de la frecuencia cardíaca obtenida en el último minuto de la primera etapa, se sigue la dirección correspondiente que se ilustra en el diagrama para determinar la 2da carga/potencia ergométrica. Si es menor que 80 latidos·min, se coloca la segunda carga ergométrica a 750 kpm·min (2.5 kp). Si se encuentra de 80 a 89 latidos·min, se coloca la segunda potencia ergométrica a 600 kpm·min (2.0 kp). Si la frecuencia cardíaca es de 90 a 100 latidos·min, entonces se aumente la carga ergométrica a 450 kpm·min (1.5

kp). Si la frecuencia cardiaca es menor que 100 latidos/min, se coloca la potencia ergométrica a 300 kpm/min.

Si se produce una frecuencia cardiaca de 110 o mayor durante la primera carga/potencia ergométrica (primera etapa), dicho valor será utilizado en la gráfica (utilizada para calcular el VO₂máx), y solamente se necesitará una carga/potencia ergométrica adicional. Es importante que como mínimo la última etapa en que se ejercita el sujeto se alcance una frecuencia cardiaca de 150 latidos·min. Esto nos asegura una relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el VO₂máx, de manera que la predicción del VO₂máx sea más precisa (aumenta la validez de la prueba). De ser necesario, se continúa la prueba hacia las etapas 3ra y 4ta. Sigue el flujo de estas próximas cargas ergométrica, según las columnas, debajo de la segunda carga.

Actualmente existen aparatos modernos, de alta tecnología informática que se están diseñando equipos adaptados a una bicicleta de ruta y/o montaña, los cuales realizan el PWC170, en el momento deportivo oportuno, como lo requiera el deportólogo, para valorar el estado físico del deportista. Aquí unos ejemplos:

2.8.1 Cómoda configuración del test PWC (ergómetro Cyclus2).

El ergómetro Cyclus2 cuenta con una unidad de control especialmente diseñada para la realización de la ergometría del test PWC. El dispositivo ofrece una cómoda configuración del sistema de carga y una fácil configuración del umbral de la frecuencia cardíaca que se quiere diagnosticar. Se utiliza como esquema de carga un protocolo escalonado para el test PWC. El test se termina cuando se haya completado el primer nivel de carga en una frecuencia cardíaca mayor o igual a la frecuencia cardíaca umbral (por ejemplo 130 latidos

por minuto en PWC130). De esta forma se diferencia el test PWC del test escalonado, ya que el test PWC no se realiza hasta el agotamiento completo sino que se trata de un test submáximo (figura 4).



2.8.1.1 Análisis automático del test PWC.

La frecuencia cardíaca se controla mediante la unidad de control de la ergoespirometría y se registra en el Cyclus2. Una vez que se alcanza el valor umbral se interrumpe la ergometría y los resultados del test se calculan y se muestran automáticamente en la pantalla. Por supuesto, es posible imprimir un protocolo del test de alta calidad en color directamente en el ergómetro de alto rendimiento o también podemos grabarlo en un formato PDF. Además todos los datos del test se pueden almacenar en una memoria USB para su uso posteriormente.

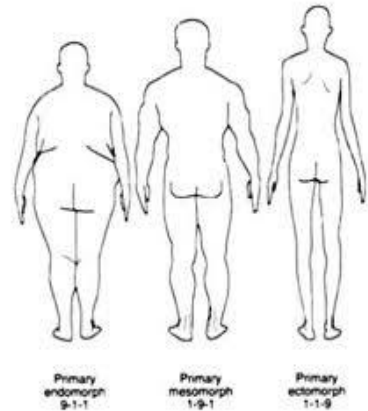
El resultado del test, que es el rendimiento matemáticamente calculado en la frecuencia cardíaca umbral, se basa en el peso corporal de la persona sometida al test y consecuentemente se convierte en un valor individual para cada usuario. El resultado del test es comparado con los valores empíricos de las tablas científicas por un experto diagnosticado para poder saber de qué forma evaluar la capacidad de rendimiento físico

del sujeto dependiendo del sexo y de su peso corporal. Si el test se repite después de una sesión de entrenamiento, se puede determinar cómo se ha desarrollado la condición física desde el último test. Los deportistas de rendimiento y los deportistas de alto rendimiento realizan por regla general, test escalonados, durante los que se determina la capacidad de rendimiento principalmente por el parámetro metabólico lactato y/o la absorción de oxígeno. Con frecuencia se documentan durante el test escalonado adicionalmente los llamados umbrales de la frecuencia cardíaca.

2.9 SOMATOTIPO.

También conocido como BIOTIPO, es el estudio de las formas del cuerpo. La herencia tiene un papel fundamental en la construcción del somatotipo, tanto así que existen familias que por tradición se dedican a un deporte pues los logros de los antecesores han sido la guía para que las nuevas generaciones sigan el ejemplo y practiquen una misma línea de deporte. Conocemos también que el entrenamiento, la orientación y la técnica juegan un papel fundamental, pero también es cierto, que los deportistas que tengan un mejor perfil de somatotipo, es mucho más alentador, esto amerita un entendimiento integrador del deportista, pues el biotipo es modificable, entrenable y dinámico, hasta donde lo permita la carga genética de cada individuo. Se define de esta manera tres tipos principales de formas corporales: endomorfos, mesomorfos y ectomorfos.

- El **endomorfismo** representa la adiposidad relativa.
- El **mesomorfismo** representa la robustez o magnitud músculo-esquelética relativa.
- El **ectomorfismo** representa la linealidad relativa o delgadez de un físico.



2.9.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

2.9.1.1 ENDOMORFOS.

Los individuos presentan una mayor prevalencia de adiposidad, la característica principal es su flacidez y bajo peso específico, por lo que flotan fácilmente en el agua. Las características físicas son bajos, extremidades inferiores cortas, en ellos predominan las formas redondeadas, generalmente se desarrolla más el abdomen que el tórax y prácticamente tienen menos masa muscular, no es un somatotipo muy apto para la práctica deportiva, más bien es el biotipo del individuo sedentario, los deportistas de este biotipo serían: luchadores de sumo, halterofilistas, etc. (Sierra, Steele, 2011).

2.9.1.2 MESOMORFOS.

Aquí se encuentra una mayor predominancia del tejido músculo esquelético lo cual hace que sea mayor el peso específico, la morfología en este tipo de sujetos es muy parecida al reloj de arena es decir, extremos anchos y su parte media o cintura delgada, con una musculatura bien definida. Son personas conocidas como atléticas y este es el somatotipo en teoría “ideal” para el deporte. Ejemplos de este somatotipo son: velocistas, boxeadores, físico culturista, etc. (Berral, Berral, 2004).

2.9.1.3 ECTOMORFOS.

Existe una mayor linealidad y una mayor superficie en relación a la masa corporal. El equilibrio entre el peso y la altura en este biotipo, hace que las personas posean una mayor agilidad, siendo el sistema neuro sensorial más desarrollado. A este grupo pertenecen atletas como los saltadores de altura, escaladores, gimnastas, etc.

2.9.2 ANÁLISIS DEL SOMATOTIPO.

Cada componente es representado por un número, el conjunto de los tres números consecutivos corresponde a la cuantificación del somatotipo del sujeto evaluado. Por ejemplo, una calificación 3-5-2 se registra de esta manera, y se lee como tres, cinco, dos. Estos números dan la magnitud de cada uno de los tres componentes y se denominaría Mesoendomorfo, en este caso el mesomorfismo es dominante y el endomorfismo es superior al ectomorfismo.

Las cifras de cada componente tiene unos valores extremos de 1 – 14 para la endomorfia, de 1 – 10 para la mesomorfia y de 0,5 a 9 para la ectomorfia, el orden de presentación siempre será el mismo. Las calificaciones serán:

Bajas	Moderadas	Altas	Muy altas
Entre 2 y 2 ½	De 3 a 5	De 5 1/2 a 7	De 7 1/2 y mas

Esta combinación de tres aspectos del físicos en una expresión de tres números, califica el físico actual de un individuo y como se ve. Entre sus aplicaciones se puede utilizar para:

1. para describir y comparar deportistas en distintos niveles de competencia; 2. para caracterizar los cambios del físico durante el crecimiento, el envejecimiento, y el entrenamiento; 3. para comparar la forma relativa de hombres y mujeres; 4. como herramienta en el análisis de la imagen corporal.

2.9.3 FORMAS DE OBTENER EL SOMATOTIPO.

Existen tres formas de obtener el somatotipo:

1. El método antropométrico: (El más usado en la actualidad). 2. El método fotométrico: Que se concreta utilizando la observación de una fotoscopia standard del individuo y el valor del cociente altura raíz cúbica del peso, y 3. El método antropométrico + el método fotométrico.

Para la realización del somatotipo en la actualidad sólo se usan métodos antropométricos ya que el método fotométrico ha caído en desuso por su complejidad y variabilidad interobservador. El método antropométrico ha probado ser el más útil para una amplia variedad de aplicaciones.

2.9.4 ANTROPOMETRÍA.

La antropometría es un método incruento, aplicable a toda la población, el mismo que sirve para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano, lo cual refleja las características físicas de cada individuo y nos permite relacionarlo con su contexto, con el propósito de entender los cambios que se dan en él, cuando está sometido

a diferentes variables como: desarrollo, etapas de la vida, actividad física, deporte, enfermedades, etc.

2.9.5 ANTROPOMETRIA EN EL DEPORTE.

Las variables como el tamaño del cuerpo y la composición corporal, son factores muy importantes para determinar la capacidad y la aptitud física de cada individuo. La estatura y el peso en concordancia con la edad y el sexo, han servido desde hace algunos años para identificar en qué tipo de actividad física, puede desarrollarse el deportista.⁶

Las principales mediciones antropométricas que se realizan son: estatura, peso, circunferencias corporales, pliegues cutáneos y diámetros corporales. El material a utilizarse es: tallímetro, balanza, plicómetro, calibre deslizante y una cinta antropométrica.⁷

2.9.6 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.

Las mediciones para el cálculo son las siguientes: 1. Estatura: Posición anatómica, cabeza con el plano de Frankfurt colocado paralelo al suelo. Tomando la medida con la técnica de corrección a través de la maniobra de tracción cervical e inspiración profunda. Precisión de 1mm. 2. Peso: El individuo ocupa el centro de la balanza, con la menor ropa posible, siendo la precisión de 100 gr. 3. Pliegue cutáneo: Son medidos los del tríceps, subescapular, suprailíaco y medial de la pierna. 4. Diámetros óseos: Son medidos el diámetro biepicondileo del fémur y del húmero, con precisión de 1 mm. 5. Perímetros musculares: Son medidos el bíceps en máxima contracción isométrica, en su mayor

circunferencia, estando el brazo horizontal y el antebrazo flexionado en posición de 90° y el perímetro de la pierna en su mayor circunferencia.

2.9.7 TÉCNICAS Y MEDICIONES SUGERIDAS.

Son dos los perfiles “generales” que la ISAK recomienda para la evaluación antropométrica, estos son: el perfil restringido y el completo. Con el perfil restringido, se puede calcular; el somatotipo, proporcionalidad, masa grasa corporal, índices del área de superficie corporal, índice de masa corporal, índice de cintura cadera, patrones de obesidad y perímetros corregidos por los pliegues cutáneos.

2.9.8 CÁLCULO DEL SOMATOTIPO.

El cálculo del somatotipo a través de la técnica antropométrica se puede realizar de dos formas: 1. Utilizando tablas predefinidas 2. Utilizando fórmulas para el cálculo de los componentes, esta es la técnica más adecuada. Las tablas se han dejado de usar con la aparición de los programas informáticos, para los cálculos se utilizan planillas excel. Las formulas están cargadas en dichos programas y la tarea consiste en transcribir los datos de las mediciones desde la planilla o proforma a el programa específico para luego analizar los resultados. Una vez cargados los datos el programa realizará el cálculo de cada componente y entregará un informe con una representación gráfica denominada somatocarta que fue inventada por Sheldon y cols. En 1954, a partir de los estudios de Franz Reauleaux (1829-1905), y que Carter y Heath en 1975 la modificaron para su mejor comprensión.

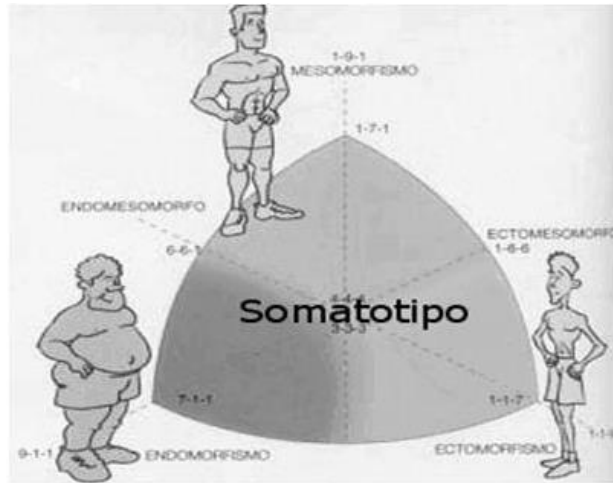
Figura 5: Somatocarta con cuadrantes superpuestos para las coordenadas x e y, para graficar los somatotipos.

$X = \text{ectomorfismo} - \text{endomorfismo}$.

$Y = 2 \times \text{mesomorfismo} -$

(endomorfismo + ectomorfismo)

Están graficados los somatotipos 1.5 – 5.5 – 3 (arriba) y 3 – 2 – 5 (abajo).



AUTOR: Martínez José; Urdampilleta Aritz; Guerrero, Javier; Barrios Vanesa 2008.

Para la representación gráfica de los somatotipos se realiza el cálculo de las coordenadas X e Y mediante las siguientes ecuaciones:

$X = \text{Ectomorfia} - \text{Endomorfia}$

$Y = 2 \times \text{Mesomorfia} - (\text{Endomorfia} + \text{Ectomorfia})$.

2.10 SIERRA, COSTA Y VO2MAX.

2.10.1 DESCRIPCIÓN DE NIVEL DEL MAR.

La presión barométrica en el llano es mayor que en la altura, así tenemos que a nivel del mar esta presión es de 760 mm de Hg y a 3000 m es de 523 mm de Hg. En el llano la capacidad de difusión para el O₂ es normal, a través de la membrana pulmonar.

El sistema cardiovascular en el llano trabaja de acuerdo a la actividad física; en la altura, el gasto cardíaco aumenta en 20% y 30% inmediatamente que el individuo se eleva a mediana altura, mientras que en el llano esta suele mantenerse. En cuanto a la humedad,

como sabemos está constituido por una mezcla de aire seco y vapor de agua, la cual varía de acuerdo a la región costanera en que nos encontremos.

2.11 DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA GENTE QUE VIVE EN LA ALTURA Y A NIVEL DEL MAR.

2.11.1 DIFERENCIAS ANATÓMICAS.

Sistema Respiratorio; las fosas nasales de las personas que viven en la altura son más anchas así como su orientación es más vertical en comparación a los del nivel del mar. Las vías respiratorias altas tienen una disposición más horizontalizada, es decir, que entra el aire más fácilmente.

Los pulmones de la gente de la sierra son más anchos y achatados abajo. La disposición de las costillas de los de la sierra son más oblicuas. El corazón de los que viven en la altura es más grande y más pesado que el de los que viven a nivel del mar.

2.11.2 DIFERENCIAS FISIOLÓGICAS.

La frecuencia respiratoria es mayor en los de la Sierra aproximadamente 20rpm y en la costa es de 16rpm. Los volúmenes respiratorios y las capacidades son menores en relación a las personas que viven en el llano. El número de eritrocitos y hemoglobina en los habitantes de alturas es mayor, y está relacionado con las enzimas oxidativas como es el caso de la 2 – 3 DPG (Difosfato Glicerato). También aumenta la Eritropoyetina, enzima que estimula la producción de eritrocitos.

Por otro lado, en la altura el factor acidez es mayor, ya que existe menor concentración de oxígeno y mayor tendencia a la acidosis del organismo. Además, los costeños tienen mayor resistencia a la producción de ácido láctico, ya que los de la altura tienen mayor cantidad de enzimas anaeróbicas como la deshidrogenasa.

También existe una mayor tendencia al tipo de fibras musculares, los de la costa tienen más fibras blancas y los de la altura tienen más en fibras rojas.

2.11.3 EL FUTURO DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD.

Se han confirmado recientemente, estudios previos que indican la disminución de la máxima capacidad de los deportistas de élite, ya a 600 – 900 mts de altitud, por lo que los entrenamientos intensos a velocidad de VO_2 máx, ya en esta altura son en hipoxia y se aprecian desaturaciones de oxígeno en sangre como en altitud moderado. Teniendo en cuenta estos estudios, los atletas de élite aeróbica, podrían entrenar en alturas más bajas con el mismo efecto enzimático muscular.

Se debe combinar alturas, por ejemplo, se vivirá y se hará el entrenamiento de volumen en altura y se entrenará intensamente más abajo. Se empieza a valorar como factor más importante relacionado con el rendimiento físico, la capacidad tampón del músculo y su posible mejora con algunos tipos de entrenamiento o con el entrenamiento en altitud.

Se tendrá más en cuenta que el efecto en el metabolismo muscular (enzimas) se ve más tarde (2 – 3 semanas) y que en ese caso hay que bajar 2 – 3 semanas antes de competir para entrenar la capacidad glucolítica a nivel del mar.

2.11.4 INFLUENCIA DE LA ALTURA EN LA CAPACIDAD FÍSICA.

Existen varios factores que influyen en la actividad física, uno de ellos es la altura; por esta razón, la importancia del conocimiento del trabajo de los seres humanos bajo esta condición.

1-Existen diferencias fisiológicas anatómicas y metabólicas entre los seres que habitan a nivel del mar y los habitantes de la altura.

2-Existen cambios que producen stress aguda cuando los individuos desarrollan sus actividades en alturas elevadas.

3-Existen cambios fisiológicos que se producen con la aclimatación crónica. Que según algunos autores se inicia a las 2 o 3 semanas de permanecer en estas condiciones y que es notorio cuando la altura sobrepasa los 1200 mts.⁸

2.12 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE TOSAGUA.

El Cantón Tosagua se encuentra localizado al Nor - Occidente de la provincia de Manabí a una altitud promedio de 18 metros sobre el nivel del mar, entre las latitudes, 80° 15', y 0°. 45'. Se encuentra ubicado hacia el Centro Occidental de la Provincia de Manabí.

Su nombre se debe a la tribu nativa llamada *Tosahuas*. Fue fundada como cantón el 25 de Enero de 1984. Tiene una superficie de 377,40 kilómetros cuadrados y una población de 39.000 habitantes (INEC 2010) y es el eje geográfico de lo que se conoce como la zona norte de Manabí.

2.12.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.

PRECIPITACIONES: Valor máximo mensual: 261 mm, Valor medio mensual: 99 mm y Valor mínimo mensual: 11 mm

TEMPERATURA: El máximo valor anual es de: 37 °C, El mínimo valor anual es de: 15 °C, El valor medio es de: 26,1 °C.

HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE: El valor medio interanual es 77%; El valor más alto es 81%; El más bajo es 73%.

EVAPORACIÓN: La máxima evaporación mensual 102 mm y la mínima 54 mm.

NUBOSIDAD: Durante el año se tiene una nubosidad de 7 octavos.

VIENTOS: La velocidad media mensual fluctúa entre 1,4 m/s 1,7 m/s siendo el valor medio de 1,6 m/s. La dirección predominante del viento es N.-S. Se tiene ráfagas entre 8 y 12 m/s.

HELIOFANÍA: Las horas de brillo solar llegan a 1.038 al año, en los meses de invierno se tiene la mayor cantidad de horas de brillo solar.

2.13 EDAD Y VO2MAX.

El VO2 Máx va aumentando gradualmente con la edad y se alcanza el máximo entre los 18 y los 25 años.¹¹ En los primeros años de vida el individuo incrementa su consumo máximo de oxígeno en función de su ganancia de peso y tamaño alcanzando un máximo nivel entre los 18 y 25 años de edad. El Consumo de oxígeno a partir de esta edad empieza a declinar de manera gradual, observándose una caída de aproximadamente 10% por cada década. Esta circunstancia obligaría al individuo a estimular su ganancia de VO2máx desde sus primeros años de vida y especialmente en su zona de máximo desarrollo, pero también a limitar la pérdida “natural” que se presentará después de dicha zona de desarrollo máximo a través del entrenamiento bien planificado.

Sin embargo, este “ideal”, según algunos investigadores no se modificará a pesar de mantener niveles de actividad física diversos. Este declive en el VO2máx está relacionado con factores diversos como la disminución del volumen sanguíneo, de la frecuencia cardiaca máxima y de la masa muscular.

De acuerdo con estos datos es importante entender que el buen hábito del ejercicio por salud al realizarse desde los primeros años de vida, ayudará eventualmente a limitar el deterioro de las cualidades físicas y por ende de la salud.⁹

Sin embargo, Sy Perlis, quien rompió el récord de levantamiento de pesas a la edad de 91, o Tao Porchon-Lynch, quien ganó el concurso de baile de salón y quien enseñó múltiples clases de yoga a la semana a los 94 años de edad, vemos que su edad cronológica en

realidad es sólo un número. Cómo trabaja el cuerpo y mente a la edad de 60, 70, 80 años y más es el resultado de una pequeña parte genética y una gran parte del estilo de vida, que estos longevos han llevado a lo largo de los años.

Un *mejor* indicador de la longevidad que su edad cronológica, según los investigadores de la Universidad de Ciencias y Tecnología de Noruega, puede ser *su edad física*.

2.13.1 La Edad Física podría predecir la longevidad.

La edad física se basa en el concepto de VO₂max, este se puede utilizar como una medida de la resistencia cardiovascular; Por ejemplo si una persona de 35 años tiene un VO₂máx inferior a la media en comparación con otras personas de esa edad, significa que esa edad física, es en realidad *mayor* que su edad cronológica. Por otro lado, una medida mejor que optima de VO₂máx podría significar que esa edad física es más joven que la edad en años.

Sin embargo, los investigadores noruegos, fueron capaces de desarrollar un algoritmo basado en la capacidad aeróbica, la circunferencia de la cintura, la frecuencia cardíaca y los hábitos de ejercicio de cerca de 5,000 personas. Esto ha dado como resultado un método para estimar, con bastante precisión, el VO₂máx de una persona.¹⁰

Posteriormente, los investigadores exploraron si el VO₂máx en realidad se correlacionaba o no con la esperanza de vida. Ellos analizaron el VO₂máx, la edad física y la edad cronológica de más de 55,000 adultos y encontraron una fuerte asociación.

Las personas con las peores lecturas de VO₂máx (85 % o más por debajo de la media de su edad, lo que significa que tenían una edad física más alta), tenían un riesgo 82 por ciento mayor de morir prematuramente que aquellos cuya edad física era igual o menor que, su edad cronológica.¹⁰ Probablemente la edad física puede predecir la muerte prematura mejor que los factores de riesgo como la presión arterial alta, sobrepeso o fumar.

2.14 GÉNERO Y VO₂MAX.

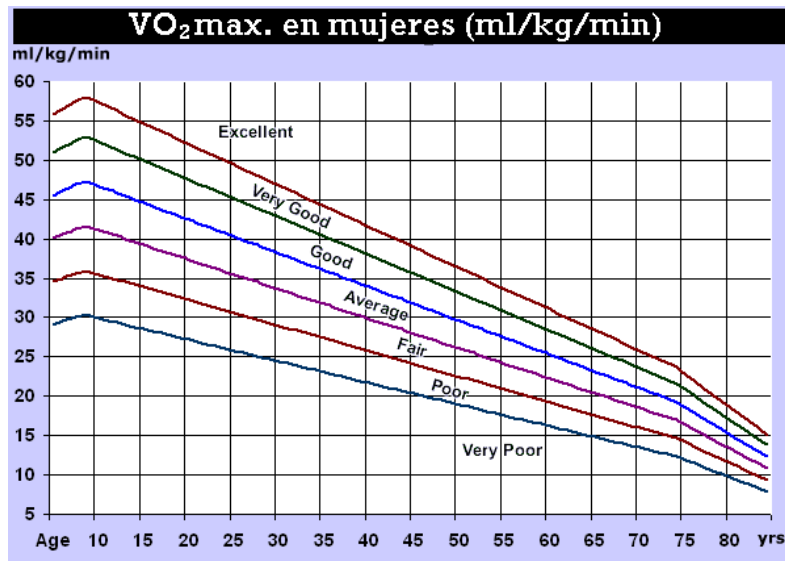
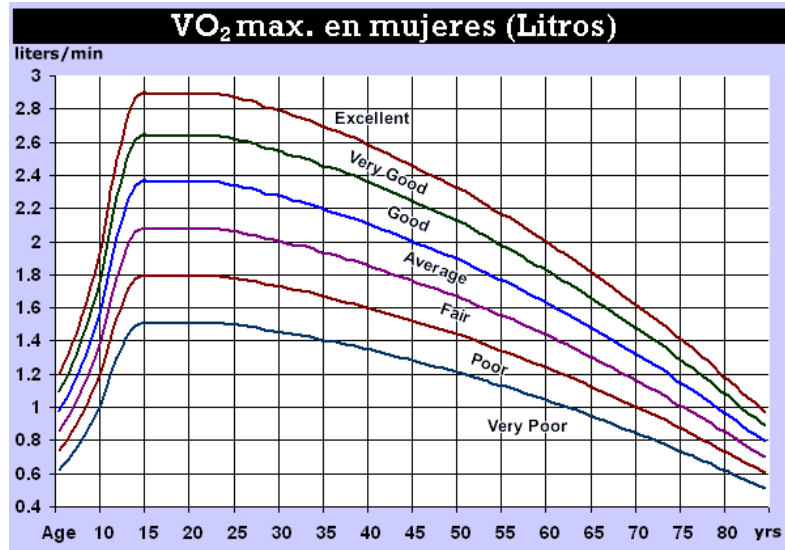
En cuanto al sexo, para cualquier edad, es mayor en los hombres que en las mujeres. En estas diferencias parecen intervenir varios factores, como condicionantes genéticos, hormonales e incluso la menor cantidad de hemoglobina que las mujeres presentan debido a los ciclos menstruales.¹¹

En un estudio, donde se valora el nivel de condición física de escolares de Educación Primaria en relación a su nivel de actividad física, se determinaron las posibles diferencias en cuanto al género, en relación al nivel de actividad física, se seleccionaron 420 participantes (10.04 ± 1.26 años, una masa de 41.29 ± 11.56 kg, una talla de 142.44 ± 9.32 cm. y un IMC de 20.04 ± 4.24 kg./m²), los cuales fueron divididos en tres grupos en relación a su nivel de actividad física y a su vez, se consideró el género de los mismos, los resultados observan diferencias respecto al género en cuanto a la potencia de piernas, siendo mayor en los chicos que en las chicas. A su vez, las chicas obtienen mayores

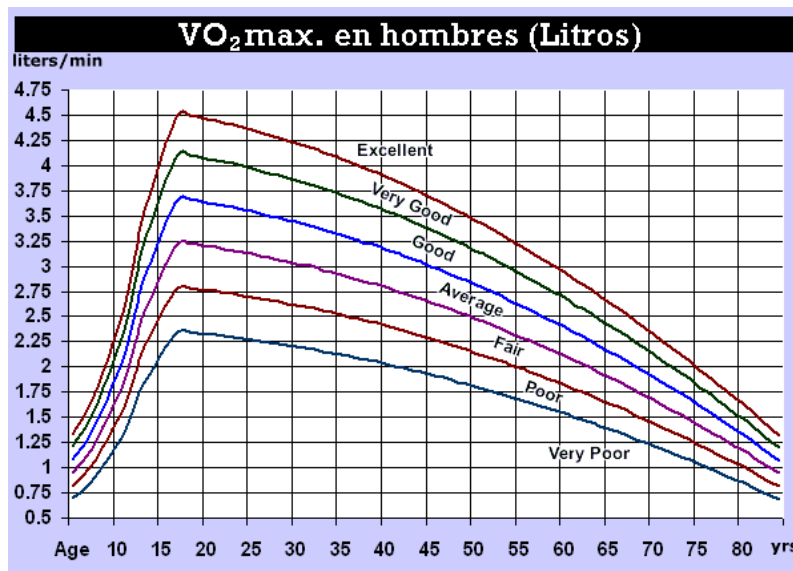
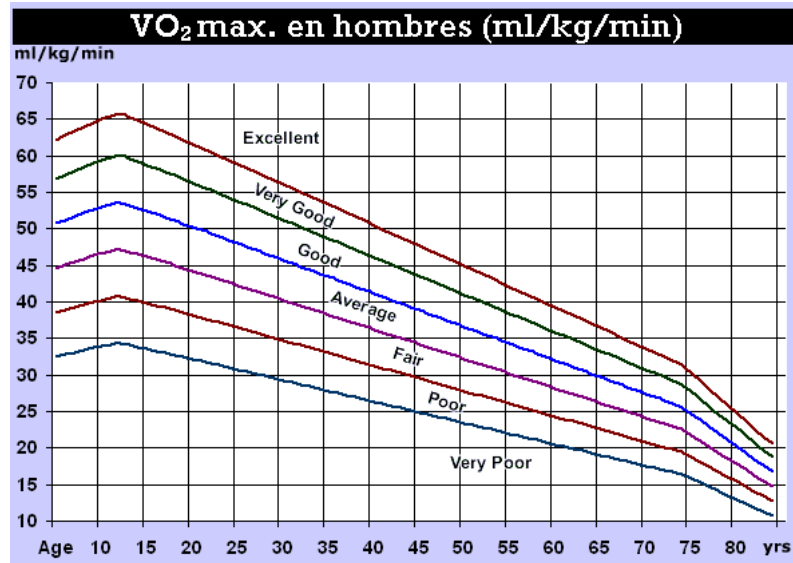
valores de flexibilidad. Niveles de condición física de escolares de educación primaria en relación a su nivel de actividad física y al género.^{12,13}

2.14.1 VALORES DE REFERENCIA DEL VO₂MAX EN AMBOS SEXOS.

Población femenina media, de 20 a 29 años: 35 a 43 ml/kg/min.



Población masculina media, de 20 a 29 años: 44 a 51 ml/kg/min.



Los hombres entrenados, están entre 55 y 60 ml/kg/min y las mujeres entre 43y 50 ml/kg/min.

La mujer registrada con el mejor VO₂máx es una esquiadora de fondo, con 74 ml/kg/min.

El varón registrado con el mejor VO₂máx es un esquiador de fondo, con 94 ml/kg/min.¹⁴

2.15 PESO Y VO2MAX.

El VO2 Máximo depende del peso, especialmente del peso magro: a mayor masa muscular se evidencian mayores niveles de VO2 máx.¹¹

2.15.1 Flaco por fuera pero gordo por dentro.

La obesidad se define en función del índice de masa corporal, que se calcula por el peso y la altura de una persona. El índice de masa corporal, o IMC, es un indicador de uso general de la condición de peso. Mediciones del IMC de entre 18.5 y 24.9 muestran el peso normal este índice, si bien es el más utilizado. Lo más acertado para evaluar el estado de salud de una persona es medir la relación entre su grasa corporal y su masa muscular, teniendo en cuenta también el peso de su estructura ósea. Dado que el músculo pesa más que la grasa, influye más en el peso total. Esto significa que un aumento de peso no necesariamente da cuenta de un peor estado de salud, sino que puede ser producto de una mayor musculatura.

Una persona aparentemente delgada puede tener un porcentaje de grasa interna demasiado elevado que pone en riesgo su salud tanto o más que una persona visiblemente obesa que puede tener menor porcentaje de grasa interna.

De todos modos la grasa superficial no deja de ser riesgosa, ya que aunque no pone en peligro a los órganos vitales, sí genera dificultades en las articulaciones y los huesos que

deben sostener tanto peso. Mediciones de IMC altas se han correlacionado con niveles reducidos de aptitud física, incluida la bajada del VO₂máx.¹⁵

2.16 IMC y VO₂máx.

De acuerdo con varios estudios de investigación publicados en el "Journal of Sports Medicine y estado físico," mediciones de IMC altas están vinculados a los valores máximos de VO₂máx bajos. El papel que el IMC juega en la reducción de VO₂máx se relaciona con los cambios en la capacidad respiratoria y la resistencia cardiovascular.

2.16.1 IMC y la función respiratoria.

La investigación publicada en la revista "Chest" ha demostrado una relación entre el aumento de las medidas y las deficiencias del IMC en la función pulmonar. Cuando llega el IMC a 30%, la clasificación mínimo para la obesidad, la capacidad residual funcional de los pulmones se reduce un 25%, y el volumen de reserva espiratorio se reduce en más del 50%. Si bien estas dos mediciones de la función pulmonar no están muy involucrados en la respiración normal, ellos limitan drásticamente la capacidad de los pulmones para lograr el trabajo máximo y darán lugar a valores máximos VO₂máx bajos.

2.16.2 IMC y la función cardiovascular.

El aumento de los niveles de IMC, también disminuyen la capacidad del sistema cardiovascular. El "Diario de Ciencias del Deporte y Medicina", comunica que los investigadores han relacionado mediciones de IMC altas con caídas en varias mediciones

de la función cardiovascular que deterioran la resistencia cardiorrespiratoria. Aunque este aumento, no altere las actividades normales, van a reducir el rendimiento de niveles máximos y, por tanto, contribuyen a bajar el VO₂máx.¹⁶

2.17 ATLETISMO, FUTBOL Y VO₂MAX.

Los atletas, corredores de maratón son los que registran los niveles más altos de VO₂máx, algunos de ellos alcanzan los 6 litros cuando una persona normal tiene unos 2 litros.¹¹

Aunque la captación de oxígeno por el organismo por todos los atletas es similar, los afrodescendientes muestran una mejor economía de carrera debido a que son más delgados, poseen una palanca en la pierna más larga y piernas (pantorrillas) más delgadas. Esto ayuda a entender por qué una sola prueba no logra evaluar toda la dimensión de un problema, es decir la evaluación del VO₂máx es importante, pero no define de manera absoluta el resultado deportivo.¹⁷

Una investigación realizada entre jugadores profesionales europeos, indicó que muchos atletas del balompié serían estupendos maratonistas, la revista Runner's World, dio a conocer un estudio sobre el VO₂máx entre profesionales de distintas ligas de fútbol europeo. De acuerdo a ese trabajo, los jugadores podrían correr los 42k en un promedio de 2 horas y 36 minutos. Las estadísticas indicaron las distancias que los jugadores recorren a lo largo de los 90 minutos, algunos hablan de unos 11 km.

A partir de un test que se les realizó a jugadores profesionales de la liga de Noruega, se estableció que el promedio completaría una maratón de 42 kilómetros en 2 horas y 36 minutos. Es decir, un récord para cualquier amante del running. El promedio del VO₂máx de la élite del fútbol noruego, coincide con el de otras ligas. La International Journal of Sports examinó el VO₂máx de más de 1.500 futbolistas noruegos, durante un período de 23 años. Encontró que el jugador promedio tenía un VO₂máx de 62-64 ml x min⁻¹ x kg⁻¹.¹⁸

2.18 PROFESIONAL, AMATEUR Y VO₂MAX.

Los jóvenes estudiantes que practican algún deporte o disciplina deportiva tienen un mayor VO₂Máx; mientras que, las personas sedentarias contienen un menor VO₂máx. El grado de entrenamiento de fuerza, puede inducir aumentos sustanciales en la misma. Si incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio más allá del punto en que se alcanza el VO₂máx., nuestro consumo de oxígeno se estabilizará o se reducirá ligeramente. Alcanzar esta estabilización en el consumo de oxígeno significa que el final del ejercicio está cerca porque ya no podemos suministrar oxígeno con la rapidez necesaria para satisfacer las necesidades de nuestros músculos. Por lo tanto, en este límite, el VO₂máx., dicta la intensidad del esfuerzo o el ritmo que podemos sostener. Podemos seguir haciendo ejercicio durante un corto tiempo después de alcanzar el VO₂máx., movilizand o nuestras reservas anaeróbicas, pero éstas tienen también una capacidad determinada. Con el entrenamiento de resistencia, puede suministrarse y consumirse más oxígeno que en un estado no entrenado. Personas previamente no entrenadas muestran incrementos medios

del VO₂máx del 20% o más después de un programa de entrenamiento de 6 meses. Estas mejoras nos permiten ejecutar actividades de resistencia con un nivel de esfuerzo más alto o a un ritmo más rápido, mejorando nuestro potencial de rendimiento.^{11, 19}

3 MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

¿Será que los atletas amateurs que acuden a la escuela de formación deportiva “maqsum”, tienen mejor VO₂máx que los atletas profesionales?

¿Será que los atletas profesionales tienen mejor VO₂máx que los atletas amateurs que acuden a la escuela de formación deportiva “maqsum”?

¿Realmente el sujeto que realiza una prueba ergométrica llega al esfuerzo máximo?

3.2 OBJETIVOS.

a). OBJETIVO GENERAL.

Comparar la aptitud física de los atletas amateur y profesionales de 15 a 25 años de edad, de la escuela de formación deportiva “MAQSUM” por medio del test ergométrico PWC170 en cicloergometro tipo monark, durante los meses de octubre 2014 a marzo 2015.

b). OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

a.- Valorar el VO₂máx mediante el test ergométrico PWC170 en cicloergometro tipo monark para evaluar la mejor respuesta de las capacidades físicas y el perfeccionamiento de sus funciones de ajuste, dominio y control corporal.

- b.- Valorar el estado antropométrico y habilidades específicas para planificar actividades deportivas que acordes con su biotipo morfológico.
- c.- Elaborar un nomograma para la capacidad de trabajo físico en los sujetos estudiados que sirva de comparación entre atletas amateurs Vs profesionales.
- d.- Determinar la capacidad de esfuerzo físico de un grupo de jóvenes de 15 a 25 años de edad.
- e.- Estimar la respuesta al esfuerzo de la presión arterial y la frecuencia cardíaca.
- f.- Evidenciar el comportamiento durante el período de recuperación de los sujetos estudiados.

3.3HIPÓTESIS.

LOS ATLETAS PROFESIONALES TENDRÁN UN VO₂MÁX SUPERIOR QUE LOS ATLETAS AMATEUR.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

VARIABLE.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL.	ESCALA.
Edad: A mayor edad mayor probabilidad de mejor vo2max.	Fecha de Nacimiento	Años cumplidos
VO2 Máx: Cantidad Máxima de O2 que se puede absorber; transportar y consumir por unidad de tiempo.	Se aplica formula luego de test de esfuerzo: PWC170, al deportista se le coloca en una bicicleta estática y comienza con una carga la cual se va incrementando cada 3 minutos. Cuando la frecuencia cardiaca llega a 170 ppm se detiene la prueba. Se relaciona FC con potencia. Se hace una tabla y esto se multiplica por un valor	Cantidad de lts de O2/ml de sangre./ watts
SOMATOTIPO: Es un sistema diseñado para clasificar el tipo corporal o físico y su composición.	Antropometría: En este estudio se estimara la forma corporal y su composición, se espera que entre más mesomórfico, mayor VO2max.	ECTOMORFO ENDOMORFO MESOMORFO
GÉNERO: Se espera que en las mujeres se presente un menor VO2 máx.	Autodefinición	Femenino Masculino
PESO DE LOS ATLETAS: Se espera que los atletas que no logren adecuados niveles de Vo2max sean los que tengan mayor peso	Peso en Kg mediante balanza electrónica previamente validada	Kilogramos, libras, gramos, etc.

CAPACIDAD AERÓBICA: Suficiencia del corazón y del sistema vascular para transportar oxígeno a los músculos en acción.	La máxima cantidad de litros de oxígeno consumido por potencia en watts alcanzado.	Muy pobre. Pobre. Regular Promedio. Bueno. Muy Bueno. Excelente.
CATEGORIZACIÓN DE TEST PWC 170.	PWC o capacidad de trabajo físico, es un test de diagnóstico de rendimiento, que evalúa la capacidad de rendimiento aeróbico.	Watts /LPM
TIPO DE ATLETA	Nivel de profesionalismo.	AMATEUR /PROFESIONAL
IMC Índice de masa corporal.	Índice que permite ver la relación entre peso y talla del individuo.	Normopeso 25 kg/m ² Sobrepeso 25.1-29.9 kg/m ² Obesidad >30 kg/m ²

3.5 MUESTRA.

Se escogieron como muestra de estudio a 60 deportistas de 15 a 25 años que acuden a la escuela de formación deportiva Maqsum, de octubre 2014 a marzo 2015. La muestra fue tomada por muestreo de grupo disponibles, diferenciándolos por nivel de profesionalismo según antigüedad en la escuela.

3.6 ASPECTOS BIOETICOS.

Se visitó verbalmente y por escrito a los organismos de dirección de la escuela de formación deportiva “MAQSUM”, para dar a conocer el consentimiento informado sobre

la investigación que nos ocupa, explicando los métodos y procedimientos, así como los efectos y beneficios que traerá consecuentemente, situación que fue entendida y aceptada por los atletas de esta organización.

3.7 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

Todos los atletas, que pertenezcan a la escuela de formación deportiva “MAQSUM”, de 15 a 25 años de edad, que acepten participar.

3.8 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.

Todos los atletas, que pertenezcan a la escuela de formación deportiva “MAQSUM”, de 15 a 25 años de edad, que no acepten participar y atletas menores a 15 años y 26 años y más.

3.9 CRITERIOS DE ELIMINACION.

Todos los atletas, que pertenezcan a la escuela de formación deportiva “MAQSUM”, de 15 a 25 años de edad, que presenten patologías que impidan la realización del test, o que la prueba sea suspendida abruptamente por presentar alguna complicación.

3.10 TIPO DE ESTUDIO.

Este estudio es transversal; toda vez que explica la situación de las variables presentadas en un momento dado.

3.11 PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

El estudio se lo realizó en un período de 6 meses, partiendo de la planificación hasta la ejecución del mismo. La recolección de los datos en primera instancia se realizaría en las instalaciones de la liga deportiva de Tosagua, lugar donde opera la escuela “MAQSUM”

en la vía a Chone Km 1. En horarios de la mañana, pero como para estas pruebas necesitan un ambiente de concentración y cuestiones médicas para casos de emergencias, preferimos realizarlo en el área de medicina y rehabilitación física, de la UNIDAD DE GESTION SOCIAL del GAD Tosagua en horarios nocturnos, ya que los atletas a más de ocuparse de sus tareas estudiantiles, también entrenaban, lo que hacía que durante el día fuera difícil realizar la prueba.

Al llegar el atleta con las indicaciones previas que se le han realizado, se comenzaba la evaluación de los signos vitales, seguidamente se procedía con la evaluación médica y la antropometría correspondiente, y entonces se comenzaba con la prueba.

Para realizar el Physical Work Capacity a 170 ppm (PWC170) que es un test submáximo indirecto de VO_2 máx, utilizamos una bicicleta ergométrica marca MONARK de origen Sueco tipo “ERGOMEDIC 874E, con el protocolo progresivo, escalonado, continuo, submáximo, con cargas progresivas de 50 watts y 3 min de duración en cada ciclo, de forma que se alcance una FC estable en cada estadio. La carga inicial estaba en relación con el peso a razón de 1 watts/kg de peso. La prueba constaba de tres estadios y los incrementos eran de 50 watts para cada uno de estos estadios, como en cada estadio teníamos una FC estable característica, con esos tres puntos obtuvimos gráficamente la relación entre carga y FC, y luego, sabiendo cuál es la FC máxima teórica del individuo, calculamos la carga que puede soportar para esa FC. A partir de esa potencia máxima estimamos el VO_2 máx, y conociendo que 16 ml de O_2 se consumen por cada watio de carga, la formula seria: 16 ml O_2 /w, y ya con esto teníamos el VO_2 máx del individuo. También conocimos mediante este método la

PWC170 a una FC determinada (submáxima) mediante un sencillo cálculo matemático; a continuación presentamos las formulas empleadas:

FORMULAS.	PARÁMETROS
F.C MAX = 220-edad	lat*min
PWC 170 alc= La máxima carga que ese individuo puede soportar.	wats*min
VO2 max (PWC alc*16)= El total de ml consumidos durante la prueba.	ml
VO2 max /kg (VO2 máx./ peso)= El objetivo de nuestra prueba.	mlO2*kg*min
Mets (3,5ml O2/kg/min. -VO2 máx/3,5-) = El total de mets consumidos en la prueba.	mets
O2/lat * min (VO2 máx./FC máx) Los ml por cada latido del corazón y por minuto.	ml * lat*min
PWC 170 /kg (PWC alc/peso)= La carga para cada kilogramo de peso	wats * kg

Terminada o cortada la prueba, el atleta seguía en movimiento físico pedaleando en forma decreciente, para evitar la excesiva acumulación de ácido láctico.

3.12 PROCEDIMIENTO.

3.12.1 Medidas Preparatorias el Día antes de la Prueba.

Se explicó al sujeto el tipo de vestimenta que usaría para la prueba, así como sugerencias en cuanto al consumo de alimentos y otras sustancias.

3.12.2 PREPARACIÓN PARA LA PRUEBA.

- Antes de la prueba, se verifico la calibración del Cicloergómetro.
- De ser necesario, éste era calibrado.

- Se explicaba al sujeto, en términos generales, el concepto de la prueba.
- Se leyó la hoja de consentimiento informado al sujeto, para que firme el mismo.
- Se preparó la hoja para la recolección de los datos.
- Registramos la masa corporal (peso), talla (estatura) y la edad del sujeto, pliegues, perímetros y diámetros corporales, la toma de peso se realizó con una balanza marca CAMRY estandarizada y calibrada, para posteriormente realizar la medición de pliegues, perímetros y diámetros siguiendo la normativa que rige según la ISAK para el nivel 1.
- El sujeto reposaría 3 minutos, luego se tomaba y registrará la presión arterial y frecuencia cardíaca en reposo.
- Inmediatamente se debe decidir si el sujeto está listo para llevar a cabo la prueba.

3.12.3 DATOS DE LA PRUEBA.

Se registrarán los datos de la prueba en las fichas correspondientes, para cada sujeto evaluado.

3.12.4 INTERPRETACIÓN.

Para determinar el consumo de oxígeno máximo:

- Se Marca en la gráfica la frecuencia cardíaca de las dos últimas cargas/potencia ergométrica versus la carga ergométrica realizada (kgm/min): Se emplean las frecuencias cardíacas registradas durante el tercer minuto de las etapas correspondientes.

Es muy importante que estas dos últimas frecuencias cardiacas seleccionadas se encuentren entre 110 y 150 latidos·min⁻¹.

Se podían emplear tres registros de frecuencia cardiaca, en estos casos, para estimar la capacidad aeróbica se trazaba una línea sobre estos tres puntos marcados en la gráfica.

- Luego se determinaba la frecuencia cardiaca máxima del sujeto, restando su edad de 220. Marcamos este punto en la gráfica mediante el trazo de una línea horizontal a través de la gráfica desde éste valor.

- Además, se Trazó una línea que intersecta los dos puntos previamente marcados y se extienden hasta la línea de la frecuencia cardiaca máxima.

- Se baja una línea desde este punto hasta la línea de base, y se leen los valores máximos estimados, los cuales son: la carga/potencia ergométrica máxima y el consumo de oxígeno máximo.

- Se calcula el consumo de oxígeno máximo por unidades de peso del cuerpo ($VO_{2m\acute{a}x}$, mL · kg⁻¹ · min⁻¹), en donde se observa el $VO_{2m\acute{a}x}$ de nuestros deportistas, que era nuestro mayor objetivo y se comparó el mismo con los vo_{2max} de atletas y futbolistas de elite, de alto rendimiento deportivo a nivel nacional e internacional.

3.13 PLAN DE ANÁLISIS DE DATOS.

La tabulación fue digitalizada en medios informáticos y realizada por el investigador al igual que el análisis e interpretación de los resultados. La información obtenida se procesó

a través del programa Microsoft Word, Excel, el programa Epi Info y el paquete estadístico Spss v. 18.0. (Licencia PUCE).

Se utiliza la estadística descriptiva, expresada en frecuencias y porcentajes. Los datos siguen un proceso metodológico y se describen, analizan e interpretan a la luz de la teoría y controlados con la realidad obtenida.

Para la presentación se realiza una tabulación y luego la graficación en barras, pasteles e histogramas. El objetivo de esta fase de esta investigación es elaborar una tabla de los resultados, para conocer el nivel de aptitud física de los atletas.

4 RESULTADOS

A continuación mostramos los resultados obtenidos en el presente estudio, en los cuales encontraremos un análisis de datos generales, estadística descriptiva, comparaciones de las variables estudiadas según: género, nivel de estudio y la correlación.

TABLA 1.

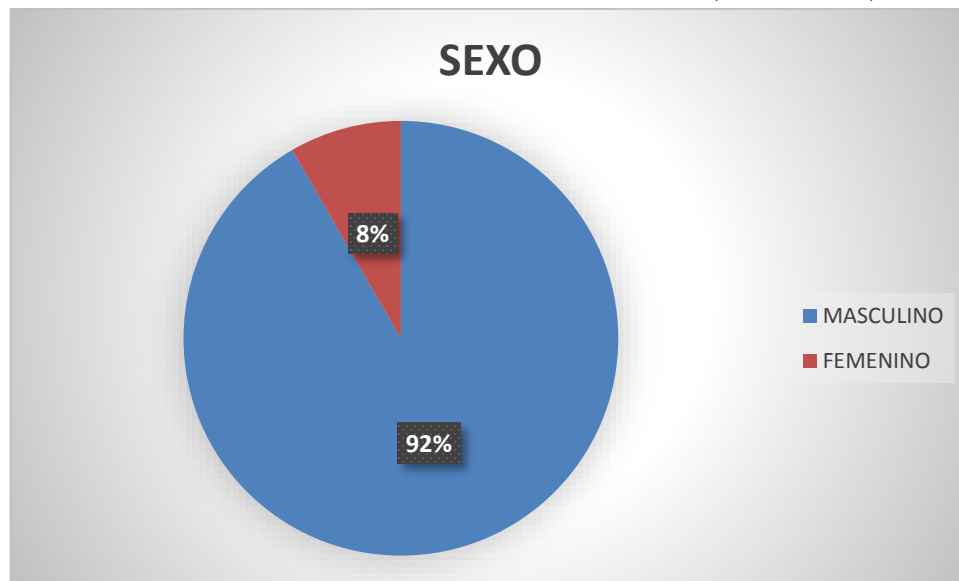
GENERO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

GENERO	TOTAL
MASCULINO	55
FEMENINO	5

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

Gráfico 1.

GENERO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



La tabla y el gráfico demuestran que el género masculino predomina sobre el femenino, esto se debe a que el género masculino tiene mayor interés por el deporte y la actividad física, además en esta provincia por tradición y cultura la, mujer siempre está ligada a las tareas del hogar y se cree que los deportes son para los varones.

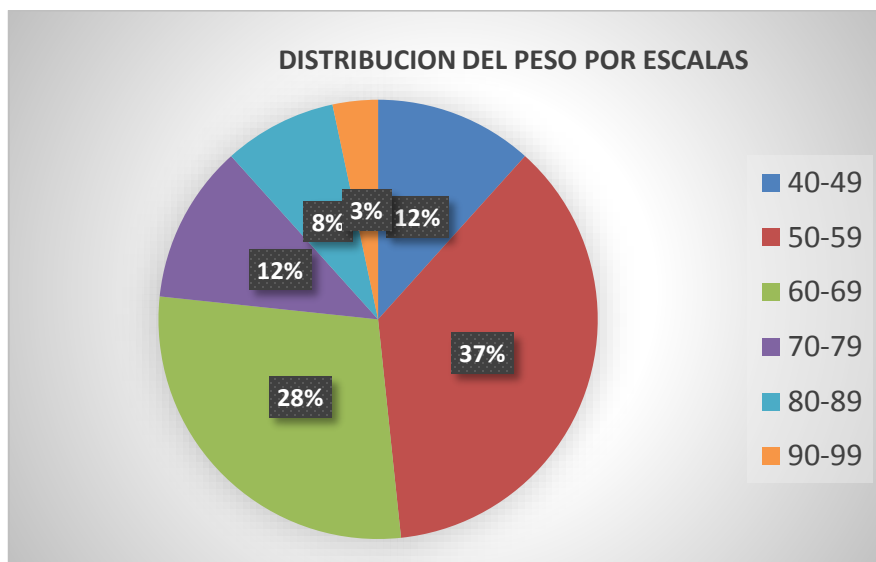
TABLA 2.

DISTRIBUCION DEL PESO EN Kg DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PESO Kg ESCALA	# DEPORTISTAS	PORCENTAJE
40-49	7	11,67
50-59	22	36,67
60-69	17	28,33
70-79	7	11,67
80-89	5	8,33
90-99	2	3,33
TOTAL	60	100,00

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

Gráfico 2.



La distribución por peso en kg, que más se encontró en nuestro estudio fue la escala de 50-59 kg con el 37% seguido de la escala 60-69 kg con el 28 %.

TABLA 3.

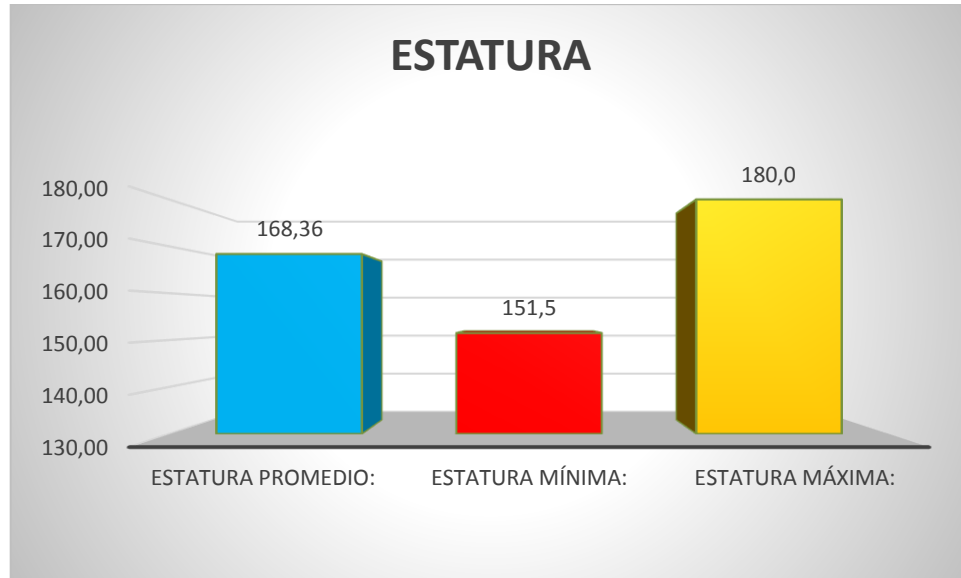
ESTATURA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

ESTATURA PROMEDIO:	168,36 Cm
ESTATURA DESVIACIÓN ESTÁNDAR:	6,50 Cm
ESTATURA MÍNIMA:	151,5 Cm
ESTATURA MÁXIMA:	180,0 Cm

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 3.

ESTATURA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Apreciamos en esta tabla y siguiente gráfico que la estatura máxima y la estura mínima son normales debido a que el trabajo se realizó en la región Costa y esto son índices normales de estas personas, el promedio está en 168,3 centímetros.

TABLA 4.

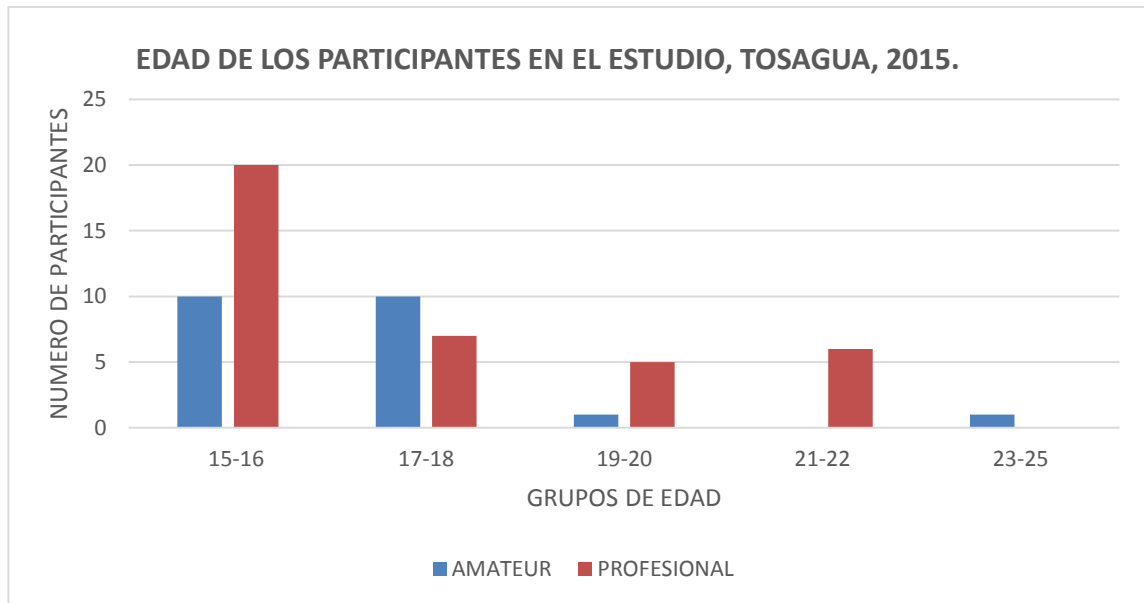
EDAD DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

EDADES	AMATEUR	PROFESIONAL
15-16	10	20
17-18	10	7
19-20	1	5
21-22		6
23-25	1	
TOTAL	22	38

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 4.

EDAD DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



En la tabla y el gráfico de la edad, observamos que los rangos fueron correspondientes, siguiendo las reglas de la investigación ejecutada, mientras que el mayor número de participantes están en el grupo de los profesionales de 15 a 16 años.

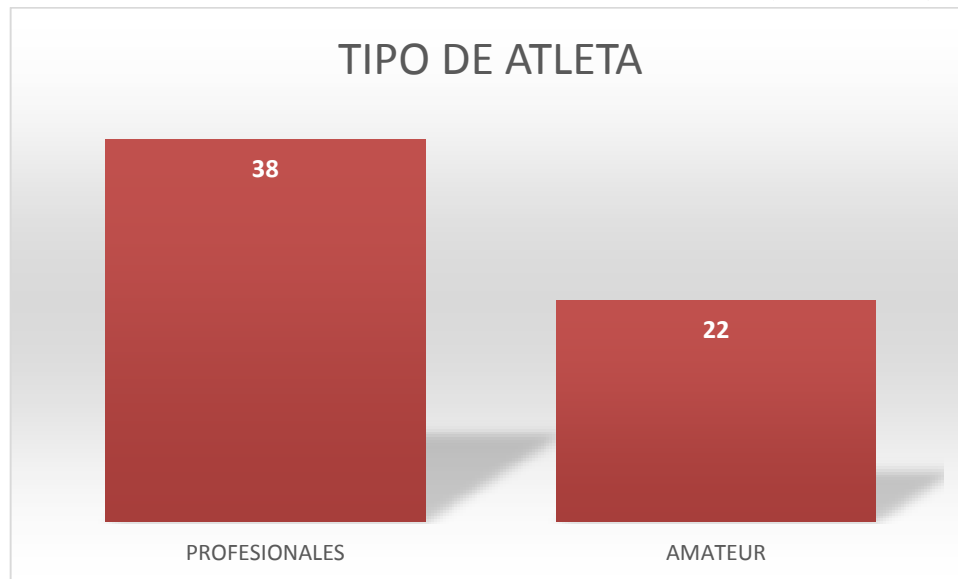
TABLA 5.

TIPO DE ATLETA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

TIPO ATLETA	NUMERO DE ATLETAS	PORCENTAJE
PROFESIONALES	38	63,33
AMATEUR	22	36,67
TOTAL	60	100,00

GRÁFICO 5.

TIPO DE ATLETA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Del total de los atletas estudiados (60) el 63,33% de los participantes eran profesionales seguidos de un 36,67% de amateur.

TABLA 6.

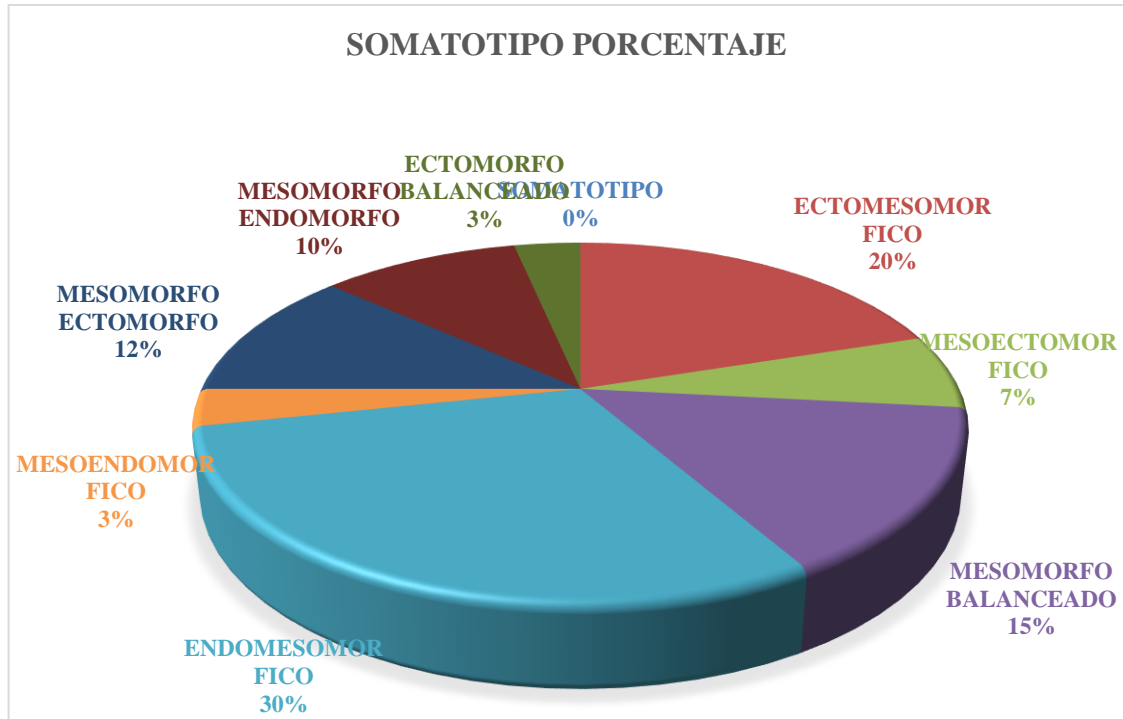
SOMATOTIPO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

SOMATOTIPO	PARTICIPANTES	PORCENTAJES
ECTOMESOMORFICO	12	20,00
MESOECTOMORFICO	4	6,67
MESOMORFO BALANCEADO	9	15,00
ENDOMESOMORFICO	18	30,00
MESOENDOMORFICO	2	3,33
MESOMORFO ECTOMORFO	7	11,67
MESOMORFO ENDOMORFO	6	10,00
ECTOMORFO BALANCEADO	2	3,33
TOTAL	60	100,00

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 6.

SOMATOTIPO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Al analizar la tabla y el grafico, observamos que el somatotipo que predomina en nuestro estudio fue el endomesomorfo con el 30% seguido del ectomesomorfo con el 20% y con el mesomorfo balanceado con el 15 %.

TABLA 7.

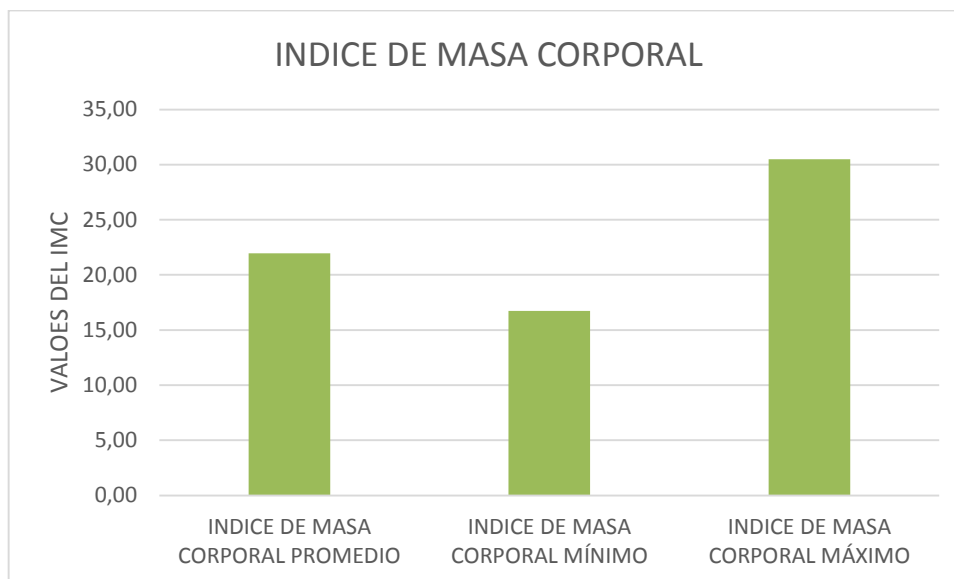
INDICE DE MASA CORPORAL DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PARAMETRO	VALOR
INDICE DE MASA CORPORAL PROMEDIO	21,97
INDICE DE MASA CORPORAL DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3,25
INDICE DE MASA CORPORAL MÍNIMO	16,72
INDICE DE MASA CORPORAL MÁXIMO	30,49

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 7.

INDICE DE MASA CORPORAL DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Los resultados de nuestro estudio, demuestran que el índice de masa corporal tiene como promedio 22(kg/m²); Evidenciándose que los participantes estaban por debajo de 25(kg/m²) o valor normal, es decir, lo que constituye que no hay un factor de riesgo cardiometabólico.

TABLA 8.

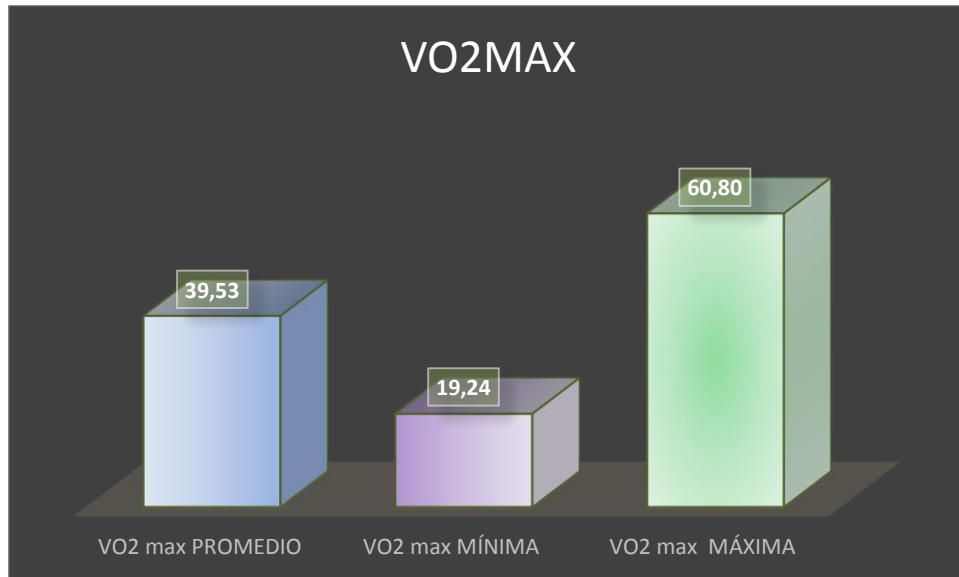
MAXIMO COSUMO DE OXIGENO (VO2MAX), DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PARAMETRO	VALOR EN mlO2*kg*min
VO2 Max, PROMEDIO	39,53
VO2 Max, DESVIACIÓN ESTÁNDAR	9,39
VO2 Max, MÍNIMA	19,24
VO2 Max, MÁXIMA	60,80

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 8.

MAXIMO COSUMO DE OXIGENO (VO2MAX), DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Al analizar la tabla y el grafico, podemos apreciar que los valores del VO2Máx de nuestro estudio, dio como resultado, el conocer las capacidades energéticas de nuestros participantes, en específico del sistema anaeróbico y desde el punto de vista biológico, ya se conoce la cantidad de oxígeno que utilizan los músculos de estos atletas, observando el promedio (39,53 mlO₂*kg*min) en síntesis no es el adecuado para deportistas entrenados, estos valores corresponderían a los de una población no deportistas.

TABLA 9.

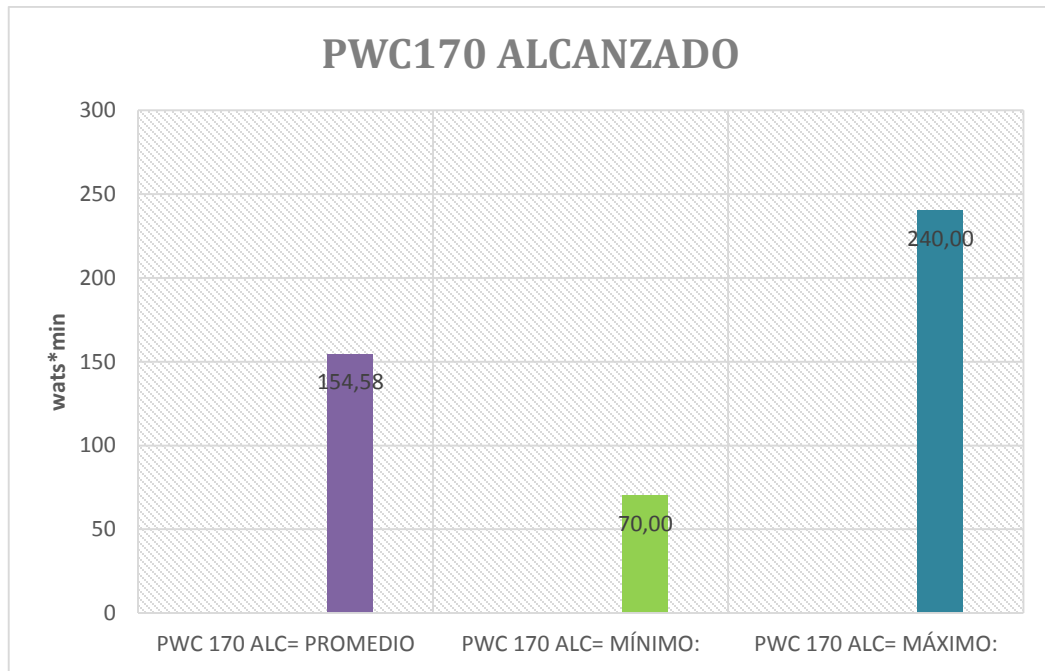
CAPACIDAD DE TRABAJO FISICO A 170 LATIDOS POR MINUTO (PWC170) DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PWC 170 DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.	
PARAMETRO	VALOR EN wats*min
PWC 170 ALCANZADO= PROMEDIO	154,58
PWC 170 ALCANZADO= DESVIACIÓN ESTÁNDAR:	40,36
PWC 170 ALCANZADO= MÍNIMO:	70,00
PWC 170 ALCANZADO= MÁXIMO:	240,00

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 9.

CAPACIDAD DE TRABAJO FISICO A 170 LATIDOS POR MINUTO (PWC170) DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Al analizar la tabla y el grafico de los resultados de la medición del PWC170 o categorización del test, Los resultados de las mediciones de este, demostraron que sus valores tienen como promedio 154,58 wats por minuto, lo que evidencia un pobre entrenamiento en los participantes toda vez que este parámetro corresponde a fuerza y resistencia.

TABLA 10.

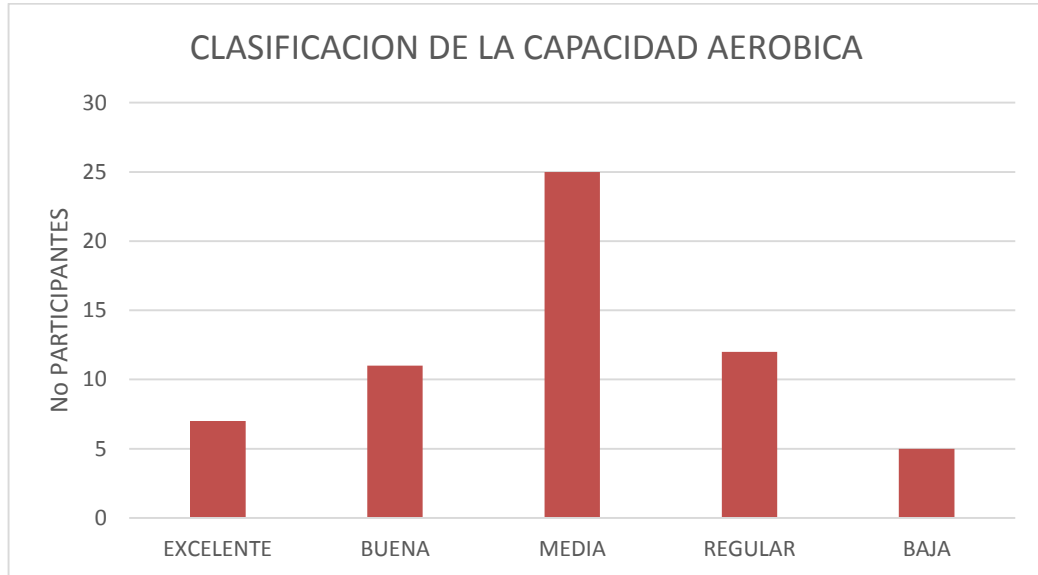
CAPACIDAD AEROBICA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

CLASIFICACION DE LA CAPACIDAD AEROBICA	NUMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAJE
EXCELENTE	7	11,67
BUENA	11	18,33
MEDIA	25	41,67
REGULAR	12	20,00
BAJA	5	8,33
TOTAL	60	100,00

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 10.

CAPACIDAD AEROBICA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



En la tabla y el grafico se observa el nivel de la capacidad aeróbica que la mayoría de los participantes poseen una clasificación media de 42%, seguida por la regular que es de 20%, solo el 11,67% clasifica como excelente.

TABLA 11.

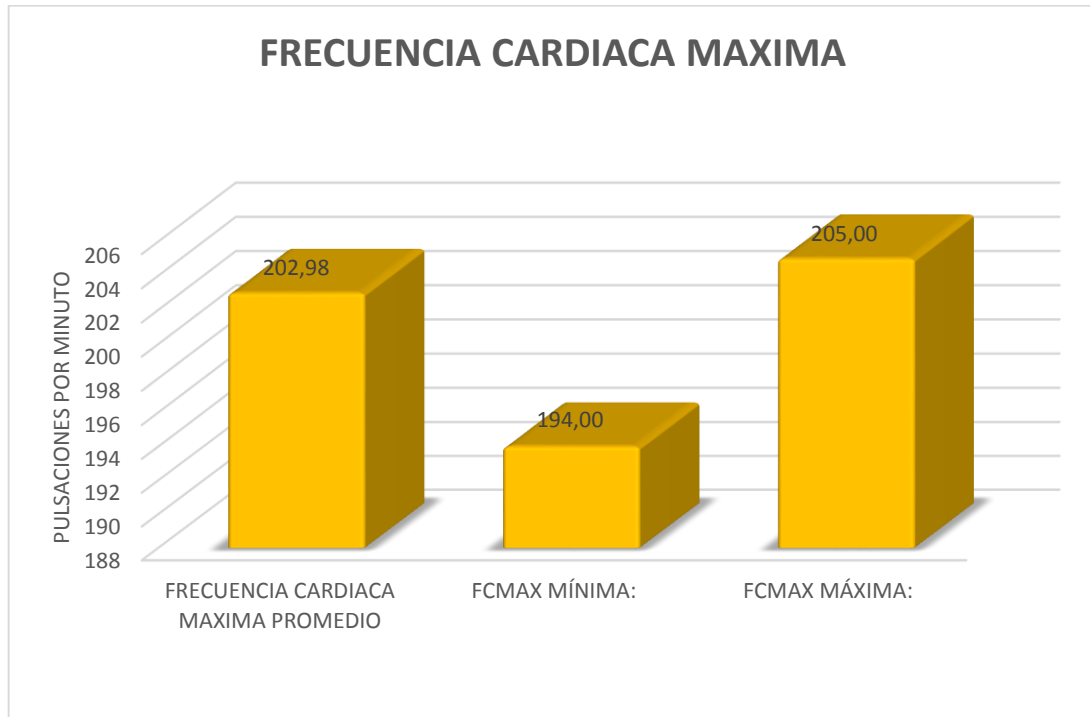
FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PARAMETRO	VALOR
FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA PROMEDIO	202,98
FCMAX DESVIACIÓN ESTÁNDAR:	2,43
FCMAX MÍNIMA:	194,00
FCMAX MÁXIMA:	205,00

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 11.

FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Al analizar la tabla y el grafico, observamos que la frecuencia cardiaca máxima que promedia nuestro estudio fue de 203 lpm, con una máxima de 205 lpm, ya que la el mayor porcentaje de participantes estaba entre los 17 años.

TABLA 12.

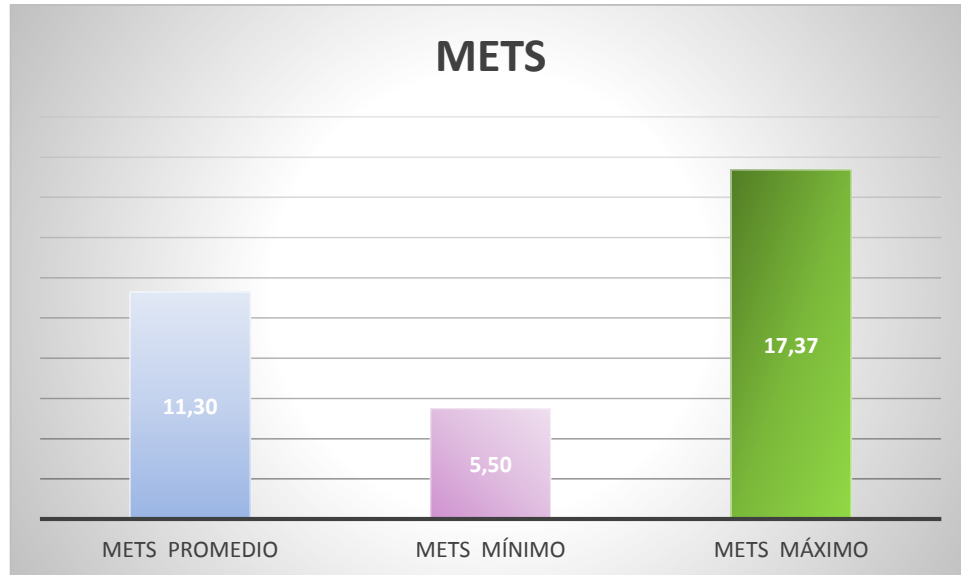
INDICE METABOLICO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PARAMETRO	VALOR
Mets PROMEDIO	11,30
Mets DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2,69
Mets MÍNIMO	5,50
Mets MÁXIMO	17,37

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 12.

INDICE METABOLICO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



Al analizar la tabla y el grafico 12, observamos que el índice metabólico promedio fue de 11,30 mets*ml*Kg, con una máxima de 17,37 mets*ml*Kg, seguido de una mínima de 5,50 mets*ml*Kg.

TABLA 13.

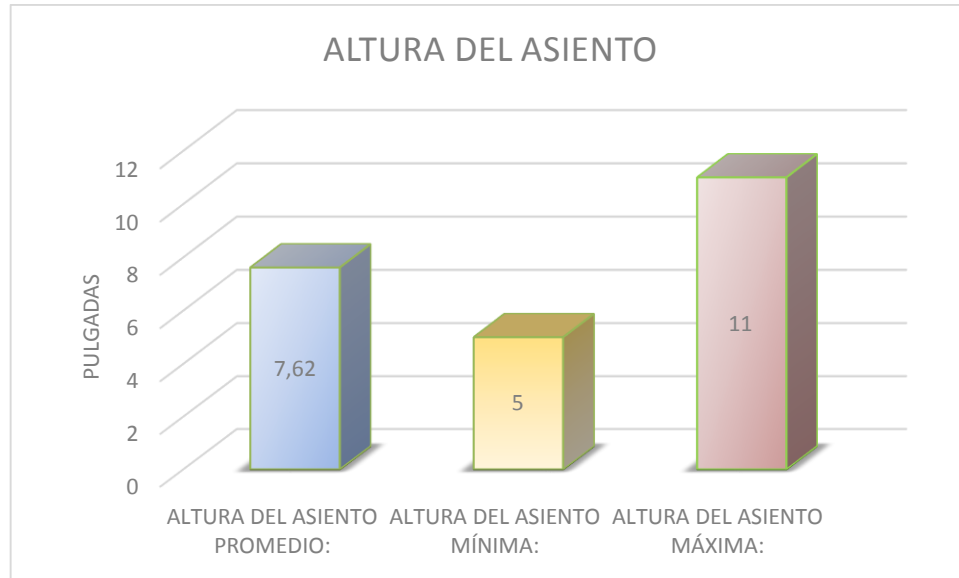
ALTURA DEL ASIENTO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

PARAMETRO	VALOR
ALTURA DEL ASIENTO PROMEDIO:	7,62
ALTURA DEL ASIENTO DESVIACIÓN ESTÁNDAR:	1,24
ALTURA DEL ASIENTO MÍNIMA:	5
ALTURA DEL ASIENTO MÁXIMA:	11

Elaborado Por: Dr. Wagner Coaboy Navarrete.

GRÁFICO 13.

ALTURA DEL ASIENTO DE LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.



En la tabla y grafica 13, observamos que la altura del asiento que promedio fue la de 7,62 pulgadas, no obstante que habían participantes con talla alta y talla baja algunos tenían piernas largas lo que cambio la altura del asiento y llego a como altura máxima a 11 pulgadas.

CRUCES DE VARIABLES:

A continuación, se exponen algunos cruces de variables para documentar las asociaciones posibles, de acuerdo con los objetivos del estudio.

TABLA 14.

ASOCIACIÓN ENTRE EL SOMATOTIPO ECTOMESOMORFICO CON VARIABLES DEL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015.

VARIABLES	SOMATOTIPO		*VALOR p
	ECTOMESO MORFICO	OTROS	
GÉNERO			
- FEMENINO	0	5	0.57
- MASCULINO	12	43	
DEPORTISTAS			
- AMATEUR	1	21	0.041
- PROFESIONAL	11	27	
CAPACIDAD AERÓBICA			
- MEDIA/REGULAR	6	36	0.16
- BUENA/EXCELENTE	6	12	

*Valores exactos de Fisher

Se aprecia en la tabla anterior que existe una diferencia estadísticamente significativa en relación con el somatotipo entre atletas amateur y profesionales; los atletas profesionales presentan una proporción mayor de somatotipo ectomesomórfico.

TABLA 15.

DIFERENCIA DE MEDIAS DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO EN RELACIÓN CON EL SOMATOTIPO ECTOMESOMORFICO, TOSAGUA, 2015

VARIABLES	SOMATOTIPO		t de Student (valor p)
	ECTOMESOMORFIC O n=12 PROMEDIO (DESV. ESTD)	OTROS N=48 PROMEDI O (DESV. ESTD)	
EDAD	16.17 (1.99)	17.14 (6.5)	1.2321 (0.22)
IMC	19.87 (1.15)	22.49 (3.4)	*9.4696 (0.0021)
PWC 170 wats*min	155.3 (40.4)	154.4 (40.8)	0.07 (0.94)
VO2 MAX mlO2*kg*mi n	45.1 (11.7)	38.1 (8.3)	12.75 (0.0212)

*Kruskal-Wallis H

En relación con las variables cuantitativas del estudio, se identificó una diferencia estadísticamente significativa en el IMC, que fue menor para los atletas con somatotipo ecotmesomórfico.

TABLA 16.

ASOCIACIÓN ENTRE EL SOMATOTIPO ENDOMESOMORFICO CON VARIABLES DEL ESTUDIO, TOSAGUA, 2015

VARIABLES	SOMATOTIPO		*VALOR p
	ENDOMESO MORFICO	OTROS	
GÉNERO			
- FEMENINO	1	4	1.0
- MASCULINO	18	37	
DEPORTISTAS			
- AMATEUR	8	14	Chi2=0.094 p=0.76
- PROFESIONAL	11	27	
CAPACIDAD AERÓBICA			
- MEDIA/REGULAR	17	25	Chi2=3.75 p=0.053
- BUENA/EXCELENTE	2	16	

*Valores exactos de Fisher

Para el caso de los atletas con somatotipo endomesomórfico, se encontraron valores limítrofes que muestran una tendencia a que estos atletas tengan una capacidad aeróbica media o regular.

TABLA 17.

DIFERENCIA DE MEDIAS DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO EN RELACIÓN CON EL SOMATOTIPO ENDOMESOMORFICO, TOSAGUA, 2015

VARIABLES	SOMATOTIPO		t de Student (valor p)
	ECTOMESOMORFICO n=19 PROMEDIO (DESV. ESTD)	OTROS N=41 PROMEDIO (DESV. ESTD)	
EDAD	17.1 (3.1)	16.9 (2.1)	*0.8464
IMC	24.3 (2.4)	20.9 (3.0)	4.4(<0.01)
PWC 170 wats*min	168.0 (32.3)	148.4 (42.5)	1.78 (0.0795)
VO2 MAX mlO2*kg*min	38.5 (6.04)	40.0 (10.6)	*0.6055

*Kruskal-Wallis H

En el caso de las variables cuantitativas relacionadas con el somatotipo endomesomórfico se encuentra un promedio de IMC significativamente más elevado que para los otros somatotipos.

TABLA 18.

ASOCIACIÓN ENTRE EL TIPO DE DEPORTISTA CON GÉNERO Y CAPACIDAD AERÓBICA, TOSAGUA, 2015

VARIABLES	DEPORTISTAS		*VALOR p
	AMATEUR	PROFESIONAL	
GÉNERO			
- FEMENINO	4	1	0.0557
- MASCULINO	18	37	
CAPACIDAD AERÓBICA			
- MEDIA/REGULAR	21	21	<i>Chi2=8.89</i> p=0.0029
- BUENA/EXCELENTE	1	17	

*Valores exactos de Fisher

Al relacionar el tipo de deportista con el género, se encuentran valores limítrofes que señalan que la proporción de atletas de género masculino tuvieron una ligera predominancia en el estudio. En cuanto a la capacidad aeróbica se identificaron diferencias estadísticamente significativas que evidencian el predominio de capacidades medias o regulares en atletas amateur.

TABLA 19.

DIFERENCIA DE MEDIAS DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO, SEGÚN EL TIPO DE DEPORTISTA, TOSAGUA, 2015.

VARIABLES	TIPO DE DEPORTISTA		t de Student (valor p)
	AMATEUR n=22 PROMEDIO (DESV. ESTD)	PROFESIONAL N=38 PROMEDIO (DESV. ESTD)	
EDAD	16.9 (2.3)	16.97 (2.6)	0.0967 (0.92)
IMC	21.1 (2.5)	22.5 (3.6)	1.6 (0.11)
PWC 170 wats*min	122.6 (31.4)	173.1 (32.9)	5.8 (p<0.01)
VO2 MAX mlO2*kg*min	33.2 (7.8)	43.2 (8.3)	4.6 (p<0.01)

*Kruskal-Wallis H

En el presente estudio se comprueba la hipótesis, de que los atletas profesionales presentaron una PWC y un VO2 max significativamente más altos que los atletas amateurs.

5 DISCUSIÓN.

Durante la historia se han descrito y utilizado diversas formas para medir el esfuerzo físico y el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$), en 1984 el Dr. Manero describió la prueba del banco o step test para medir la VO_2 con una prueba submáxima²⁰, en 1985 el Dr. Fitchett en su estudio comparó el consumo de oxígeno obtenido por cicloergómetro y por prueba del banco o step test encontrando que ambos métodos son igualmente válidos²¹. El test PWC (Physical Working Capacity), pertenece a los procedimientos de test de diagnóstico de rendimiento aeróbico de la persona sometida al test. El PWC170, estima el $VO_{2m\acute{a}x}$ a partir de la máxima capacidad de trabajo que el individuo puede realizar con una frecuencia cardíaca de 170 ppm, de modo que lo considero como una prueba mucho menos compleja técnica y económicamente, lo que ha facilitado su realización en diversos grupos de personas.

Evaluando los resultados obtenidos en nuestro estudio encontramos que los niveles de consumo de oxígeno y de capacidad máxima de trabajo físico es mayor en los atletas profesionales, o sea los que practican deporte adicional al entrenamiento físico de la escuela maqsum en comparación con los atletas amateurs, en quienes su actividad física aeróbica se limita al plan de entrenamiento de esta escuela de formación deportiva. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de oxígeno y la capacidad máxima de trabajo físico al relacionarlo con atletas profesionales y amateurs. Keren y colaboradores muestran en su estudio que el entrenamiento físico aumenta el consumo máximo de oxígeno después de programa de entrenamiento de tres semanas²². Chistensen en 1983 comparó 34 maratonistas, entre novatas (N 10) con menos de un año

de entrenamiento, maratonistas con experiencia (N 13) con promedio de 2 años de entrenamiento y maratonistas profesionales (N 11) de más de 4 años encontrando consumos de oxígeno y VO₂máx de 45.8, 51,8 y 59,1 ml/Kg/min respectivamente, donde se observa que con mayor tiempo de entrenamiento mejor consumo de oxígeno²³, resultados que están de acuerdo con este estudio.

Los valores de consumo de oxígeno (VO₂máx) promedio, en nuestro estudio son los siguientes: 41,06 mlO₂*kg*min para los atletas profesionales y 33,1 mlO₂*kg*min para los atletas amateurs, sin embargo, los valores de consumo de oxígeno son menores a los encontrados en Datos que contrastan con el estudio de Watson y colaboradores (1972) quien encontró un consumo máximo de oxígeno en atletas de 4,01litros o *61mlKg/min* por método directo²⁴.

La capacidad aeróbica medida por el VO₂máx ha sido relacionada con diferentes niveles de compromiso del metabolismo aeróbico y anaeróbico como se encuentra documentado en varios estudios²⁵. La adaptación del VO₂máx presenta cambios en relación con el tiempo y la intensidad de los protocolos de entrenamiento²⁶, también se considera como un método útil para monitorear las respuestas individuales a la intensidad de los protocolos de entrenamiento²⁷. En el presente estudio, los atletas profesionales muestran mayor capacidad aeróbica y también valores más altos de VO₂máx; en este estudio también se ha demostrado que los atletas profesionales presentan una proporción mayor de somatotipo ectomesomórfico, por su parte, los atletas con somatotipo endomesomórfico,

se encontraron valores limítrofes que muestran una tendencia a que estos atletas tengan una capacidad aeróbica media o regular.

En 2001 en Latinoamérica, se realizó una investigación científica, con 32 deportistas de alto rendimiento de diferentes disciplinas con edades similares a las de nuestros atletas, encontrando frecuencias cardíacas y cifras tensionales similares a las encontradas en nuestros participantes, el VO₂máx estaba en un promedio de 2,4 litros por minuto, valor inferior al promedio encontrado por prueba indirecta submáxima ²⁸.

La valoración de VO₂máx en atletas, como un método de medición del transporte de oxígeno, es de vital importancia en la evaluación de los procesos de entrenamiento cardiovascular y está directamente relacionado con el desempeño físico de los atletas, como lo evidencia el estudio entre nadadores de estilo libre y los que se encuentran acorde a programas establecidos, así pues en la medición de su VO₂ Max y la capacidad pulmonar se evidenció un aumento significativo del rendimiento mediante evaluación por ergonometría en un estudio realizado por Roels and Smith para el British Medical Journal en el 2005, demostrando la imperiosa necesidad de establecer programas rigurosos de entrenamiento dirigidos a obtención de resultados fisiológicos y metas ^{.29}.

En la clasificación de la potencia aeróbica de los participantes según el cuadro normativo de capacidad aeróbica de American Heart Association el 41,67% se ubicó en categoría MEDIA, esta clasificación está elaborada para personas no entrenadas, no obstante que existiendo atletas profesionales el hallazgo es muy precario, apenas un 11,67% está en la categoría EXCELENTE.

La frecuencia cardíaca, en este estudio se usó teniendo en cuenta no solo la relación directa con la carga física del trabajo, sino las propias del individuo, las cuales se tuvieron en cuenta en la valoración médica pre test y de esta manera disminuir el riesgo para los participantes y de igual manera el sesgo por factores intrínsecos que se pudieron presentar, lo que permite que las conclusiones sean a través de un método poco cuestionable entre la relación carga física, frecuencia cardíaca, en un trabajo submáximo.³⁰.

La mayoría de los estudios realizados con métodos indirectos para medir consumo submáximos de oxígeno como el PWC170 son de hace varios años sin embargo, hace unos años se han venido realizando diversas investigaciones para el estudio de la fisiología y la fisiopatología del esfuerzo físico mediante nueva tecnología utilizando analizadores de gases y neumotacógrafos de rápida respuesta que alcanzan la exacta medición de las variables durante el test de ejercicio, así mismo estudios como el del Dr. Jorge Pollice y colaboradores han mostrado las diferencias entre los resultados de estos métodos directos y el cálculo de la potencia aeróbica de forma indirecta encontrando que los registros computados de análisis directos de gases y su volumetría son más exactos que mediciones indirectas obtenidas por formulas extrapoladas a tablas según peso y carga ergonómica, encontrando también sobrevaloración de la medición indirecta de consumo máximo de oxígeno en grupos sedentarios, en grupos entrenados ambos métodos tienen buena correlación,³¹.

En Latinoamérica se han realizado estudios con el objetivo de mejorar el rendimiento físico de los atletas en base a medidas fisiológicas y aplicación de conceptos de entrenamiento que permitan procesos exitosos, como lo evidencia el estudio realizado en

nadadores en cubanos, donde se evalúan los procesos de entrenamiento a través del comportamiento de la frecuencia cardíaca e indirectamente de la VO₂, con el fin de demostrar que la adecuada adaptación del sistema cardiovascular a la carga física de trabajo permite desarrollarlo a un menor costo biológico a través del entrenamiento físico.³²

Cabe anotar que las pruebas realizadas en este estudio como medida indirecta de la capacidad de trabajo físico de los atletas, es una prueba que depende directamente del entrenamiento, de la capacidad aeróbica y la carga máxima tolerada, en relación con la edad, el consumo máximo de oxígeno (VO₂ Max) en relación con la potencia y el tipo de atleta (amateur o profesional). Se analizó la intensidad de la prueba con relación a la frecuencia cardíaca máxima según la edad y se obtuvo un nomograma basado en un análisis de regresión para la capacidad de trabajo, por lo cual a pesar que en este estudio fue desarrollado por un profesional médico, quien evaluó a todos los participantes, no se puede excluir el sesgo del error humano, por lo cual sería de gran utilidad utilizar un equipo estandarizado para la evaluación de dicha prueba, que permita un rápido análisis de los datos y las correcciones propias ajustadas al paciente, además de adicionar medidas como la temperatura del ambiente en cada evaluación y humedad relativa, además de oximetría de pulso, como lo han propuesto en la Universidad Tecnológica de Pereira.³³

Es de vital importancia mantener un protocolo de seguridad que permita el monitoreo cardiovascular así esta sea una prueba submáxima, ya que el riesgo para el paciente debe ser el mínimo y se deben mantener los protocolos de seguridad y el personal entrenado para atender eficientemente cualquier contingencia, aunque en este estudio los evaluados

fueron atletas jóvenes, se mantuvieron las valoraciones y el acompañamiento pertinente del personal médico constante, además de contar con una red de servicios asistenciales en salud que permitiese el manejo oportuno de cualquier contingencia.

Por otra parte el procedimiento que se utilizó para la evaluación de los atletas fue estandarizado previamente y se llevó a cabo usando un protocolo de valoración médica previa, además de una prueba controlada en un consultorio médico estándar para todos los participantes para ofrecer una alta calidad y significancia al estudio.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

De acuerdo a la investigación realizada sobre el análisis comparativo del rendimiento deportivo en atletas amateur y profesionales, mediante el test ergométrico pwc170 en cicloergómetro tipo monark 874e se presentan las principales conclusiones de la presente investigación:

- 1.- En tal sentido, se concluye que los atletas profesionales presentan mejor VO₂máx que los atletas amateurs.
- 2.- No obstante que todos los participantes tienen un índice de masa corporal (IMC) promedio de 21.97, sin embargo la capacidad aeróbica se ubica en límites bajos ya que el 41% de todos los atletas se ubica en la clasificación MEDIA de la capacidad, situación que se correlaciona con el VO₂máx, que también evidencia un entrenamiento no riguroso, y se correlaciona con el biotipo morfológico ya que el 30% de los participantes pertenece al biotipo endomesomorfo.
- 3.- El presente estudio es el primero realizado en atletas de Tosagua de la Escuela de formación deportiva Maqsum, para evaluar la capacidad física de trabajo de los deportistas profesionales y amateurs, sin embargo lo pequeño de la muestra y de cada grupo, no invalida nuestro estudio, por el contrario abren la puerta a futuras investigaciones en esta población.
- 4.- El desarrollo físico de los atletas amateurs está sujeto a las leyes generales del proceso de formación como deportistas de elite en desarrollo, y se caracteriza por su irregularidad.
- 5.- En los atletas profesionales aumentan progresivamente con la edad los índices de la capacidad física general de trabajo del organismo, es decir, el Máximo Consumo de Oxígeno, el PWC 170, y la Capacidad Vital.

6.2 RECOMENDACIONES.

1.- Considero que se deben realizar futuros estudios con métodos más directos aunque aún sean submáximo y teniendo en cuenta otras variables, como alimentación, los parámetros exactos del plan de entrenamiento físico de la Escuela Maqsum, tiempo que llevan practicando las diferentes actividades deportivas, características del deporte (atletismo, natación, fútbol, básquet, etc.) entre otros, y que le permitan un mejor desempeño físico en las diversas actividades deportivas a las que estarán expuestos.

2.- Que el siguiente paso, después de este estudio, sea el acondicionar un plan de entrenamiento que permita el logro de estos objetivos y realizar evaluaciones periódicas para ajustarlo y obtener el mayor rendimiento sin fatiga.

3.- De igual manera realizar monitoreo continuo al VO₂máx de sus atletas a través de la realización de test físicos.

4.- Asimismo, incrementar la frecuencia de estímulos semanales, además de la implementación de programas de intervención extracurriculares de la potencia aeróbica, con el objetivo de retardar la involución que presenta el VO₂máx con la edad, mejorando con ello los niveles de salud cardiovascular.

5.- Sin lugar a dudas este tipo de estudio se convierte en una herramienta educativa, a la vez se contribuye con el progreso de la salud pública y por consiguiente en un bienestar a corto, mediano y largo plazo de la población deportista.

7 BIBLIOGRAFIA.

1. Allison T, Burdiat G, Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica [Internet]. 2010 [Citado 24 Abr 2015]; 25;(1): 17-27. Disponible en: http://www.suc.org.uy/revista/v25n1/pdf/rcv25n1_4.pdf.
2. Casajús, J.A.; Piedrafita, E. y Aragonés, M.T, Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo [Internet]. 2009 [Citado 30 Abr 2015]; 9;(35): 217-23. Disponible en: <Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista35/artcriterios114.htm>.
3. Escuela Española de Entrenadores. Fisiología del Esfuerzo [Internet]. 1ra ed. España; 2005 [actualizado 01 de febrero de 2013 15 Sep 2011; citado 20 abr 2015]. Disponible en: <http://www.cbbenicarlo.com//attachments/article/205/FisiologiaDelEsfuerzo.pdf>.
4. Howley, Basset David R y Edward. Factores limitantes del Máximo consumo de Oxígeno y determinantes del rendimiento de Resistencia [Internet]. 2nd ed. Knoxville: Journal PubliCE; 2000 [actualizado 7 Abr 2016; citado 30 abr 2016]. Disponible en: <http://g-se.com/es/fisiologia-del-ejercicio/articulos/factores-limitantes-del-maximo-consumo-de-oxigeno-y-determinantes-del-rendimiento-de-resistencia-281>
5. Valoración de la potencia aeróbica máxima. Prácticas de Fisiología del Ejercicio FCAFE [Internet]. 2014 [actualizado 10 Abr 2016; citado 15 abr 2015]. Disponible en: [http://www.uv.es/miranda/exercici/VALORACION%20PAM%20\(cuadernillo%20para%20alumnos\).doc](http://www.uv.es/miranda/exercici/VALORACION%20PAM%20(cuadernillo%20para%20alumnos).doc).
6. M Malina Robert. Antropometría. PunliCE Standart [Internet].1995 [Citado 24 Abr 2015]:3. Disponible en: <http://g-se.com/es/antropometria/articulos/antropometria-718>
7. Valero Esperanza. Antropometria [Internet]. 2010 [actualizado 12 Dic 2011; citado 28 abr 2015]. Disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puest/DTEAntropometriaDP.pdf>
8. Quesada Roberto. Lo último del entrenamiento de altura [Internet]. 2004 [actualizado 8 Abr 2016; citado 21 May 2015]. Disponible en: <http://www.historiadelboxeo.com//entrenamiento/trainer23.htm>.
9. López Chicharro. Fisiología del Ejercicio, Consumo de oxígeno, concepto, bases fisiológicas y aplicaciones [Internet]. 3ra ed. España: Panamericana; 2006. [actualizado 10 Abr 2016; citado 22 abr 2015]. Disponible en: <https://ricardocurco.files.wordpress.com/2014/11/texto-fisiologic3ada-del-ejercicio.pdf>

10. Mercola Joseph. Como su edad Física podría indicar su longevidad [Internet]. Estados Unidos; 2014. [actualizado 7 Nov 2014; citado 27 abr 2015]. Disponible en: <http://ejercicios.mercola.com/sitios/ejercicios/archivo/2014/11/07/la-edad-fisica-indica-la-longevidad.aspx>
11. (Daniel Talavera). Daniel Talavera, Lincoln Torres, Eduardo Lopez. El volumen de oxígeno máximo y sus variaciones 2013. Federación Peruana de fútbol Escuela profesional de directores técnicos. Perú; 2013.
12. Torres Luque-G, Carpio E, Lara Sanchez A, Zagalaz Sánchez M L. Nuevas tendencias en educación Física deporte y recreación. redalyc [Internet]; 2014 [citado 18 May 2015] ;(25): 17-22 Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345732291004>.
13. Secchi J D, Garcia G C. Aptitud Física cardiorrespiratoria y riesgo cardiometabólico en personas adultas jóvenes. Rev esp salud pública [Internet]. 2013 [citado 5 May 2015]; 87(1):35-48. Disponible en: www.mssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/vol87/vol87_1/RS871C_35.pdf
14. German Carbajal. Vo2 maximo- consumo máximo de oxígeno. [Internet]. TriatlónRosario; 2009 [actualizado 07 Abr 2016; citado 5 abr 2015]. Disponible en: <http://www.triatlonrosario.com/2009/12/vo2-maximo-consumo-maximo-de-oxigeno.html+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
15. Digital Vision. [Internet]. Un alto índice de masa corporal puede reducir su vo2 máx. Gretty Images.2013 [actualizado 21 Dic 2013; citado 9 abr 2015]. Disponible en: <http://www.ratser.com/como-afecta-el-imc-vo2-max/>
16. Ratser. ¿Cómo afecta el IMC VO2 Max? [Internet]; 2010 [actualizado 30 Mar 2016; citado 12 abr 2015] .Disponible en: <http://como-afecta-el-imc-vo2-max/>
17. Lucia at el . Physiological characteristic of the best Eritrean runners- exceptional running economy [Internet]. 31. Pérez at el editors. 2006 [actualizado 7 Sep 2009; citado 9 abr 2015]. Disponible en: <http://universidadeuropea.es/myfiles/pageposts/Diferencias%20entre%20negros%20y%20blancos%20en%20carrera%20de%20resistencia.pdf>
18. Runners.futbolistas capacitados para cualquier maratón [Internet]. Caracas; 2013. [actualizado 7 Mar 2013; citado 7 abr 2015]. Disponible en : <http://www.liderendeportes.com/noticias/tiempo-extra/futbolistas-capacitados-para-cualquier-maraton.aspx#ixzz3zWfplorf>
19. Cano Marcelo. Evaluacion de la Capacidad Aeróbica. am j respir crit care med [Internet]. 2003 [citado 4 Abr 2015];167:211-277, Disponible a : <http://Evaluaciónglobaldelarespuestaalejercicio,involucrandolossistemaspulmonar,cardiovascular,hematopoyético,neurosicológicoymúsculo-esquelético>

20. Manero Torres, José Manuel; Manero Alfert, Rogelio. Nomograma para estimar capacidad física de trabajo en mujeres trabajadoras cubanas de 17 a 40 años. *Cuba. hig. epidemiol*; 22(3):337-46.
21. M A Fitchett . Predictability of VO₂ max from submaximal cycle ergometer and bench stepping tests. *Br J Sports Med* 1985;19:85-88.
22. Keren, Epstein, Pure aerobic training on aerobic and anaerobic capacity, *Brit. J. Sports Med*;1981.
23. Carol Christensen, R. O. Ruhling, physical characteristics of novice and experienced women marathon runners, *Brit. J. Sports Med*;1983.
24. Watson, M.Sc., Dip. P.E, Kathleen Devenney, Maximal oxygen uptake and related functions in male and female athletes. *Br J Sports Med* 1972;(6)53-64.
25. Riboli A1, Emiliano C, Rampichini S, Venturelli M, Alberti G, Limonta E, Veicsteinas A, Esposito F., Comparison between continuous and discontinuous incremental treadmill test to assess the velocity at VO₂max.. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016.
26. Esco MR1, Flatt AA2, Nakamura FY3., Initial Weekly HRV Response is Related to the Prospective Change in VO₂max in Female Soccer Players: *Int J Sports Med*. 2016.
27. Nummela A1, Hynynen E1, Kaikkonen P2, Rusko H3. High-intensity endurance training increases nocturnal heart rate variability in sedentary participants., *Biol Sport*. 2016; 33(1):7-13.
28. Javier PP, Estudio comparativo de la fisiología del ejercicio en grupos de deportistas mexicanas de diferentes especialidades. *Inst Nal Enf Resp Mex*. 2001; 14(3):145-150.
29. Roels B, et al. Specificity of V'O₂MAX and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers *Br J :Sports Med*; 2005.
30. Edgar Lopategui corsino .YMCA [Internet]. 2016 [citado 13 May 2016]. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BWCiOnUw7qoJ:www.saludmed.com/Bienestar/Cap2/YMCA-T2.html+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>.
31. Pollice Jorge et al. Medida directa del consumo de oxígeno en la prueba cardiopulmonar del ejercicio comparada con la medición indirecta en ergonomía. *Fed Arg Cardiol*. 1998;(27): 207-213.
32. María GR, José AC y Reinaldo GU. Comportamiento del rendimiento aeróbico-anaeróbico en un grupo de jóvenes que practican natación. *Cubana Invest Biomed*. 1998;17(3):198-9.
33. José Gerardo Cardona Toro, Luís Fernando Jaramillo correa, William Ardila Urueña, equipo para la determinación del trabajo físico en humanos. *Pereira: Scientia et Technica* ; 2008.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO

HOJA PARA LA RECOLECCION DE DATOS ANTROPOMETRICOS.

Apellido y nombre			N°	
Fecha de evaluación		Edad	Sexo:	
Fecha de nacimiento			Menstruación	
Evaluador			Anotador	

MEDICIONES BÁSICAS

- 1 Peso corporal
- 2 Estatura:

	Toma 1	Toma 2	Promedio

DIÁMETROS (en centímetros)

- 3 Húmero
- 4 Fémur

PERÍMETROS (en centímetros)

- 5 Brazo relajado
- 6 Brazo flexionado
- 7 Cintura
- 8 Cadera
- 9 Pantorrilla

PLIEGUES (en milímetros)

- 10 Tríceps
- 11 Subescapular
- 12 Bíceps
- 13 Cresta ilíaca
- 14 Supraespinal
- 15 Abdominal
- 16 Pantorrilla medial

8.2 ANEXO

HOJA INDIVIDUAL DE CADA PARTICIPANTE PARA LA RECOLECCION DE DATOS DURANTE LA PRUEBA

PREDICCIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO

NOMBRE _____ EDAD _____ PESO _____ kg ALTURA DEL ASIENTO _____
 FECHA: _____ / _____ / _____
 Día Mes Año

FC MAX ESTIMADA _____
 O₂ MAX (L/min) _____ O₂ MAX (ml/kg/min) _____

PRUEBA	1ra CARGA FC	2da CARGA FC	3ra CARGA FC	CARGA MAX	O ₂ MAX (L/min)	O ₂ MAX (ml/kg/min)
PRUEBA 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PRUEBA 2	_____	_____	_____	_____	_____	_____
PRUEBA 3	_____	_____	_____	_____	_____	_____

DIRECCIONES

1. Marca en la gráfica la FC de las 2 cargas versus la potencia (kg/min).
2. Determina la línea de la FC máx del sujeto restando su edad de 220 y marca una línea a través de la gráfica hacia este valor.
3. Traza una línea a través de ambos puntos y extiéndela hasta la línea de la FC máx ajustada a la edad.
4. Baja una línea desde este punto hasta la línea de base y lee la carga ergométrica estimada y el consumo de O₂.

CARGA (kg/min)	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100
CONSUMO MAX O ₂	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,8	3,2	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0
KCAL UTILIZADAS (kcal/min)	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	14,0	16,0	17,5	19,0	21,0	23,0	25,0
NIVEL MET APPROX (32 lbs)	3,3	4,7	6,0	7,5	8,7	10,0	11,3	12,7	14,0	15,3	16,7	18,3	19,3	20,7
NIVEL MET APPROX (176 lbs)	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0

8.3 ANEXO

HOJA DE INFORMACION DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PRUEBA SUBMÁXIMA EN EL CICLOERGÓMETRO AL PARTICIPANTE.

1. Declaración para Participantes:

A fin de evaluar los efectos del ejercicio rítmico sobre la frecuencia cardíaca, presión arterial, presión del pulso, la capacidad cardiorrespiratoria, y predecir la capacidad funcional máxima; pongo a vuestra consideración lo siguiente:

2. Explicación de los Procedimientos de la Prueba:

Usted se someterá a una prueba en el cicloergómetro. La intensidad del ejercicio comenzará a un nivel que usted pueda desempeñar sin problemas y aumentará gradualmente. La prueba se detendrá cuando se alcance la frecuencia cardíaca máxima; si usted experimenta signos y síntomas de intolerancia al ejercicio o cuando usted así lo desee, debido a que experimente fatiga o molestia.

3. Riesgos y Molestias:

Es probable que durante la prueba y después de la misma ocurran cambios negativos, entre éstos: respuestas anormales en la presión arterial, mareos o desmayos, anomalías en el ritmo del corazón y, en muy raras ocasiones, un ataque al corazón. La presencia de un médico no será necesaria durante la prueba aunque siempre estará un médico. Sin embargo, el personal que administrará la prueba tomará todas las medidas preventivas a su alcance para reducir los riesgos de estas condiciones mediante la auto-administración al sujeto de un cuestionario de salud de su participación en la prueba y el análisis de estos datos.

4. Beneficios Esperados de la Prueba:

Los resultados obtenidos de la prueba nos ayudarán a evaluar científicamente su capacidad para el trabajo físico y servirán de ayuda a los estudiantes del curso, en cuanto a entender mejor los efectos de un ejercicio rítmico sobre variables cardiovasculares y la estimación del consumo de oxígeno máximo.

5. Preguntas/Dudas del Participante:

Deseo aclararle cualquier duda sobre los procedimientos utilizados en la prueba de ejercicio y en cualquier duda que surja de la lectura de esta hoja de consentimiento. Por eso exhortamos a que nos presenten sus preguntas.

6. Confidencialidad:

La información obtenida de esta prueba será tratada en forma confidencial y no será revelada sin el consentimiento escrito del participante. No obstante, la información será revelada y analizada por los estudiantes del curso.

7. Obligaciones del Sujeto:

Su autorización (los padres, en caso de menores) para que se someta a la prueba de ejercicio es voluntaria y puede negarla en cualquier momento sin temer perjuicio o penalidad de ninguna índole contra su persona.

8. Consentimiento/Relevo de Responsabilidad:

Certifico que he leído y comprendido lo escrito en esta hoja de consentimiento, incluyendo los procedimientos de la prueba, o que ha sido leído para mí y que mis preguntas han sido contestadas en forma satisfactoria. Por lo tanto, acepto mi participación en la prueba (si es menor, acepto la participación de mi hijo/a), y exonero de culpa al investigador y a la institución de cualquier en caso de eventualidad alguna.

NOMBRE DEL INVESTIGADOR

NOMBRE DEL PARTICIPANTE.

TESTIGO.

FECHA:

8.4 ANEXO

HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PRUEBA SUBMÁXIMA EN EL CICLOERGÓMETRO DECLARACIÓN DEL PARTICIPANTE:

A fin de evaluar la capacidad cardiorrespiratoria y predecir la capacidad funcional máxima, acepto voluntariamente someterme a una prueba submáxima en el cicloergómetro.

El *procedimiento de la prueba* a la cual me someteré, será desempeñado en el cicloergómetro a un pedaleo de 50 rev/min, con una carga ergométrica inicial de acuerdo a mi peso. Después, la carga se aumentará cada 3 minutos (o hasta que se alcance una frecuencia cardíaca de 170 ppm); hasta que se completen 3 etapas.

Entiendo que de tener síntomas, tales como: fatiga, sensación de falta de aire (respiración corta) o sensación rara en el pecho; debo informar al evaluador la decisión de detener la prueba. Mi pulso y presión arterial serán monitoreadas durante cada etapa del ejercicio.

Los *riesgos* de la prueba incluyen respuestas anormales en la presión arterial, cambios ocasionales en el ritmo cardíaco, muy rápido, muy lento o inefectivo, y como remota probabilidad un desmayo o ataque al corazón, habrá disponible un médico, una ambulancia y el contacto con un hospital.

Los *beneficios* de la prueba incluyen una evaluación cuantitativa de la máxima capacidad de trabajo, de la cual una prescripción diaria de entrenamiento será preparada.

El *derecho* de retirarse de la prueba en cualquier momento con impunidad y el derecho de no divulgar la información obtenida de la prueba sin previo consentimiento, será asegurado. Antes de firmar, puede hacer cualquier pregunta.

Consentimiento:

Certifico que he leído la declaración y he tenido la oportunidad de hacer cualquier pregunta, por tanto, doy mi consentimiento para proceder con la prueba submáxima en el Cicloergómetro.

Fecha: _____ **Firma:** _____

Participante

Testigo.

INVESTIGADOR:

8.5 ANEXO

HOJA DE INSTRUCCIONES GENERALES PARA LOS PARTICIPANTES ANTES DE SOMETERSE A LA PRUEBA.

1. Planifique presentarse en el laboratorio de ejercicio donde se realizará la prueba con un período de anterioridad de una hora u hora y media (1 a 1½).
2. Absténgase de fumar o por lo menos, no lo haga dos horas y media (2½) antes de la prueba.
3. No consuma grandes cantidades de comida ni ingiera café o bebidas que contengan cafeína (ejemplo: coca cola) por lo menos 2½ horas antes de la prueba, y por lo menos, dentro de una hora después de ésta.
4. No tome bebidas alcohólicas durante las 24 horas que preceden a la prueba.
5. Absténgase de una actividad física vigorosa dos horas antes de la prueba.
6. El día de la prueba, usted debe estar libre de cualquier enfermedad, síntoma peligroso y fiebre; por lo contrario, no debe realizar la prueba.
7. Para las pruebas matutinas, deberá desayunar dos horas y media antes de la prueba y comer liviano:
 - a. Tostada o galleta, con jalea, jugo, cereal.
 - b. Evite el consumo de grasas (mantequilla, tocineta,).
 - c. No tome leche ni otro producto lácteo (mantecado, crema, entre otras).
8. Si la prueba es por la tarde, deberá ingerir un almuerzo liviano tres horas antes de la misma. Una comida liviana puede ser considerada, por ejemplo, sopa con galleta, pollo o pavo sin grasa y atún.
9. Si usted es un paciente con alguna enfermedad cardiovascular bajo medicamentos, continúe tomándolos según fue prescrito por su médico.
10. Debe informar el uso de drogas: digitales (píldora del corazón), nitroglicerina, propranolol (Inderal) y diuréticos (píldoras de eliminar agua), ya que pueden interferir con la prueba. Favor de consultar a su médico.
11. Use o lleve con usted una vestimenta apropiada y zapatos cómodos. Se sugiere zapatillas especiales para caminar o correr (tenis). No se permite realizar la prueba con zapatillas, zapatos con tacos ni con pies descalzos:
 - a. Mujeres:

Deben traer o usar un brasier que ofrezca apoyo adecuado durante la prueba, blusas de encaje suelto con mangas cortas que abotonen por el frente y pantalones cortos (se aceptan pantalones de pijama). No debe de usarse ropa interior de una sola pieza o pantimedias.
 - b. Varones:

Deben traer pantalones cortos deportivos, bermuda o un par de pantalones livianos de entalle suelto. Se debe utilizar una camisa que permita ventilación.

NOTA. Adaptado de: *Exercise Electrocardiography: Practical Approach*. (p. 112), por E. K. Chung, 1979, Baltimore: The Williams and Wilkins Company. Copyright 1979 por The Williams and Wilkins Company.

8.6 ANEXO

HOJA DE RECOLECCIÓN GRUPAL DE DATOS.

EVALUADOR:

FECHA:

No ATLETA	APELLIDOS NOMBRES	FRECUENCIA CARDIACA MAXIMA (ppm)	POTENCIA ERGOMETRICA MAXIMA (watts*min)	Edad en años	Vo2max (mlO2*kg*min)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

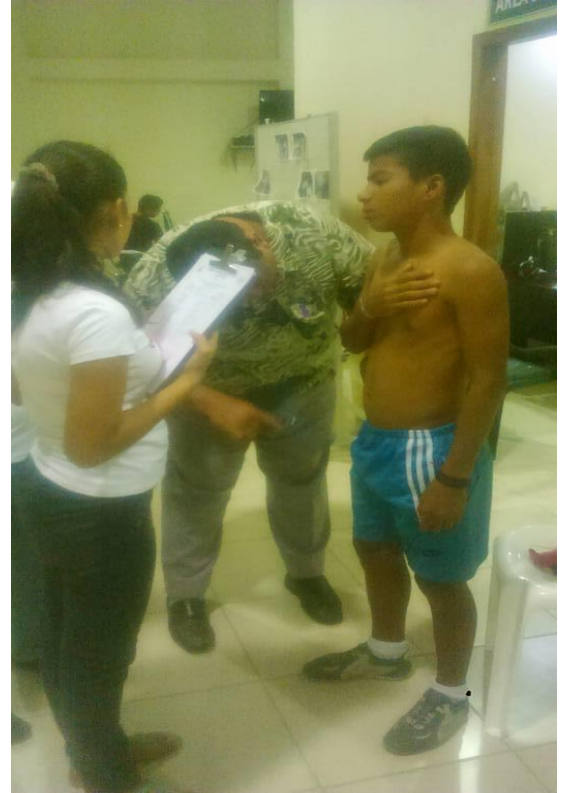
8.7 ANEXO

Materiales utilizados en el examen Físico



8.8 ANEXO

Antropometría a los participantes.



8.9 ANEXO

Examen físico a los Participantes, Tosagua, 2015.

