

Universidad FASTA
Facultad de Ciencias de la Educación
Licenciatura en Educación Física

Determinación del Vo_{2max} en un Grupo de Adultos que Practican Natación Recreativa en la
ciudad de Tres Arroyos

Alumno: Profesor Diego Alberto Miranda

Director de Tesis: Licenciado Ignacio Costa

Mar del Plata

Diciembre 2012

Trabajo final presentado para acceder al título de Licenciado en Educación Física, se autoriza su
publicación en el repositorio digital de la Universidad FASTA

Universidad FASTA. Mar del Plata. Gascón 3145 (7600). (0223) 4990463 www.ufasta.edu.ar

Dedicatoria:

A Luján que me apoyó en todo.

A mis padres que siempre me alentaron.

Agradecimientos:

- Lic. Ignacio Costa por sus aportes tan pertinentes y ayuda desinteresada.
- Lic. Fernando Rodríguez Facal, que desde que fui su alumno de Instituto supo marcar mi camino profesional.
- Cdor. Guillermo Salim por sus ayudas tan valiosas en Excel.
- Complejo Acuática S.A. por permitir utilizar sus instalaciones.
- A las traductoras Ana Smail que me ayudó con el francés. Verónica Lelouche y María Laura Urbietta que me ayudaron con el inglés.
- A todos mis alumnos que fueron mis conejillos de indias para la presente tesis.
- A todos mis maestros que iluminaron mi camino.

ANEXO 5 – Formulario
Publicación del Trabajo Final (Tesina de Graduación) en RI

El que suscribe Diego Alberto Miranda, alumno de la Licenciatura en Educación Física de la Universidad FASTA de la cohorte 2010; como autor del Trabajo Final (Tesina de Graduación) que se titula “Determinación del Vo₂max en un Grupo de Adultos que Practican Natación Recreativa en la ciudad de Tres Arroyos”.

Como autor de este trabajo, manifiesta su conformidad a que sea publicado (si la UFASTA lo considera conveniente) en el Repositorio Institucional de la Universidad FASTA, a los fines de hacer conocer la producción intelectual de sus claustros.

Ciudad de Tres Arroyos, 29 del mes de Noviembre del año 2012.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

Resumen	6
Introducción	7
Encuadre metodológico	8
Objetivos	11
Capítulo 1. Marco teórico o estado de la cuestión	12
1.1. Desarrollo	12
1.2. Técnica de Natación	14
1.3. Consumo máximo de oxígeno	20
1.4. Economía de movimiento	27
Capítulo 2. Materiales y métodos	30
2.1. Trabajo, población elegida	30
2.2. Test Elegidos	33
2.3. Protocolos de evaluación	35
2.3.1. Test de Lavoie	35
2.3.2. Test de 5 minutos	38
2.3.3. Test de 400 metros	40
2.3.4. Test de 1000 metros	41
Capítulo 3. Análisis de datos	43
Resultados	43
Capítulo 4. Conclusión	48
Referencias bibliográficas	51
Anexos	57

RESUMEN.

El presente trabajo se encuadra dentro de la realidad de un grupo de personas que practican Natación de forma recreativa en la ciudad de Tres Arroyos. El tema que rige la investigación de la tesis se basa en la determinación del Consumo máximo de oxígeno (Vo2 max) de los nadadores a través de pruebas indirectas¹, test máximo incremental de Lavoie realizadas en la piscina. Además se tomaron otros test en donde las variables fueron tiempo y distancia a máxima intensidad, estos fueron el Test de 5 minutos, Test de 400 metros y test de 1000 de nado continuo.

En total se evaluaron 8 nadadores recreativos, determinándose su consumo máximo de oxígeno (Vo2max) con el test de Lavoie, los tiempos en distancias fijas (400 y 1000 metros) y la distancia en tiempo fijo (5 minutos).

Se encontró una correlación entre la velocidad del test de Lavoie con la velocidad del test de 400m de $r = 0,93$ demostrando que este test puede ser usado para la determinación de la velocidad máxima aeróbica (VAM) y programar los entrenamientos con la misma utilizando diferentes porcentajes de intensidad en base a los resultados del test de 400 metros.

Palabras Clave: Vo2max, VAM, Tlim, Natación.

¹ Test directo: test en el cual se toman valores fisiológicos a través de maquinarias en forma directa.
Test indirecto: test en los cuales los valores fisiológicos son inferidos a través de formulas y cálculos.

INTRODUCCIÓN.

La presente tesis aborda la temática de la evaluación dentro de la Natación. Más específicamente la evaluación en forma indirecta a través de un test de campo, que consiste en nadar en varias etapas de dos minutos a una velocidad progresiva hasta el agotamiento para poder determinar el máximo consumo de oxígeno de los nadadores. Este protocolo se denomina test máximo incremental en natación y lo ideó Jean Marc Lavoie. Luego se tomaron otros test que fueron test de 5 minutos, 400 metros y 1000 metros nadados a máxima intensidad, para luego poder determinar la máxima velocidad aeróbica (VAM) y el tiempo límite (Tlim) correlacionando los resultados con el test de Lavoie.

Con la investigación se pretende encontrar la mejor correlación existente entre los resultados del test de Lavoie con alguno de los otros test tomados, para luego poder ser utilizados en la planificación de entrenamiento de una manera más práctica y personalizada a cada entrenado.

ENCUADRE METODOLÓGICO.

El presente trabajo se encuadra dentro de las ciencias del ejercicio, relacionando planificación del entrenamiento, fisiología del ejercicio y entrenamiento de Natación, sobre estos pilares se procedió a buscar antecedentes bibliográficos científicos que estuvieran en relación directa con los objetivos de la tesis (ver sección objetivos). De toda la bibliografía consultada, libros, artículos, páginas de internet, publicaciones internacionales no se encontraron antecedentes sobre una temática similar a la estudiada. Si, se han encontrado publicaciones internacionales que han servido de referencia para la profundización del tema, en las cuales se evaluaban los 400 m (González Haro, C., Galilea Ballarini, P., et al. 2005, Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A. et al 2004,) Vo₂max, Tlim, VAM (Sousa A., Figueiredo P., Keskinen, K. L. y col. 2011, Fernandes, R., Vilas-Boas, J. P. 2006, Fernandes, R. J., Billat, V. L. et al. 2005, Demarie, S., Sardella, F., Billat, V. et al. 2001, Billat, V., Sardella, F., Marini, C., et al. 1996, Lavoie, J. M., Leone, M., Bongbelé, J. 1988) Índice de Brazadas (Sanchez, J. A., Arellano, R. 2002, Desy, F., Warren, C. & Lavoie, J. M. 1995) por citar algunos. Todos estos trabajos de investigación se han centrado en evaluar atletas de rendimiento, ninguno se dedicó a atletas recreacionales y a correlacionar sus resultados con algún test.

En la actualidad la mayoría de los métodos de entrenamiento utilizados no se relacionan con parámetros fisiológicos medidos. Se sabe bien que el parámetro fisiológico para el entrenamiento de la resistencia es el máximo consumo de oxígeno (Vo₂max), para su valoración son necesarios aparatos de medición de gases o algún protocolo que se desarrolle en piscina como el test de Lavoie. Como en la Natación Argentina no es conocido ni es popular el test máximo incremental para determinarlo por su falta de practicidad en su aplicación ya que se necesitan, filmadora para analizar el índice de movimiento de brazos, audio con el ritmo de test y planilla de registro de datos, todo esto hace que su valoración se dificulte y enlentezca, además se debe tener en cuenta

que no se pueden evaluar a más de 3 sujetos en simultáneo porque aumenta la probabilidad de error en el registro de datos.

El entrenador y más específicamente el entrenador de nadadores recreacionales se encuentra ante la dificultad de poder estimar el consumo máximo de oxígeno (vo_{2max}) y tener un parámetro de referencia, en nuestro caso utilizamos la velocidad en m/s, para poder programar los entrenamientos de una manera más eficaz e individualizada pudiendo obtener resultados concretos y medibles.

Por esto es la elección del tema, ya que no habiéndose encontrado investigaciones que relacionaran directamente grupos de Natación recreativa y la determinación del Vo_{2max} , se decidió, tomar valores en el nado para poder determinarlo y poder hacer una devolución de las conclusiones a los entrenados.

La importancia de la presente tesis radica en 2 puntos importantes a demostrar y corroborar los cuales serían:

1. Demostrar que en Natación el test máximo incremental no es conocido y tiene una aplicación económica en cuanto a materiales, si bien no es muy práctico es de muy fácil aplicación y como se mencionó anteriormente el grupo de trabajo es recreativo, aquí radicaría otro punto destacado. También es importante mencionar que para la determinación del Vo_{2max} en el agua se utilizan analizadores de gases cosa que este protocolo no lo necesita o se evalúa al entrenamiento fuera del agua, en cicloergómetro o ergómetro, descartando el gesto específico de nado por realizarse en otro medio. Por lo tanto el presente trabajo sentaría un precedente sobre la temática.
2. Encontrar un test de tiempo fijo (5 minutos) o de distancia fija (400 y 1000 metros) que se correlacione directamente con el test de Lavoie y validarlo con la población estudiada. Para facilitar la programación del entrenamiento a través del test encontrado con más

correlación con el de Lavoie y obteniendo la VAM de cada nadador, trabajar la planificación del entrenamiento oxidativo.

OBJETIVOS.

Generales:

Evaluar a los nadadores con el protocolo de Lavoie y encontrar su Vo₂max. Una vez realizado esto, el valor obtenido se correlacionará con los otros test elegidos a saber, 400 m., 1000 m., 5 min. , para encontrar una mejor correlación entre los test usados.

Específicos:

Se pretende correlacionar estadísticamente los resultados de los tres test para encontrar un test de distancia fija o tiempo fijo de mayor practicidad y que sea directamente correlativo con el protocolo de Lavoie, para ayudar al entrenador en la evaluación del nado en estilo crol, permitiéndole luego planificar en base a los resultados obtenidos un entrenamiento individual y específico según el objetivo perseguido.

Pasos seguidos para poder cumplir los objetivos específicos:

- Definir el grupo de estudio.
- Tomar test máximo incremental de Lavoie.
- Tomar otros test.
- Establecer relaciones entre los resultados de los test.
- Elaborar conclusión.

CAPÍTULO 1

1.1. Desarrollo.

La presente tesis se centra en la evaluación del Consumo Máximo de oxígeno (vo₂max) en un grupo de 8 nadadores recreativos de la ciudad de Tres Arroyos utilizando un test de campo Lavoie.

Es necesario poder establecer algunas definiciones aclaratorias, cuando se habla de grupo recreativo de Natación se refiere así a una clasificación propuesta por el profesor Casas, A. (2006) (Ver tabla 1), en la que clasifica a los deportistas en desentrenados, principiantes, intermedio o recreativo y avanzado según el tiempo que llevan entrenándose.

Nivel Inicial	Características
Desentrenados	Son sujetos sedentarios que una vez iniciado el entrenamiento permanecen en esta categoría 2 a 3 meses.
Principiante	Con 3 a 6 meses de entrenamiento
Recreativo	Nivel intermedio de entrenamiento que permanecen en esta categoría de 6 hasta 14 meses de iniciado el mismo
Avanzado	Persona en la actividad por más de 14 meses ininterrumpidos de entrenamiento

Tabla 1. Clasificación del nivel del entrenamiento según en tiempo de permanencia en la actividad de forma ininterrumpida. Modificado de Casas, A. (2006).

Como se evaluó a sujetos nadadores debemos conceptualizar a la acción de nadar como moverse en el agua con una técnica que implique economía de movimientos, alta eficiencia en el avance y escaso consumo energético (Arsenio, O., Strnad, R., 1998). Dentro de los estilos de Natación conocidos se eligió Crol o Crawl para evaluar a los alumnos.

En el Crol, los nadadores utilizan una acción de brazos y un batido de piernas alternativo. Un ciclo completo de este estilo se compone de una acción completa del brazo derecho, una completa del brazo izquierdo y de un número variable de batidos de piernas (Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B., 2001). Ver figura 1.

Resulta importante para el trabajo conocer que la técnica "ideal", es decir el patrón básico de movimientos universalmente aceptados por el conocimiento científico, las bases teóricas y la experimentación práctica, no tendrá su exacto correlato en cada individuo. Es decir que surgirá una "técnica personal o estilo en combinación con las capacidades y condiciones individuales" (Grosser, M. & Neumaier A. 1986) o adaptada que habrá de sintetizar las capacidades físicas y neuromotoras de cada ejecutante y que responderá asimismo a la utilización de los elementos básicos fundamentales de la técnica descrita como "ideal"(Arsenio, O., Strnad, R., 1998) ya que ésta luego permitirá determinar un factor a desarrollar que es la economía de movimiento.

Situaciones como los cambios antropométricos, de estructura y composición muscular, de distribución de las grasas y aún los de índole psicológica servirán para el trazado de sensible y continuas adaptaciones en la técnica individual y muchas veces producirán la aparición de un segundo estilo, aún en edades deportivas avanzadas y hasta el cambio del estilo original por otro, que encarne de mejor forma el biotipo específico de ese momento deportivo particular de cada nadador (Arsenio, O., Strnad, R., 1998).

Para poder determinar algunos factores que influirán en el rendimiento se repasará la técnica ideal del estilo crol.

1.2. Técnica de Crol.

Para poder describir la técnica de crol dividiremos según el criterio utilizado por Arsenio, O., Strnad, R. (1998). Las fases del estilo en los siguientes apartados:

1. Posición del cuerpo
2. Movimiento de los brazos
3. Movimiento de las piernas
4. Respiración
5. Coordinación

1. Posición del cuerpo

El nadador hallará una menor resistencia y por consiguiente una mejor posición hidrodinámica cuando su cuerpo esté perfectamente alineado tanto en el plano horizontal como lateral durante el ciclo de movimientos propulsores y sus distintas coordinaciones (Arsenio, O., Strnad, R., 1998).

En determinados momentos de las diferentes coordinaciones la alineación corporal podrá verse parcialmente afectada, como por ejemplo, durante la respiración (al girar la cabeza), durante el movimiento de la tracción efectuada por sus brazos bajo el cuerpo y también durante el recobro de los brazos.

Sin embargo, ninguno de estos movimientos antes mencionados deberá alterar la alineación del cuerpo significativamente, ya que la cabeza debe mantenerse en una posición ligeramente en hiperextensión pero absolutamente natural y la respiración deberá realizarse por un simple giro sobre el eje longitudinal y nunca por extensión o elevación. La espalda deberá permanecer recta en lo posible y las piernas no deberán aumentar en demasía la amplitud del batido, al punto que

los pies se detengan al llegar cerca de la superficie en la fase ascendente y levemente desciendan sobre la línea del cuerpo en la fase descendente.

La cantidad de batidos de piernas por cada ciclo de brazos cambiará de acuerdo a factores tales como; flotabilidad, constitución física y ósteo-articular, técnica empleada y distancia a recorrer, siendo las coordinaciones más comunes de 2,4 y 6 ciclos de piernas por cada ciclo de brazos. (Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. 2001, Maglischo, E. 1992, Arsenio, O., Strnad, R., 1998)

2. Movimiento de los brazos

En la técnica de crol el movimiento de los brazos se podrá dividir en 4 momentos bien diferenciados y coordinados en una aceleración progresiva de la brazada.

Las etapas serán según Arsenio, O., Strnad, R., (1998):

- a) Entrada y toma
- b) Tracción
- c) Empuje o final
- d) Recuperación

a) Entrada y toma

La misma se realiza con la palma de la mano girada levemente en forma diagonal, el codo flexionado y elevado.

La mano se encontrará entrando ligeramente hacia adentro de la línea imaginaria del hombro.

Será imprescindible no cruzar demasiado la misma en su entrada procurando ofrecer la mínima resistencia frontal y por supuesto evitando movimientos laterales indeseados. Luego se produce una extensión hacia delante. Es importante que el nadador no empiece la tracción apenas

su mano entra en el agua a fin de no interrumpir la propulsión del otro brazo que está finalizando su tracción.

Al final de la extensión se procederá a la toma o agarre, en este momento la mano del nadador se desliza levemente hacia fuera de la línea imaginaria del hombro girando también la palma hacia fuera a fin de quedar en posición adecuada para aplicar una mayor fuerza de propulsión durante la próxima fase que es la de tracción.

b) Tracción

La tracción es un movimiento semicircular que sigue la acción del brazo luego de la toma o agarre, esta acción proseguirá hasta que el brazo del nadador complete el desplazamiento por debajo del cuerpo hasta sobrepasar levemente, su línea media. El brazo incrementará su flexión durante la tracción hasta lograr un ángulo de 90° aproximadamente hacia el fin del movimiento.

Es importante que durante el recorrido del brazo por debajo del cuerpo, el nadador no traccione exageradamente y sobrepase la línea media del cuerpo ya que lo llevará a desalinearse hacia un lateral.

c) Empuje o final

El empuje es la parte propulsiva final de la brazada y comienza con un cambio de la posición de la mano de adentro hacia fuera girándola en ésta dirección mientras el nadador desplaza afuera, arriba y atrás su brazo de manera rápida.

Es importante ésta aceleración final de la fase propulsiva de la brazada. El empuje finalizará cuando la mano del nadador pase a la altura del muslo extendiéndose casi completamente hacia atrás, aunque evitando la extensión total a fin de no provocar un movimiento arriba - abajo por la acción de la palma contra la superficie. (Arsenio, O., Strnad, R., 1998)

d) Recuperación

La recuperación o recobro debe ser lo más relajada posible, tiene una importancia sobre esta fase la movilidad articular y por supuesto, la técnica que posea el nadador. La recuperación comienza antes de que la mano salga del agua, cuando el codo se sitúa apenas sobre el agua en la fase final del empuje.

En este momento el nadador flexiona su antebrazo sobre el brazo para comenzar el movimiento de recuperación aérea del mismo.

Se puede decir que es fundamental esta pequeña superposición del final de la fase de empuje y el inicio de la recuperación, a fin de disminuir el esfuerzo muscular que se requiere para superar la inercia que empuja al brazo hacia atrás, reduciendo el brazo de resistencia del miembro superior, y para empezar a llevarlo de manera aérea hacia delante de una manera cómoda, técnicamente correcta y con el menor esfuerzo posible (economía de movimiento).

3. Movimiento de las piernas

El movimiento de las piernas en el estilo crol no puede ser sintetizado como un simple batido de arriba hacia abajo ya que existen componentes diagonales y laterales en su trayectoria. Sin embargo se puede hablar de dos fases una ascendente y otra descendente en los movimientos.

La fase propulsiva del batido es la descendente y en ella el movimiento comienza con una flexión de la cadera y una extensión de la rodilla, esta flexión se produce inmediatamente antes de que el pie llegue a su punto más alto en la fase ascendente, es decir cuando sobrepasa al cuerpo en su movimiento. (Arsenio, O., Strnad, R., 1998)

Es muy importante la flexibilidad y relajación de la articulación del tobillo en ambas fases del batido, a fin de lograr que el pie ataque al agua en un ángulo ideal que sería de 180° y luego se dirija hacia arriba completamente relajado, con la planta del pie paralela a la superficie.

En la fase de ascenso, deberá estar naturalmente extendida y por la acción del glúteo mayor será desplazada hacia arriba principalmente.

Los movimientos laterales de las piernas servirán para equilibrar al cuerpo y ayudarlo en sus movimientos de rotación, es por ello que las prácticas de batido no deben realizarse únicamente con tablas ya que con las mismas es altamente dificultoso realizar los batidos diagonales y laterales. (Arsenio, O., Strnad, R., 1998)

4. Respiración

El momento de mayor alteración de la posición hidrodinámica y en donde hay una disminución de la velocidad del cuerpo en el avance es durante la fase de respiración.

En la respiración, la coordinación consiste en el giro de la cabeza con el rolido del cuerpo.

La toma de aire debe hacerse por la boca a nivel de la superficie del agua. La inspiración se debe producir antes de que se complete la primera parte de la recuperación del brazo y la cabeza debería retornar a su posición durante la última de este movimiento.

La espiración se hará por boca y nariz luego del retorno de la cabeza a su posición.

5. Coordinaciones

La coordinación entre piernas y brazos estará influenciada por la relación de batidos existentes por cada ciclo de brazos pudiendo ser preferentemente 6 batidos de piernas por cada ciclo de brazos.

En los batidos de 6 tiempos el movimiento descendente de la pierna coincide con las acciones de tracción del brazo, mientras que la pierna contraria ejecuta al mismo tiempo un movimiento ascendente.

La coordinación del movimiento de la respiración y la importancia de la acción bilateral, se deberá tener en cuenta varios puntos para determinar qué frecuencia es la más adecuada, los ítems son los siguientes: a) Distancia a nadar, b) Estado físico y de entrenamiento del nadador; c) Edad, siendo lo más aconsejable un ritmo bilateral cada 3 brazadas. Según el nivel de competencia el ritmo respiratorio lo impone la prueba a nadar en el alto rendimiento.

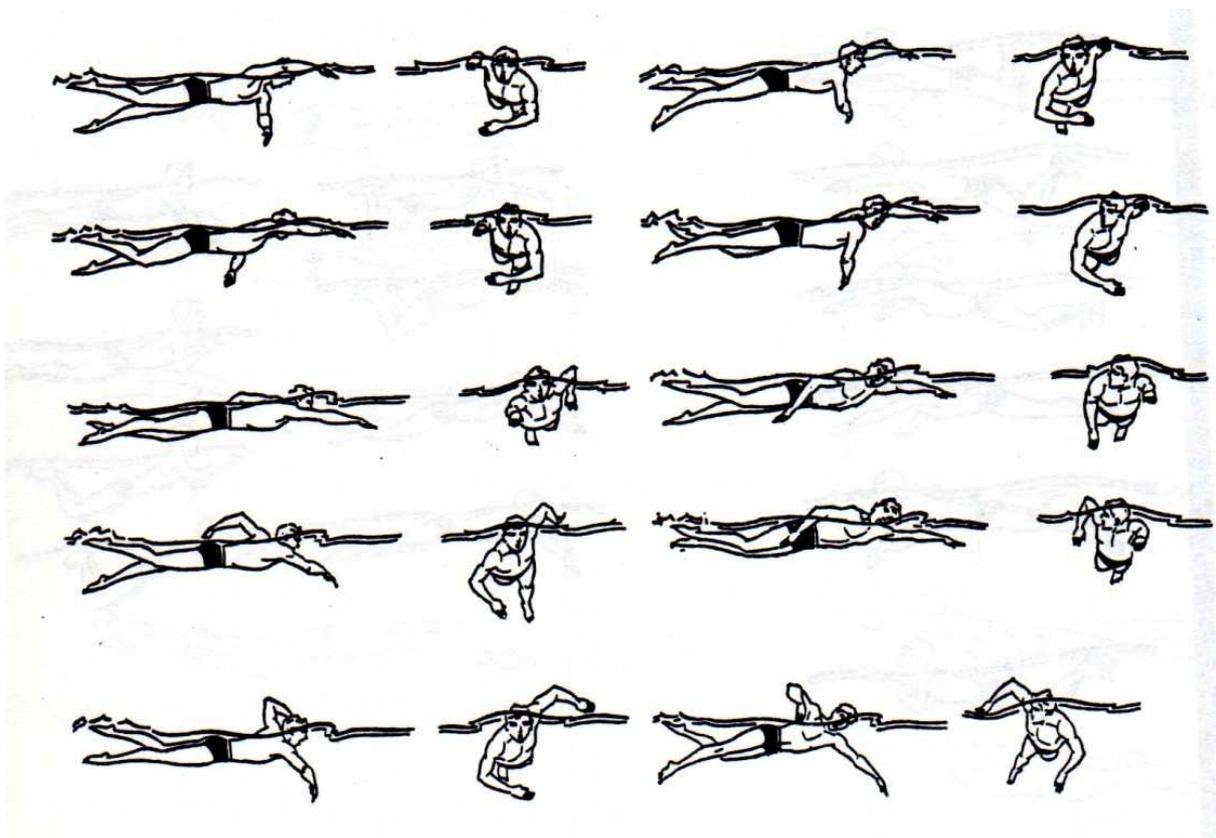


Fig. 1. Técnica de Crol o Crawl según Makarenko (tomado de Arsenio, O., Strnad, R., 1998)

1.3. Consumo de Oxígeno. (Vo₂)

Como se hizo con el estilo crol debemos sentar unas bases conceptuales sobre el consumo de oxígeno (Vo₂), consumo máximo de oxígeno (Vo₂max) y los factores limitantes del mismo para luego poder centrarnos en el trabajo realizado.

Se hace importante aclarar que se utiliza el término “consumo de oxígeno” Vo₂ para expresar un valor fisiológico que indica la mayor cantidad de oxígeno consumido por minuto por los músculos. (Billat, V. 2002).

Como consumo máximo de oxígeno (Vo₂max) se entiende:

Que es una medida para el aporte de oxígeno (respiración), el transporte de oxígeno (sistema cardiovascular) y utilización del oxígeno (célula muscular) en un organismo esforzado al máximo. (Zintl, F. 1991).

“La medición directa o la estimación indirecta de este parámetro permite la cuantificación del metabolismo energético ya que el oxígeno se utiliza como comburente en todas las combustiones que tienen lugar en las células y que permiten la transformación de energía química (que se encuentra en los enlaces químicos de los principios inmediatos nutricionales hidratos de carbono, lípidos y proteínas) en la energía mecánica (contracción muscular) y trabajo celular”. (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Según Billat, V. (2002) El consumo de oxígeno puede estar limitado en varios niveles por:

- La ventilación pulmonar
- La cantidad de hemoglobina transportada en sangre y del nivel de saturación de la hemoglobina por el oxígeno, que van a determinar el contenido arterial de oxígeno.
- El débito cardíaco, que depende del volumen de eyección sistólico y de la frecuencia cardíaca.

- La circulación periférica, que depende a su vez del flujo sanguíneo intracapilar, es decir, del número de capilares que rodean a cada fibra muscular, de la difusión del oxígeno de los capilares al interior de la fibra muscular y de la extracción del oxígeno del citoplasma hacia la mitocondria, en el interior de la célula muscular.
- El propio metabolismo en el interior de la mitocondria.

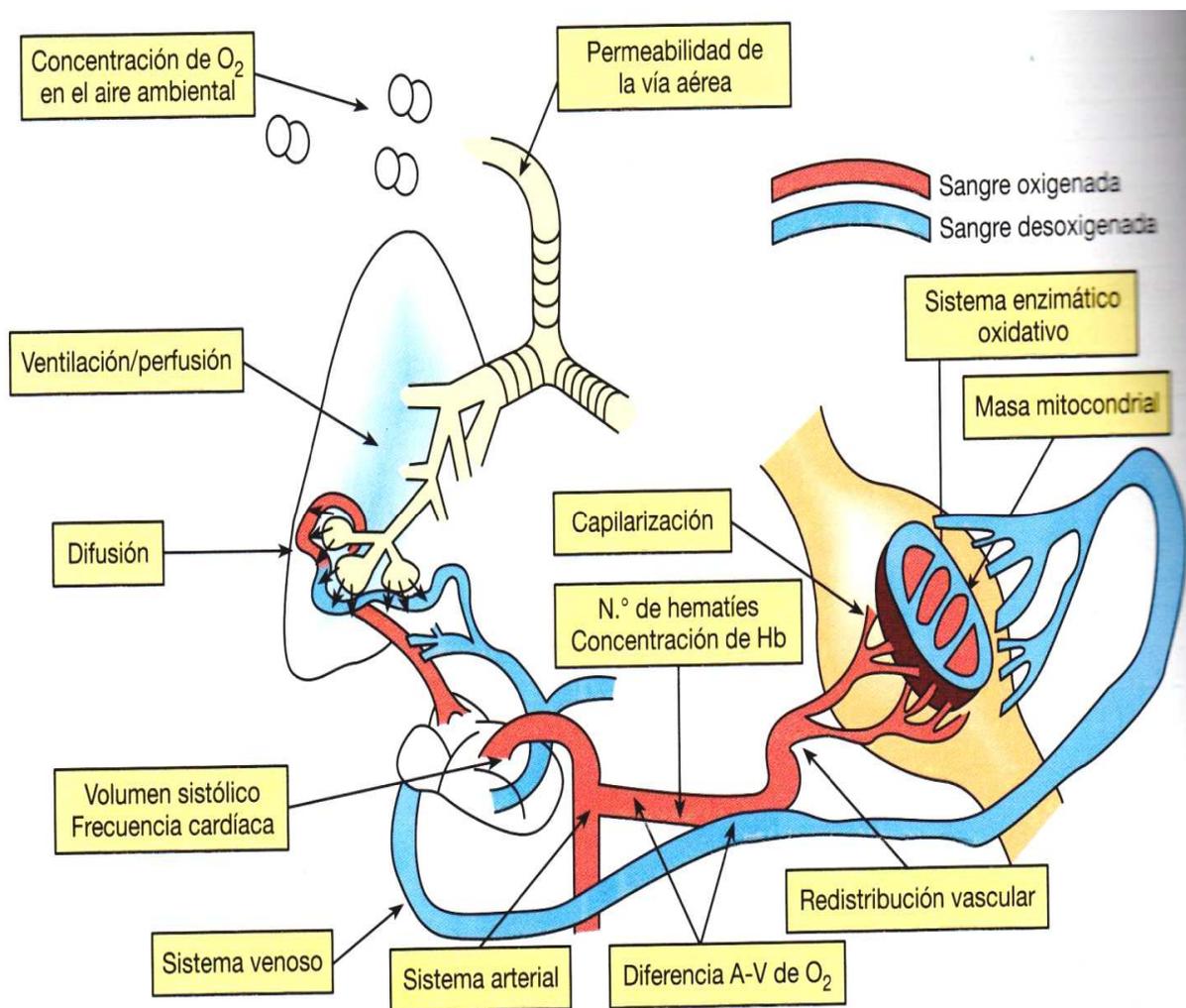


Fig. 2. Esquema de los factores que intervienen en el trayecto que ha de recorrer el oxígeno desde el exterior del organismo (aire ambiental) hasta su llegada a la mitocondria, donde se realiza la realización de los hidrogeniones (respiración celular). (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

El consumo de oxígeno (Vo_2) en reposo es parecido en el deportista especializado en competencias de Resistencia y en el no deportista 0,3 L/min. Pero, el valor máximo del consumo de oxígeno es, al menos, de dos a tres veces superior en el deportista de resistencia, sin embargo existen variaciones individuales que tienen que ver con la edad, morfología corporal, estado nutricional y la técnica deportiva que se representa en una economía de movimientos, así un deportista con técnica correcta tendrá mejor Vo_2 (ver apartado economía de movimiento). (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006, Billat, V. 2002).

Siguiendo con las definiciones aparece otro concepto muy importante, que es el de Resistencia, a la cual se la entiende siguiendo a Zintl (1991) como la capacidad de resistir psíquica y físicamente a una carga durante largo tiempo, produciéndose finalmente un cansancio (pérdida de rendimiento) insuperable, debido a la intensidad y duración de la misma y/o capacidad de recuperarse rápidamente después de esfuerzos físicos y psíquicos.

A partir de esta relación entre resistencia y fatiga (pérdida de rendimiento) aparece el concepto de recuperación como proceso que sucede después de interrumpir la actividad que ha causado la fatiga y que tiene el objetivo de restablecer los depósitos energéticos solicitados en la actividad. (Platonov, V., Bulatova, M., 1998).

Viene al caso recordar que la potencia de un sistema energético sea aeróbico, glucolítico o de los fosfatos (ATP-Pc) se relaciona con la máxima prestación del mismo en unidad de tiempo. Cuando un ejercicio de resistencia aeróbica, en el caso de esta tesis la Natación, es realizado se menciona la intensidad y esta tiene que ver con el porcentaje del máximo consumo de oxígeno ($\text{Vo}_{2\text{max}}$).

Se lo define al consumo máximo de oxígeno ($\text{Vo}_2 \text{ max}$), como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006). Pero, el factor limitante es la capacidad de utilizar el

oxígeno, ya que siempre la sangre venosa contiene oxígeno y la cantidad de oxígeno transportado es siempre superior a la cantidad de oxígeno utilizado, limitante es el tiempo que tiene el sistema para captar el oxígeno.

El oxígeno consumido en nuestras mitocondrias, puede ser el equivalente al oxígeno absorbido en nuestros alvéolos o puede quedar circulante porque no pudo ser utilizado en la combustión celular por lo antes dicho.

La función del sistema ventilatorio es permitir que la sangre reponga, a su paso por los capilares pulmonares, el oxígeno que le ha sido extraído en los capilares sanguíneos sistémicos. El VO₂max se expresa normalmente en cantidades absolutas (ml /min) o en cantidades relativas al peso corporal del sujeto (ml/kg/min). Según Zintl (1991) es más apropiado utilizar el máximo consumo oxígeno relativo expresado en (ml/kg/min) para la cuantificación de la capacidad de resistencia del sujeto.

El VO₂max es un parámetro indicador de la capacidad funcional de los individuos o de su potencia aeróbica. La variabilidad existente entre los diferentes sujetos es amplia y depende de diversos factores (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006, Billat, V. 2002, Zintl, F. 1991):

Dotación genética:

La herencia puede condicionar hasta un 70% del VO₂max (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Edad:

El VO₂max aumenta gradualmente desde el nacimiento. Los niños tienen un VO₂max elevado normalizado con respecto al peso corporal, alcanzándose un máximo en el período de los 18 a los 25 años de edad. A partir de esta edad, el VO₂max va disminuyendo gradualmente

(siempre y cuando no se continúe con un entrenamiento planificado con el objetivo de mantener los valores de $VO_2\max$). Existen datos para afirmar que se produce un descenso del 10% del $VO_2\max$ por década en varones y en mujeres independientemente del nivel de actividad física (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Hay diversos factores responsables de este declive, entre los que destacamos la pérdida de masa muscular, la disminución de la frecuencia cardíaca máxima y la reducción del volumen sanguíneo. (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Composición corporal:

El $VO_2\max$ depende especialmente del peso magro o libre de grasa, de manera que a mayor masa muscular, mayor será el $VO_2\max$.

Sexo:

El $VO_2\max$ presenta diferencias, siendo más elevado en los varones que en las mujeres. En estas diferencias parecen intervenir varios factores, entre los que se encuentran la composición corporal, factores de función cardiovascular, factores hormonales e incluso la menor concentración de hemoglobina que presentan las mujeres después de la pubertad. Cabe destacar tanto la importancia de la función cardíaca como de la función vascular. (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Grado de entrenamiento o acondicionamiento físico:

El entrenamiento físico puede inducir aumentos sustanciales en el valor de $VO_2\max$. Esto se observa a todos los niveles, llegando a experimentar importantes grados de mejora relativa desde los sujetos con discapacidades funcionales (cardiópatas) hasta los atletas de alto nivel (se pueden conseguir mejoras de hasta un 20%). Hay que tener en cuenta que las personas ya entrenadas experimentarán una mejora relativa menor, ya que la capacidad de adaptación del organismo entrenamiento es limitada (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

El Vo₂ max depende de la óptima relación entre todos los pasos que constituyen el transporte de oxígeno de los pulmones a los capilares. De todos los factores que determinan el consumo de oxígeno y que se modifican con el entrenamiento de resistencia, en este caso a través de la natación, el sistema cardiovascular parece el más adaptable, y dentro de esta, el volumen de eyección sistólico parece el más importante y el más sensible al entrenamiento (Billat, V. 2002).

Además sabemos cómo menciona Billat, V. (2002), desde de los trabajos de Hill (1927), que el Vo₂max es un factor muy importante aunque no determinante de rendimiento, ya que depende de muchos factores que exceden la presente investigación, en todas las pruebas de más de dos minutos. Este valor disminuye con la edad y a los 70 años es igual al 60% del que se poseía a los 20 años. Ver tabla N° 2 y N°3.

Tabla N°2. VALORES NORMALES DE Vo₂ (ml/kg/min)

Hombres sedentarios (20-40 años)	35-45
Mujeres sedentarias (20-40 años)	30-40
Esquí de Fondo varones	*94
Esquí de fondo mujeres	*75
Corredores varones	80
Ciclistas varones	74,3
Corredoras mujeres	65

*valores máximos. El resto son promedios (extraído de López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006).

Tabla N°3. Valores típicos de Vo2 max en atletas de elite (ml/kg/min)*

Tipo de evento	Varones	Mujeres
Deportes de Resistencia		
Carreras de largas distancias	75-80	65-70
Ciclismo por carretera	70-75	60-65
Natación	60-70	55-60
Remo	65-69	60-64
Deportes de Equipo		
Fútbol	50-57	-
Voleibol	55-60	48-52
Deportes de Combate		
Boxeo	60-65	-
Lucha libre	60-65	-
Deportes de Potencia		
200m	55-60	45-50
Salto en longitud	50-55	45-50
Lanzamiento de disco, lanzamiento de peso	40-45	35-40
Lanzamiento de jabalina	45-50	42-47

*Modificado de López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. (2006).

1.4. Economía de movimiento.

Para poder introducirnos en la economía de movimiento es necesario recordar qué es la técnica ya que están íntimamente relacionadas una con la otra. Citando a Meinel, K. & Schnabel G. (1988) ellos definen a la técnica como un procedimiento que conduce de una manera directa y económica a conseguir un alto resultado.

Como economía de movimiento podemos entender que el movimiento tenga un menor costo energético para su realización permitiendo un mayor rendimiento. (Platonov, V. L. 2001, Platonov, V. L. & Bulatova, M. J. 1998). No obstante la economía de las acciones técnicas no debe asociarse únicamente con el ahorro energético, sino más bien con la gestión de la energía, es decir la manera optima de emplear esa energía (Izquierdo, M. 2008) y esta manera de emplear la energía depende de características individuales, como la edad, sexo, experiencia deportiva, técnica correcta, estado nutricional y morfología corporal.

Un nadador lucha contra fuerzas que se oponen a su avance, el agua presenta una resistencia mucho mayor a los movimientos del nadador hacia delante debido a que es 1000 veces más densa que el aire (Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. 2001). La resistencia al avance del nadador tiene que ver con el patrón en el que fluye el agua alrededor del cuerpo y hay dos maneras en este fluir, uno es el flujo laminar y el otro es el turbulento. El tranquilo fluir de las moléculas del agua se denomina laminar mientras que la corriente interferida se denomina turbulento (Llana, S. 2002, Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. 2001, Maglischo, E. 1992).

El flujo laminar es el que presenta menor resistencia al avance debido a que las moléculas del agua se mueven en una misma dirección y a una velocidad uniforme (Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. 2001) cuando el flujo laminar se topa con el cuerpo del nadador, las

moléculas rebotan y se desordenan saliendo en todas direcciones. El agua arremolinada aumenta la presión delante del nadador en relación a la presión detrás de él donde el flujo es más laminar. Esta mayor presión según Maglischo (1991) es la que retiene el avance de los nadadores. Estos factores van en directa relación con las características y técnica individual del nadador. Con respecto a la técnica no se ampliará más, para ello remitirse al apartado de la técnica de crol, pero con respecto a las características individuales del nadador podemos destacar 3 factores según Costill, D. L. et al. (2001):

- Efecto de la forma: si el cuerpo adopta la forma de uso (estrecho en ambos extremos) producirá una mínima resistencia al arrastre.
- Efecto del espacio ocupado: la fuerza de arrastre a vencer se verá incrementada cuando el nadador ocupe mayor espacio en el agua, ya que interrumpirá mayor cantidad de moléculas de agua.
- Efecto de la velocidad de nado: utilizar una velocidad adecuada determinará un ahorro energético.

Dentro de los tipos de resistencia al arrastre podemos destacar a la resistencia de la forma que está ocasionada por la forma del cuerpo del nadador o la orientación del cuerpo del mismo en el agua. Otro tipo es la resistencia al avance por el oleaje producido, que está causado por las olas que produce el nadador y por último la resistencia de rozamiento que es debida al contacto entre la piel del nadador y las moléculas de agua (Llana, S. 2002, Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. 2001, Maglischo, E. 1992). Todo lo mencionado influirá en los resultados obtenidos en test de competencia y en los valores de vo_{2max} obtenidos en el test de Lavoie, para explicar esto me remito a Navarro Valdivielso, F. (1998) que detalla que un elevado consumo máximo de oxígeno no es una garantía de un buen resultado deportivo, ya que nadadores con el

mismo vo_{2max} tienen resultados diferentes, y viceversa: nadadores con capacidad aeróbica diferente obtienen los mismos resultados.

Con este apartado quedan explicadas las diferencias interindividuales entre los nadadores testeados y todos los factores que influyen dentro de la economía de movimiento, haciendo del mismo un factor decisivo y multifactorial a tener en cuenta en la evaluación y la posterior planificación del entrenamiento.

CAPÍTULO 2

2.1. Materiales y métodos.

Como grupo de estudio se eligió una muestra conformada de 8 alumnos adultos de los cuales seis son de sexo masculino y dos de sexo femenino que practican Natación en forma recreativa en la pileta de la ciudad de Tres Arroyos.

El grupo seleccionado presenta una media de edad de 32,6 años, realizan la actividad física antes dicha en 3 estímulos semanales de una duración de 50 minutos cada uno y llevan una antigüedad en el deporte de 2 años. Presentan un volumen medio de 1500 mts por sesión y dominan por lo menos 3 estilos de natación respetando diferencias individuales, ver tabla de datos de sujetos estudiados (tabla N°4).

Sujeto N°	Edad Años	Altura mts	Peso Kg.	Sexo
1	37	1,87	99	Masculino
2	30	1,81	94	Masculino
3	39	1,73	78	Masculino
4	37	1,86	97	Masculino
5	30	1,74	69	Masculino
6	32	1,80	76	Masculino
7	32	1,67	55	Femenino
8	29	1,59	49	Femenino
Media	33,25	1,75	77,125	
Desvío	3,84	0,09	18,92	
Estándar				

Tabla N°4. Características de los sujetos estudiados.

Se obtuvo el vo_{2max} en forma indirecta a través de un test incremental (Lavoie) en natación, también se tomaron diferentes test en los que la variable ha sido la distancia, test de 400 m. y 1000 m. y el tiempo test de cinco minutos, para poder correlacionar mejor los resultados y poder determinar la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM o VMA), también llamada velocidad asociada al consumo máximo de oxígeno (vVo_{2max}), que se la define como la velocidad menor que requiere el consumo máximo de oxígeno, es decir, la velocidad a que se inicia el límite máximo del Vo_2 y que está en relación con el Tiempo Límite ($Tlim$).

El tiempo Límite (Tlim) es “la duración en la que se puede sostener una dada intensidad de ejercicio” (Billat, V. 2002), además de poder establecer también la relación del Vo2 max y la mejora del rendimiento en Natación.

Como características comunes se tomaron la asistencia a las clases de Perfeccionamiento de Natación e Iniciación al Entrenamiento, la cantidad de días de nado y el interés de asistencia debido a mejora de salud, recreación o descarga de tensiones laborales e iniciación a la participación recreativa en aguas abiertas, este detalle último lo comparten todos y es una característica común.

Se eligió el protocolo de Lavoie que se encuentra dentro de los test de campo indirectos ya que no se cuenta en la ciudad con los instrumentos de medición de gases para una determinación directa del consumo de oxígeno, además de esto, por ser un grupo recreativo, cualquier otro protocolo llevaría más tiempo y requeriría que los entrenados se trasladasen a otro lugar y en otro horario diferente al del entrenamiento y de ellos mismos surgió que esto último sería imposible por sus obligaciones laborales y familiares, ya que no se dedican de lleno a la competencia de Natación.

Dentro de los diferentes tipos de test que se utilizan en la valoración del entrenamiento se encuentran los test de campo y los test de laboratorio. Dentro de los últimos son los que se realizan en lugares cerrados con condiciones controladas y alto nivel de reproductibilidad en cambio los de campo se realizan sobre el terreno de competencia y puede haber factores que limitan la reproductibilidad en las mismas condiciones un ejemplo sería el viento. A su vez estas pruebas se subdividen en directas e indirectas.

Denominamos pruebas de esfuerzo directas o test directos aquellos que miden el Vo2 y otras variables fisiológicas a través de analizadores de gases. Los test directos se llevan a cabo en laboratorio generalmente, pero, si se dispone de analizadores de gases portátiles se pueden

realizar en campo. Los test indirectos o pruebas de esfuerzo indirecto son aquellos diseñados para estimar el Vo_{2max} sin disponer de un analizador de gases respiratorios durante el esfuerzo, para permitir esto se basan en ecuaciones de predicción en donde las variables que se tienen en cuenta son la edad, el sexo, el tiempo de trabajo, la distancia recorrida, el número de brazadas en el test ejecutado, estas pruebas se pueden realizar en campo como en el laboratorio, siendo las últimas las que menos se utilizan. (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006, Billat, V. 2002).

Entre los requisitos mencionados por López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. (2006). para la realización de las pruebas para la medición del Vo_{2max} se pueden citar algunos:

- Valoración médica previa. Certificado de aptitud física para esfuerzos.
- Calibración con antelación del equipo a utilizar.
- Conocer y dar a conocer a los alumnos del protocolo de evaluación para evitar errores en la realización del test.
- Conocer los síntomas y signos visibles para determinar la detención del test.
- Entrada en calor mínima de 10 minutos.
- El lugar donde se realiza el test debe ser lo más tranquilo posible.
- Al finalizar el test debe haber una vuelta a la calma activa.
- Se le darán a conocer si es posible los resultados al alumno al finalizar la sesión.

2.2. Los test elegidos:

El test de Lavoie, que su protocolo se verá en la sección Protocolos, se utiliza para la estimación del consumo máximo de oxígeno, es un test indirecto de campo.

El test de cinco minutos de nado se eligió por estar directamente relacionado con el Tlim (tiempo Límite) ya que según Billat, V. (2002) se observa una gran variabilidad interindividual del tiempo límite al Vo2max, los tiempos van de 4 a 11 minutos, que se reparten ampliamente en la media de 6 minutos, encontrándose el grupo estudiado en el nivel medio (Ver tabla N°5).

Tiempo Limite (minutos)	Nivel de Rendimiento
0-3	Insuficiente
3-4	Muy malo
4-5	Malo
5-6	Medio (Recreativos)
8-9	Bueno
9-10	Muy Bueno
10-11	Excelente
>11	Alto Nivel o Alto Rendimiento

Tabla N°5. Valoración del tiempo límite que se puede soportar al 100% del Vo2max (Tomada y modificada de Billat, V. 2002.)

El test de 400 metros se eligió por ser una distancia asociada también al Tlim y a la VAM, ya que con más distancia y a mayor tiempo decrecen los valores de velocidad; pero también por ser una distancia competitiva a nivel mundial, también evaluada con mucha frecuencia en el grupo de natación y los alumnos están más habituados a la misma.

El test de 1000 metros se eligió por ser un determinante del umbral láctico o en el máximo estado estable de producción y remoción del lactato sanguíneo, o en el máximo estado estable funcional (López Chicharro, j., Fernández Vaquero, A. 2006, Billat, V. 2002, Navarro Valdivielso, F. 1998) y por ser una distancia habitual en el nado de aguas abiertas.

2.3. Protocolos.

2.3.1. Lavoie. Test Máximo Incremental En Natación.

Objetivo: Estima el VO₂máx. y la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM).

Clasificación: Prueba Máxima- Indirecta

Materiales:

-Piscina con carriles rompe olas. Temperatura ambiente: 30 +/- 2°C, Humedad: 64%,
Temperatura del agua 28°C.

-Reproductor de Mp3 con el audio del test.

-Conos en el borde de la pileta cada 5m.

-cronómetro y planilla para recolección de datos.

-Cámara Filmadora JVC modelo GR- DA30UA

Desarrollo:

Entrada en calor específica duración 10 minutos.

El test se iniciará con una señal sonora, momento en que se activará el ritmo del audio, el cual deberá ser seguido por el nadador. El evaluador caminará al costado de la piscina al ritmo sonoro, utilizando como referencia los conos y los nadadores seguirán el ritmo.

El evaluado deberá nadar estilo crol.

La prueba comenzará a una velocidad de 0,80m/s acelerándose en 0,05m/s, cada palier de 2 minutos de duración.

Cuando el sujeto no pueda mantener la velocidad del test, este se dará por finalizado.

Registrándose el último palier completo y el número de brazadas realizadas en los últimos 125m. (Lavoie J.M. et al, 1985; Lavoie J.M. & Montpetit R.R., 1986).

Resultados: Con los datos registrados: la cantidad de brazadas realizadas por el sujeto en los últimos 125m. o “índice de movimiento de los brazos” (IMB) y la velocidad alcanzada en el último palier completado se buscará el VO₂máx (ml/kg/min) en la tabla.

Comentarios: Este test permite establecer con cierta precisión la potencia aeróbica máxima (PMA) de los nadadores ($r=0,88$), en particular para velocidades de entre 0,80 m/s a 1,30 m/s, a velocidades mayores existe una sobrestimación de +11%.

Dado que esta evaluación estima el consumo máximo de oxígeno, la velocidad alcanzada en el último palier puede ser considerada como la velocidad aeróbica máxima (VAM). (Lavoie J.M. et al,1985).

Otro dato importante que se considera en esta prueba es el índice de movimientos de brazos (IMB) en relación al VO₂máx. lo cual se hace evidente frente al siguiente ejemplo: Dos deportistas que terminan el test en el mismo palier 5 (a una velocidad de 1,20m/s), pero uno de ellos con un IMB de 60 y el otro con un IMB de 90, tendrán un VO₂máx diferente. Si observamos la tabla veremos que el consumo máximo de oxígeno para el primero será 54,4ml/kg/min., mientras que para el segundo será de 58,1ml/kg/min. (Lavoie J.M. et al, 1985).

Paliers	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°
Velocidad	1.0 m/s	1.05 m/s	1.10 m/s	1.15 m/s	1.20 m/s	1.25 m/s	1.30 m/s	1.35 m/s	1.40 m/s	1.45 m/s
IMB 60	35.1	39.9	44.7	49.6	54.4	59.3	64.1	69.0	73.8	78.7
65	35.7	40.5	45.4	50.2	55.1	59.9	64.7	69.6	74.4	79.3
70	36.3	41.1	46.0	50.8	55.7	60.5	65.4	70.2	75.0	79.9
75	36.9	41.7	46.6	51.4	56.3	61.1	66.0	70.8	75.6	80.5
80	37.5	42.3	47.2	52.1	56.9	66.7	66.6	71.4	76.3	81.1
85	38.1	42.9	47.8	52.7	57.5	62.3	67.2	72.0	76.9	81.7
90	38.7	43.5	48.4	53.6	58.1	62.9	67.8	72.6	77.5	81.3
95	39.4	44.1	49.1	54.2	58.7	63.5	68.4	73.2	78.1	82.9
100	40.0	44.8	49.7	54.6	59.4	64.1	69.0	73.8	78.7	82.5
105	40.6	45.3	50.3	55.2	60.0	64.7	69.7	74.4	79.4	83.2
110	41.2	45.9	50.9	55.8	60.6	65.4	70.3	75.0	80.0	84.8
115	41.8	46.7	51.5	56.4	61.2	66.0	70.9	75.6	80.6	85.4
120	42.4	47.3	52.1	57.0	61.8	66.6	71.5	76.2	81.2	86.0

Tabla N°6. Tabla para la determinación del Vo2max. (Lavoie, J. M. 1985)

SUJETO	PALIER	Nº BRAZADAS
		En los últimos 125 m.
1	7-16	105
2	8-9	105
3	9-22	105
4	7-15	85
5	7-9	100
6	8-20	95
7	5-14	120
8	6-4	120

Tabla N°7. Resultados del test de Lavoie

2.3.2. Test de 5 minutos a la mayor intensidad posible.

Objetivo: estimar el Tiempo Límite (Tlim) y la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM).

Clasificación: Prueba Máxima- Indirecta

Materiales:

-Piscina con carriles rompe olas. Temperatura ambiente: 30 +/- 2°C, Humedad: 64%,

Temperatura del agua 28°C.

-cronómetro y planilla para recolección de datos.

-silbato modelo Fox 40

-Cámara Filmadora JVC modelo GR- DA30UA

Desarrollo:

Entrada en calor específica duración 10 minutos.

El test se iniciará con una señal sonora (silbato) y se pondrá en marcha el cronómetro, momento en el cual, el evaluado encontrándose dentro de la piscina deberá impulsarse para comenzar el test tratando de cubrir la mayor cantidad de metros en el tiempo dado.

El evaluado utilizará el estilo crol.

El test finaliza cuando se cumplen los 5 minutos y suena el silbato el nadador se debe detener en el lugar así el evaluador registra la distancia cubierta.

SUJETO	DISTANCIA (m)	Nº BRAZADAS promedio en los 25 m.
1	270	21,3
2	275	21,36
3	295	21,27
4	263	17
5	187,5	20,11
6	285	19,3
7	218	24
8	150	25

Tabla N°8. Resultados del test de 5 minutos.

2.3.3. Test de 400 metros.

Objetivo: estimar el Tiempo Límite (Tlim) y la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM).

Clasificación: Prueba Máxima- Indirecta

Materiales:

-Piscina con carriles rompe olas. Temperatura ambiente: 30 +/- 2°C, Humedad: 64%,
Temperatura del agua 28°C.

-cronómetro y planilla para recolección de datos.

-silbato modelo Fox 40

-Cámara Filmadora JVC modelo GR- DA30UA

Desarrollo:

Entrada en calor específica duración 10 minutos.

El test se iniciará con una señal sonora (silbato) y se pondrá en marcha el cronómetro, momento en el cual el evaluado encontrándose dentro de la piscina deberá impulsarse para comenzar el test tratando de cubrir los 400 metros en el menor tiempo posible.

El evaluado utilizara el estilo crol.

El test finaliza cuando se cumplen los 400 metros, el nadador se debe detener en el lugar así el evaluador registra el tiempo del test.

SUJETO	TIEMPO (min:seg)	Nº BRAZADAS
		promedio en los 25 m.
1	7:35	21,62
2	7:29	21,56
3	6:37	20,62
4	7:47	16,87
5	8:33	23,31
6	7:15	22,87
7	9:33	24,18
8	9:55	24,5

Tabla N°9. Resultados del test de 400 metros.

2.3.4. Test de 1000 metros:

Objetivo: estimar el estado estable funcional.

Clasificación: Prueba Máxima- Indirecta

Materiales:

-Piscina con carriles rompe olas. Temperatura ambiente: 30 +/- 2°C, Humedad: 64%,
Temperatura del agua 28°C.

-Cronómetro y planilla para recolección de datos.

-Silbato modelo Fox 40

-Cámara Filmadora JVC modelo GR- DA30UA

Desarrollo:

Entrada en calor específica duración 10 minutos.

El test se iniciará con una señal sonora (silbato) y se pondrá en marcha el cronometro, momento en el cual el evaluado encontrándose dentro de la piscina deberá impulsarse para comenzar el test tratando de cubrir los 1000 metros en el menor tiempo posible.

El evaluado utilizará el estilo crol.

El test finaliza cuando se cumplen los 1000 metros, el nadador se debe detener en el lugar así el evaluador registra el tiempo del test.

SUJETO	TIEMPO (min:seg)
1	21:57
2	22:17
3	20:22
4	20:55
5	24:21
6	22:20
7	27:00
8	29:00

Tabla N°10. Resultados del test de 1000 metros.

CAPÍTULO 3

Resultados.

Una vez tomados los test y obtenidos los resultados, lo que buscaba la presente tesis era encontrar un test, ya sea en un tiempo preestablecido (5 minutos) o sobre una distancia fija (400 y 1000 metros) que nadados a la máxima intensidad posible presentara una correlación con la velocidad de nado del test máximo incremental de Lavoie, permitiendo una vez obtenida esta correlación determinar la VAM o velocidad máxima aeróbica, para posteriormente realizar una programación del entrenamiento con porcentajes de la máxima velocidad aeróbica y teniendo en cuenta el tiempo límite (Tlim) de mantenimiento de la misma, (ver tabla N° 5).

La importancia de encontrar una correlación entre las velocidades del test de Lavoie con los demás test es de dar practicidad a la planificación del entrenamiento, para eso se debe tener en claro que es una correlación y que nos dicen sus valores.

Se puede definir el coeficiente de correlación de Pearson (r) como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación entre dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

La correlación indica la fuerza y la dirección de una relación lineal entre dos variables aleatorias. Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores homónimos de la otra: si tenemos dos variables (A y B) existe correlación si al aumentar los valores A los hacen también los de B y viceversa. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad. (Cordoba, S. G. 2011).

Las características de las correlaciones (r) son las siguientes:

- El valor del índice de correlación varía en el intervalo -1 a 1.

- Si r es igual a 1, existe una correlación positiva perfecta. Indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si r es mayor que 0 y menor a 1, es una correlación positiva.
- Si r es igual a 0 no existe relación lineal.
- Si r es mayor a -1 y menor a 0 es una correlación negativa.
- Si r es igual a -1, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: Cuando un valor aumenta el otro decrece y viceversa.
- Cuando el valor está más cerca de +1 o -1, más correlación hay (ver tabla N°11).

Valor	Correlación
Entre 1 y 0,8	Alta
0,5	Moderada
0,3 o menor	Baja

Tabla N°11. Valores de correlaciones

Una vez obtenidos todos los valores, se volcaron y fueron procesados a través de la hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para poder obtener que test fuera más indicado para la prescripción del entrenamiento y el cálculo de la VAM se correlacionaron los siguientes datos; se tomó del test de Lavoie la velocidad del último palier completo nadado como la variable independiente y como variables dependientes se tomaron para la correlación las velocidades de cada uno de los

test, 5 minutos, 400 y 1000 metros obteniéndose una r de 0,71; 0,93; 0,81 respectivamente (ver tabla N°13).

Sujeto N°	Lavoie Vo2 max (ml/kg/min)	5 min (m)	400 mts (min:seg)	1000 mts (min:seg)
1	50,3	270	7:35	21:57
2	55,2	275	7:29	22:17
3	60	295	6:37	20:22
4	47,8	263	7:47	20:55
5	49,7	187,5	8:33	24:21
6	54,2	285	7:15	22:20
7	46,6	218	9:33	27
8	42,9	150	9:55	29
Media	50,8375	242,9375	8:06	23:32
Ds	5,42	52,06	1:09	3:03

Tabla N°12. Resultados de los test de Lavoie, 5 minutos, 400 y 1000 metros. (Media=promedio, Ds= desvío estándar)

Sujeto Nº	Lavoie Vel. (m/s)	5 min (m/s)	400 mts (m/s)	1000 mts (m/s)
1	1,05	0,9	0,88	0,76
2	1,1	0,92	0,89	0,75
3	1,15	0,98	1,01	0,82
4	1,05	0,88	0,86	0,8
5	1,05	0,63	0,78	0,68
6	1,1	0,95	0,92	0,75
7	0,95	0,73	0,7	0,62
8	1	0,5	0,67	0,57
r		0,71	0,93	0,81

Tabla N°13. Tabla en donde se correlacionan las velocidades del test de Lavoie con las velocidades de los test de 5 minutos, 400 y 1000 metros. (r= Coeficiente de correlación Pearson).

Velocidad Lavoie	Velocidad 5 minutos	Velocidad 400 metros	Velocidad 1000 metros
r =	0,71	0,93	0,81

Tabla N°14. Correlaciones de los diferentes parámetros medidos en los distintos test.

De todos los cálculos realizados y los resultados obtenidos de las correlaciones entre las diferentes velocidades y la distancia cubierta se encontró que, si aumentaba la velocidad a la cual el sujeto nadaba en el test, aumentaba la distancia de nado existiendo una correlación positiva.

De los tres test tomados, 5 minutos, 400 y 1000 metros correlacionados con el test de Lavoie se encontró un valor más elevado de r en el test de 400 metros, cuando se correlacionó la

velocidad de Lavoie con la velocidad en los 400 metros se obtuvo una r de 0,93 (ver tabla N°14) determinándose que existía una alta correlación entre el test máximo incremental y la distancia de nado de 400 metros (ver tabla N°14).

Se concluye en base a los cálculos realizados, que la velocidad máxima aeróbica (VAM) al máximo consumo de oxígeno (Vo_{2max}) se puede obtener a través de una toma del test de 400 metros y se debe utilizar para la programación del entrenamiento en piscina, siendo una medida más eficaz y realizar el cálculo de porcentajes de la VAM para aplicarlos según el objetivo perseguido y respetando las características individuales se obtendrán resultados concretos.

CAPÍTULO 4

Conclusión:

El trabajo puede presentar algunos impedimentos a saber, como el grupo a trabajar que es heterogéneo en edades, funciones laborales, características corporales, sexo y técnica de Natación, por esto último se tomó de referencia algo observable que se necesita en el test de Lavoie que es la cantidad de brazadas dadas en cada largo de pileta de 25mts. Este es el largo de la piscina en la cual se desempeña la actividad y el valor fue establecido en que no superaran en ningún caso las 33 brazadas de promedio por pileta, ya que esos valores están asociados a otro grupo del mismo establecimiento pero en un nivel más bajo catalogado por la institución como grupo de enseñanza o iniciación y que presenta un volumen de nado promedio de 600mts y una cantidad de brazadas de 33 o más por largo de piscina. Además se tomó como variables que los nadadores utilizaran respiración bilateral en una frecuencia de 3x1, pudieran nadar 1000 mts sin detenerse y que superaran en todos los casos los 3 meses de actividad ininterrumpida.

Con respecto a la técnica de Natación como impedimento se recuerda que la misma es óptima y sugerida por la bibliografía de la especialidad y en este caso se respetaron las diferencias individuales de la misma (técnica) que depende de su experiencia previa en natación y los años de práctica. Es oportuno recordar que un nadador lucha con fuerzas opuestas a su desplazamiento en el agua. Esas fuerzas dependen de la forma del cuerpo en contacto con el agua y de las fuerzas de fricción agua/superficie del cuerpo y por último de la formación de olas. Todas estas cuestiones son las llamadas “fuerzas de resistencia del cuerpo en el agua”. La técnica de la natación y la morfología son claves en el éxito la natación (Billat, V. 2002).

El grupo estudiado presenta las características con las que se trabaja en la piscina y son más evidentes, estas son la práctica de Natación Recreativa por los nadadores estudiados y aquí radica

de nuevo la importancia de esta investigación ya que toda la bibliografía consultada (ver referencias bibliográficas), tratan con grupos de nadadores de Elite que se dedican solamente al entrenamiento, además se cuenta para su evaluación con instrumentos de última tecnología, cosa que en este caso no fue así.

Se llegó a la conclusión en base a los cálculos realizados que el test que más correlación tiene con el Vo_{2max} calculado a través del test máximo incremental de Lavoie fue el de 400 metros obteniéndose valores de r de 0,93 cuando se relacionaron las velocidades.

La utilización del test de 400 metros tiene mayor practicidad que el test de Lavoie ya que permite evaluar a más de 3 nadadores en simultáneo y con el tiempo obtenido en el test se calcula la velocidad de nado (VAM) y en base a esta se realizan los porcentajes de pasadas elegidos por el entrenador para el trabajo de la sesión. Al respetar de esta manera la individualidad de los nadadores, por ejemplo, que tengan que realizar series al 85% de la VAM en un tiempo determinado cubrirán diferentes distancias según su VAM, de esta manera todos perseguirán el mismo objetivo y los procesos fisiológicos solicitados se cumplirán en todos por igual.

Este trabajo pretende, dentro de sus limitaciones, centrar un precedente dentro de las investigaciones sobre la Evaluación en la Natación, ya que no se ha llegado a encontrar otra bibliografía que trabaje con deportistas recreativos en este deporte.

También la importancia de esta tesis radica en que determina con bastante precisión una o varias variables fisiológicas como lo son el Máximo Consumo de Oxígeno, el Tiempo Límite y la Velocidad Aeróbica Máxima en esta población deportiva. Estas variables permiten desarrollar un entrenamiento individualizado, permitiendo un seguimiento pormenorizado y garantizando un progreso acorde y con grandes posibilidades de efectividad partiendo de las evaluaciones realizadas para programar un entrenamiento óptimo del nadador evitando las aproximaciones o generalizaciones.

Por último se pretende que los entrenadores de natación a través de esta investigación conozcan los protocolos utilizados y puedan determinar la VAM en sus nadadores a través del test de 400 metros y utilicen los porcentajes de la velocidad de nado para la programación de los entrenos en piscina.

El trabajo no es concluyente, sino que deja las puertas abiertas para futuras investigaciones y actualizaciones constantes sobre la temática, pero sí sienta un precedente en evaluación en natación de deportistas recreativos.

Referencias bibliográficas.Artículos y publicaciones:

1. Bassett, D. R Jr. & Howley, E. T. (2004). *Factores Limitantes del Máximo Consumo de Oxígeno y determinantes del Rendimiento de Resistencia*. PubliCE (<http://www.sobrentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp>). Pid: 281
2. Billat, V., Sardella, F., Marini, C., et al. (1996). *A comparison of time to exhaustion at Vo₂max in elite cyclists, kayak paddlers, swimming and runners*. Ergonomics. Vol 39, nº2, 267-277
3. Casas, A. (2006). *Método fraccionado adaptativo*. UNLP
4. Cordoba, S. G. (2011). *Módulo 4 de Estadística aplicada*. Licenciatura de Educación Física. FASTA.
5. Dalleck, L.C., & Dalleck, A. M. (2009). *Lineamientos del ACSM sobre la intensidad del ejercicio para la aptitud cardiorrespiratoria: ¿por qué se utilizan incorrectamente?*. PubliCe (<http://www.sobrentrenamiento.com/Publice/home.asp>). Pid: 1087
6. Demarie, S., Sardella, F., Billat, V. y col. (2001). *The Vo₂ slow component in swimming*. European journal of applied physiology. 84 (1-2) :95-9
7. Desy, F., Warren, C. & Lavoie, J. M. (1995). *Relation vitesse, fréquence de cycle de bras et distance par cycle de bras en natation: Applications à l'entraînement*. STAPS: Sciences et techniques des activités physiques et sportives.
8. Fernandes, R. J., Billat, V. L. et al. (2005). *Has gender any effect on the relationship between time limit at vo₂ max velocity and swimming economy*. Journal of human movement studies. 49:127-148

9. Fernandes, R. J., Keskinen, K. L., Colaco, P. et al (2008). *Time limit at Vo2max velocity in elite crawl swimmers*. International journal of sport medicine. 29: 145-150
10. Fernandes, R., Vilas-Boas, J. P. (2006). *Tempo límite à intensidade mínima correspondente ao consumo máximo de oxígeno: novos desenvolvimentos num parámetro de recente investigacao em natacao*. Motricidade 2[4]:214-220
11. González Haro, C., Galilea Ballarini, P., Martínez, F., Padullés I Riu, J. (2005). *Validación de un test de natación, evaluando la velocidad aeróbica máxima (VAM) para calcular los ritmos de entrenamientos para triatletas y nadadores*. Recuperado de http://www.articulos-apunts.edittec.com/79/es/079_094-099ES.pdf
12. Harvey, J. A. *Análisis de cómo la Cinética del Consumo de Oxígeno Limita el Rendimiento Físico – Una Revisión*. (2011) PubliCE (<http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Home.asp>). Pid: 1373
13. Jones E Warren, J. E. (2003). *Consumo Máximo de Oxígeno: ¿Qué es? ¿Cómo se desarrolla?*. G-SE Standard. g-se.com/a/204/
14. Kohji Wa Ka Yoshi, Komei Ikuta, Takayoshi Yoshida, Masao Udo, Toshio Moritani, Yoshiteru Mutoh, Mitsumasa Miyashita. (2004). *Determinación y Validez de la Velocidad Crítica, como un Índice de Performance de Natación, en Nadadores Competitivos*. G-SE Standard. g-se.com/a/211
15. La Valle, L. (2004). *Revisión Bibliográfica sobre las Pruebas de Evaluación de la Potencia Aeróbica en Pruebas de Campo*. G-SE Standard. g-se.com/a/232/
16. Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A. et al (2004). *Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers*. Canadian society for exercise physiology.

17. Lavoie, J. M. & Montpetit R., R. (1986). *Applied physiology of swimming*. Sport medicine. 3: 168-189
18. Lavoie, J. M., Léger, L. A. et al (1985). *A maximal multi-stage swim test to determine the functional and maximal aerobic power of competitive swimmers*. Journal swimming research vol. 1 n° 2: 17-22
19. Lavoie, J. M., Leone, M., Bongbelé, J. (1988). *Functional maximal aerobic power and prediction of swimming performances*. Journal swimming research vol. 4 n° 4: 17-19
20. Leone, M., Lavoie, J. M., Bongbele, J. (1987). *Restrospection et prospective de l'évaluation de la puissance aerobie maximale en notation*. Staps: Revue des sciences et techniques des activités phyques et sportives. Vol. 8 N°15: 5 -16
21. Lima-Silva, A. E., Bertuzzi, R., Pires C. M., y col. (2010). *Relación Entre el Estado de Entrenamiento y la Máxima Tasa de Oxidación de Grasas*. PubliCE Standard. 12/04/2010. Pid: 1238
22. Llana, S. (2002). *Resistencia hidrodinámica en Natación*. <http://www.RendimientoDeportivo.com/N002/Artic010.htm>
23. Maglischo, E. W. (2012). *Training zones revisited*. Journal swimming research. vol 19:2
24. Riewald, S. (2004). *La Técnica de la Natación*. PubliCE Standard. (<http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCe/Home.asp>). Pid: 384.
25. Sanchez, J. A., Arellano, R. (2002). *Stroke index values according to level, gender, swimming style and event race distance*. Interanational Symposium on biomechanics in sports. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/issue/view/ISBS2002>
26. Schnitzler, C., Ernwein, V., Seifert, I., Chollet, D. (2007). *Comparison of spatio-temporal, metabolic, and psychometric responses in recreational and highly trained*

- swimmers during and after a 400-m freestyle swim.* International journal of sports medicine. 28: 164-171
27. Sousa A., Figueiredo P., Keskinen, K. L. y col. (2011). *Cinética Transitoria Off del VO₂ (VO₂ Off-Kinetics) durante una Prueba de Natación de Intensidad Extrema.* G-SE Standard. g-se.com/a/1360/
28. Sousa A., Figueiredo, P. et al. (2011). *Vo₂ off transient kinetics in extreme intensity swimming.* Journal of Sport Medicine.
29. Swain, D. P., Abernathy, K. S., et al(2008). *Frecuencias cardíacas objetivo para el desarrollo de la aptitud cardiorespiratoria.* PubliCe (<http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCe/Home.asp>). Pid:970
30. Tuimil, J. L. y Rodríguez, F. A. (2003). *La velocidad aeróbica máxima de carrera (VAM). Concepto, evaluación y entrenamiento.* RED: revista entrenamiento deportivo. Tomo 17, nº1, 31-36.
31. VanHeest, J. L & Mahoney C. E. (2004). *Adaptaciones características de nadadores de aguas abiertas de Élite.* PubliCe (<http://www.sobreentrenamiento.com/PubliCe/Home.asp>).
32. Vorontsov, A. R., Solomantin, V. R., Sidorov, N. N. (2005) *Capacidad Aeróbica y Anaeróbica de Nadadores Entrenados durante la Realización de Ejercicios Específicos y No Específicos en el Período Pre-Competitivo.* G-SE Standard. g-se.com/a/477/

Libros:

29. Arsenio, O., Strnad, R. (1998). *Natación 1. Manual de enseñanza y entrenamiento formativo técnico.* Buenos Aires. Instituto Bonaerense del Deporte.

30. Arsenio, O., Strnad, R. (1999). *Natación 2. La natación y su entrenamiento*. Buenos Aires. Instituto Bonaerense del Deporte.
31. Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. España: Ed. Paidotribo.
32. Córdova Martínez, A., Navas Cámara, F. (2000). *Fisiología del deportista*. Madrid: Ed. Gymnos.
33. Costill, D. L., Maglischo, E. W., Richardson, A. B. (2001). *NATACIÓN*. Barcelona: Ed. Hispano Europea.
34. García Manso, J. M., Navarro Valdivielso, M., Ruiz Caballero, J. A. (1996). *Planificación del entrenamiento deportivo*. Madrid: Ed. Gymnos
35. González, A. (2007). *Bases y principios del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Ed: Stadium.
36. Grosser, M. & Neumaier, A. (1986). *Técnicas de entrenamiento*. Barcelona: Ed. Martínez Roca.
37. Hegedüs, J. (2008). *Teoría y práctica del entrenamiento deportivo*. Buenos Aires: Ed. Stadium.
38. Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Ed. Medica panamericana
39. López Chicharro, J., Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
40. Maglischo, E. (1992). *Nadar más rápido. Tratado completo de natación*. Barcelona: Ed. Hispano Europea.
41. Meinel, K. & Schnabel, G. (1988). *Teoría del movimiento. Motricidad deportiva*. Buenos Aires: Ed. Stadium.

42. Navarro Valdivielso, F. (1995). *Hacia el dominio de la natación*. Madrid: Ed. Gymnos
43. Navarro Valdivielso, F. (1998). *La Resistencia*. Madrid: Ed. Gymnos
44. Peidro, R. (1996). *Medicina, ejercicio y deportes*. Buenos Aires: Ed: Centro editor de la Fundación Favalaro.
45. Platonov, V. (2001). *Teoría general del entrenamiento olímpico*. Barcelona: Ed. Paidotribo.
46. Platonov, V., Bulatova, M. (1998). *La preparación física*. Madrid: Ed. Paidotribo
47. Rodríguez Facal, F. (2011). *El entrenamiento deportivo en la niñez y la juventud*. Buenos Aires: Ed. Stadium.
48. Vasconcelos Raposo, A. (1996). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo*. España: Ed. Paidotribo.
49. Wilke, K., Madsen, O. (1990). *El entrenamiento del nadador juvenil*. Buenos Aires: Ed. Stadium.
50. Zintl, F. (1991). *Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. Barcelona: Ed. Martinez Roca.

ANEXOS:

NOMBRE/ FECHA	ESTADIO	FASE																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1																														
	2																														
	3																														
	4																														
	5																														
	6																														
	7																														
	8																														
NOMBRE/ FECHA	ESTADIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1																														
	2																														
	3																														
	4																														
	5																														
	6																														
	7																														
	8																														
NOMBRE/ FECHA	ESTADIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1																														
	2																														
	3																														
	4																														
	5																														
	6																														
	7																														
	8																														

Tabla N° 15. Modelo de planilla con la cual se registraron los valores del test de Lavoie.

	Promedio de	Distancia en	Promedio de	Tiempo en	Tiempo en
sujeto	brazadas	5 min	brazadas	400 mts	1000 mts
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Tabla N°16. Modelo de planilla utilizada para el registro de los datos de los test de 5 minutos, 400 y 1000 metros.