

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2018-2019

LPE SWIMMING INDEX COMO UNA HERRAMIENTA PARA EVALUAR
A LOS NADADORES Y OPTIMIZAR LA INFORMACIÓN

*LPE SWIMMING INDEX AS A TOOL TO EVALUATE SWIMMERS AND OPTIMITATE THE
INFORMATION*

Autor: Andrés Sánchez García

Tutor: Alfonso Salguero del Valle

Fecha: 08/07/2019

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

RESUMEN

El presente estudio propone una herramienta, el LPE Swimming Index para estandarizar la valoración y el tratamiento de la información de los nadadores de la forma más óptima posible y que se pueda compartir entre equipos.

Dicha herramienta se basa en la valoración de la resistencia aeróbica mediante el *Test de Velocidad Crítica de Nado*, comprobando que los nadadores puedan realizar un test de nado continuo de 30 minutos a la velocidad crítica obtenida en el primer test. Se valora la Percepción de Esfuerzo Subjetivo en todas las pruebas y se ve el nivel del nadador en cuestión en función del nivel nacional. Además, se realiza una evaluación técnica para obtener el mayor rendimiento posible mejorando dichas variables. Esto se puede observar en un gráfico en pentágono para conocer rápidamente a los nadadores y como se encuentran en el momento que se realizan los test. También se observa la evaluación técnica en sus respectivas gráficas.

Toda la información va acompañada de un informe técnico que analiza los datos del nadador en cuestión. Para ello se realizaron todas las pruebas en un grupo de entrenamiento de 7 nadadores junior, con diferentes especialidades y niveles. Los datos obtenidos se analizaron mediante el LPE Swimming Index, así como la elaboración del informe. Esta herramienta puede servir para clasificar y comparar a los nadadores de los diferentes equipos.

Palabras clave: natación, valoración de la condición física, evaluación técnica, velocidad crítica.

ABSTRACT

The present study proposes a tool, the LPE Swimming Index to standardise the assessment and treatment of the information of swimmers in the most optimal way possible and shareable between teams.

This tool is based on the assessment of aerobic endurance through the critical swim speed test, checking that swimmers can perform a continuous swim test of 30 minutes at the critical speed obtained in the first test. The Perception of Subjective Effort is assessed in all the tests and the swimmer level checked according to the national level. In addition, a technical evaluation is carried out to obtain the highest performance improving these variables. This

analysis can be seen in a pentagon graphic to know quickly the swimmers and how they are at the time of the tests. The technical evaluation is also observed in their respective graphics.

All information is accompanied by a technical report that analyses the data of the swimmer. For this, all the tests were carried out in a training group of 7 junior swimmers, with different specialties and levels. The data obtained were analysed through the LPE Swimming Index, as well as the preparation of the report. This tool can be used to classify and compare the swimmers of different teams.

Key Words: *swimming, assesment of physical condition, technique evaluation, critical speed*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Justificación.....	6
2. CONTEXTUALIZACIÓN.....	6
2.1 Valoración de la condición física	7
2.2 Evaluación técnica	11
2.3 LPE Swimming Index	13
3. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS.....	14
4. METODOLOGÍA.....	16
4.1 Muestra	16
4.2 Protocolo y procedimiento	16
4.3 Materiales e instrumentos	19
4.4 Análisis estadístico.....	19
5. RESULTADOS	20
5.1. Generales.....	20
5.2. En función del sexo y especialidad.....	24
5.3. LPE Swimming Index	27
6. DISCUSIÓN	33
7. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS	35
8. VALORACIÓN PERSONAL.....	36
9. BIBLIOGRAFÍA	38
10. ANEXOS	42
ANEXO 1 LPE Swimming Index de un deportista a modo de ejemplo.....	42
ANEXO 2 Consentimiento e información.....	45
ANEXO 3. Hoja de datos del deportista	46
ANEXO 4. Escala de Percepción de Esfuerzo Subjetivo Foster et al (2001)	47
ANEXO 5. Análisis descriptivo de los Índices de Eficacia.....	48

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Vn: Velocidad de Nado

FC: Frecuencia de Ciclo

LC: Longitud de Ciclo

IC: Índice de Ciclo

IE1: Índice de Eficacia 1

IE3: Índice de Eficacia 3

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Determinación de velocidad crítica de nado (Wakayoshi, 1992).....	8
Figura 2. Velocidades y concentración de ácido láctico en los <i>Test de 30'</i> y 60 minutos en relación con la velocidad de nado a 4 mmol/l obtenida del test de 2x400 (Olbrecht, et al 1985).	10
Figura 3. Relación entre la concentración de ácido láctico y la velocidad e nado en el test de 30 minutos a velocidad de nado continua del 95-105% de la velocidad a 4 mmol/l obtenida del test de 2x400 (Olbrecht, et al 1985).....	10
Figura 4. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC de los 400 metros.	21
Figura 5. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC en los 200 metros.	21
Figura 6. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC en el <i>Test de 30'</i>	22
Figura 7. Gráfica de las medias de los índices de eficiencia y eficacia en los 400, 200 metros y 30 minutos.....	22
Figura 8. Gráfico del porcentaje de tiempo nadado a velocidad crítica.	24
Figura 9. Gráfico IC por especialidad en el <i>Test de 30'</i>	26
Figura 10. Curva de la media de IE1 por especialidad en el <i>Test de 30'</i>	26
Figura 11. Curva de la media de IE3 por especialidad en el <i>Test de 30'</i>	27
Figura 12. Ejemplo de ritmos de entrenamiento en relación a la V. crítica, herramienta de Oca (2013).....	27
Figura 13. Pentágono que valora los parámetros respectivos a la valoración de la condición física, estado de forma, Percepción Subjetiva del Esfuerzo y Nivel Nacional del deportista. Siendo V1 el porcentaje de la mejor marca personal en el 400, V2 el porcentaje de la mejor marca personal en el 200, V3 el porcentaje de tiempo nadado a la velocidad crítica de nado, V4 la media de la Percepción de Esfuerzo Subjetivo en todas las pruebas y V5 el porcentaje	

de su mejor marca en su mejor prueba con la mejor marca nacional de su edad. Gráfico de superficie..... 28

Figura 14. Visión de los datos generales de los test y del Pentágono de valoración del LPE Swimming Index, junto con la explicación del V2 a modo de ejemplo..... 29

Figura 15. Eficacia y Eficiencia..... 30

Figura 16. Ejemplo de representación gráfica de los parámetros obtenidos a través de LPE Swimming Index..... 31

Figura 17. Representación gráfica comparativa de la eficiencia y eficacia del grupo de entrenamiento. 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables técnicas analizadas..... 11

Tabla 2. Contribución de los metabolismos en las pruebas de natación (adaptado de Maglischo, 2003)..... 14

Tabla 3. Parámetros evaluados y sus fórmulas. 18

Tabla 4. Mínimo, máximo, media y desviación estándar de los resultados de los test. 20

Tabla 5. Media del índice de ciclo de todos los parciales de los 400, 200 metros y 30 minutos. 23

Tabla 6. Comparación de la media de IC por sexos en las 3 pruebas. 25

Tabla 7. Comparación de la media del tiempo de 400, 200 metros y el *Test de 30'* por especialidad. 25

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El presente trabajo de fin de máster tiene como finalidad la elaboración de una herramienta que permita a los entrenadores valorar y clasificar a sus nadadores en función de tres ámbitos, eficacia de nado, rendimiento y nivel del nadador en función de la prueba, para ello se basa en diferentes parámetros que serán comentados a lo largo del presente documento. De esta forma los equipos pueden saber en mayor profundidad como son los nadadores que conforman sus plantillas. Así dispondrán de una base de datos actualizable en cualquier momento. Dicha herramienta, la cual se ha denominado LPE (Level, Performance, Efficacy) Swimming Index, en español Índice de Nivel, Rendimiento y Eficacia en Natación, es una hoja de cálculo que puede ser de gran utilidad para los entrenadores, a partir de la cual se elaborará un informe para mejorar el rendimiento de los nadadores.

La necesidad de desarrollar una herramienta de este tipo se corresponde con la integración de la valoración física, la evaluación técnica, ubicando al nadador evaluado en un nivel competitivo. De esta forma si el club lo deseara podría observar el nivel y las características de un nadador en lo referido a la resistencia aeróbica. Todo esto visto desde las tres perspectivas que le dan nombre a la herramienta.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

La evaluación, valoración y el control de los deportistas es un campo que todos los equipos deportivos tienen que tratar debido a su importancia. Para ello en la natación como en otros deportes se toman datos de los diferentes parámetros que permiten a los nadadores obtener un mayor rendimiento. Estos datos son utilizados para mejorar tanto las capacidades físicas como las habilidades técnicas de nuestros deportistas. Con el objetivo de mejorar una programación adecuada de los entrenamientos, el análisis de datos ha adquirido una especial relevancia en ámbito deportivo en busca del mayor rendimiento posible.

Así las valoraciones que realizamos nos permiten conocer el estado del deportista y saber si los entrenamientos que realizados están teniendo el efecto deseado. Gracias a estos datos se puede planificar de una forma u otra para la consecución de los objetivos establecidos por el deportista y el entrenador. Por ello, es muy relevante medir los componentes que integran los tiempos obtenidos en la competición y en los entrenamientos para poder tomar las decisiones adecuadas que lleven a una mejora. Por estas razones es esencial evaluar para

conseguir los objetivos individuales de cada nadador, sin olvidar que la valoración debe ser constante para poder conocer el progreso de nuestros deportistas y desarrollar adecuadamente las sesiones de entrenamiento (Navarro, Oca & Castañón, 2003).

Estos datos no solo tienen que tenerlos en cuenta los entrenadores, además los nadadores deben implicarse en el proceso y conocer sus propios datos para entender por qué están trabajando. Si nos centramos en el aspecto de la evaluación técnica los deportistas tienen que ser conscientes de la importancia de nadar con una técnica adecuada no solo en competición sino también en los entrenamientos, para ello tienen que participar en el proceso de mejora y consolidación de su técnica para conseguir que sea lo más efectiva posible. Por ello el nadador debe conocer perfectamente los modelos técnicos (Arellano, 2010).

Por todo ello, surge la idea de LPE Swimming Index, para poder tener un conocimiento integrado de nuestros nadadores de una forma sencilla y eficaz a la hora realizar los entrenamientos; pero antes de presentar esta nueva herramienta, creemos necesario llevar a cabo una fundamentación teórica de todos aquellos conceptos y procedimientos que van a ser abordados a lo largo del presente Trabajo Fin de Máster.

2.1 Valoración de la condición física

Dada la importancia de la valoración física se han desarrollado diferentes pruebas y test para poder medir las diferentes capacidades físicas. En este caso nos vamos a centrar en la valoración de la resistencia aeróbica. Con dicho objetivo se han elaborado diferentes métodos para controlar la velocidad de nado a la que deben entrenar los nadadores para mejorar la eficacia de los entrenamientos de la resistencia aeróbica. La mayoría de métodos se basan en la concentración de lactato, la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno y la velocidad de nado, todos ellos nos aportan información valiosa, aunque algunos tienen inconvenientes (Oca, 2013).

2.1.1 Test de Velocidad Crítica de Nado

Uno de los parámetros utilizados para valorar la resistencia aeróbica de los nadadores es la velocidad crítica de nado, definida por Wakayoshi (1992) como: la velocidad que teóricamente puede ser mantenida durante un largo periodo de tiempo de nado sin producir extenuación.

Este concepto según cita Ginn (1993) surge a partir del trabajo realizado por Monod y Sherre (1965) en el cual desarrollaron el concepto de potencia crítica, lo definieron como la intensidad de un ejercicio que puede ser mantenida durante un periodo largo de tiempo, pero sin producir extenuación. La potencia crítica teóricamente representa la mayor potencia que podría ser sostenida sin fatiga, y cuya energía se obtiene preferiblemente del metabolismo aeróbico, por

lo que es un buen índice de rendimiento en esfuerzos de larga duración (Vandewalle, et al, 1977).

La elección de la velocidad crítica y su consecuente test como parámetro para valorar y prescribir entrenamiento a los nadadores es debido a que es un método sin costes de equipamiento o material, no es un método invasivo como lo pueden ser otros test, para los deportistas jóvenes puede ser más llamativo y no conlleva un protocolo excesivamente largo (Wakayoshi, 1992; Oca, 2013). Además, dicho test ha demostrado ser una herramienta útil a la hora de prescribir entrenamiento por zonas, estableciendo la velocidad de nado (Dekerle, 2006; Sánchez y Salguero, 2016), mediante el cual se obtienen mejoras en la eficiencia del sistema aeróbico a la hora de reducir la concentración de lactato (Machado, et al, 2011).

Para la realización del *Test de Velocidad de Crítica de Nado* los estudios nos indican que con dos distancias a realizar es suficiente para obtener datos fiables, las distancias más indicadas son 200 y 400 metros, respecto a 50, 100, 800, 1500 (Vinicius, et al, 2009; Zacca & Castro, 2009; Zacca & Castro, 2010). Una vez obtenido ambos tiempos, podemos determinar la velocidad crítica de nado. Para ello, se representa en un sistema de coordenadas los tiempos realizados en cada una de las distancias en el eje de abscisas y las distancias correspondientes en el eje de coordenadas. Posteriormente se muestra la ecuación de regresión de la recta definida, así la velocidad crítica será la pendiente de dicha recta, figura 1 (Wakayoshi, 1992).

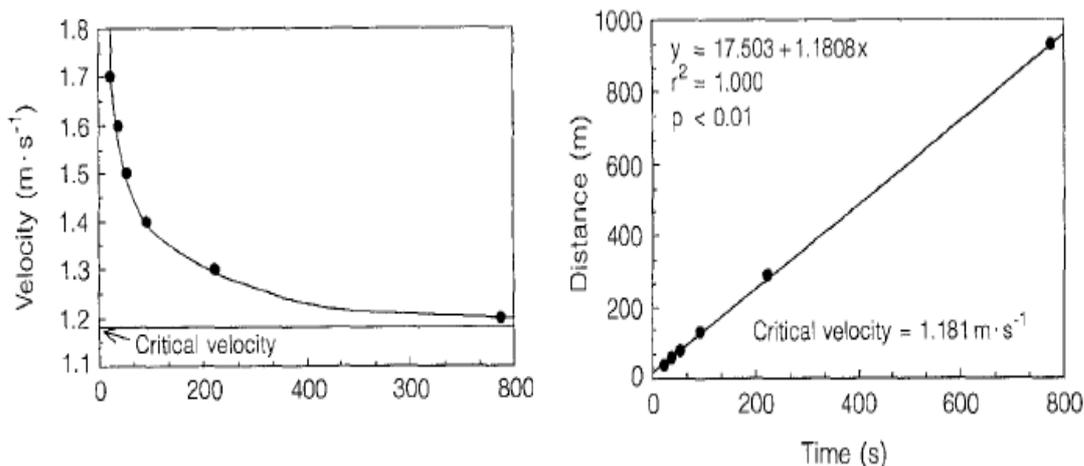


Figura 1. Determinación de velocidad crítica de nado (Wakayoshi, 1992).

Para poder calcular la velocidad crítica utilizamos la siguiente formula:

$CS = (DM - Dm) / (TM - Tm)$ donde, "CS" es VCN, "DM" es la distancia mayor realizada, "Dm" es la distancia menor, "TM" es el tiempo obtenido en la distancia mayor y "Tm" es el tiempo realizado en la distancia menor (Ginn, 1993; Wakayoshi, 1992).

A la hora de plantear si este test es válido para nadadores jóvenes hay una variedad de opiniones estableciendo que se necesitan más estudios, en cuanto a las distancias algunos

recomiendan utilizar la distancia de 50 metros para los más jóvenes, para que no se les haga muy tedioso, aunque es cierto que otros autores determinan que cuanto menor sean las distancias es más probable que la velocidad crítica sea sobreestimada pero si es muy la distancia es muy larga puede perder atractivo y desmotivación hacia los más jóvenes. En términos generales todos coinciden en que este test es válido para valorar la capacidad aeróbica en los nadadores jóvenes (Hill, Steward & Lane, 1995; Dekerle, Sidney, Hespel & Pelayo, 2002; Greco & Denadai, 2005; Zacca & Castro, 2010; Sousa, Vilas-Boas & Fernandes, 2012; Zarzeczny, Kuberski, Deska & Rydz, 2013).

Una vez establecido el potencial de la utilización y la valoración de la velocidad crítica diversos autores plantean diferentes métodos para el entrenamiento por zonas (Dekerle et al., 2002; Maglisco, 2009). En nuestro caso utilizaremos la hoja de cálculo elaborada por Oca (2013) para introducir los datos del test, ya que facilita la tarea evitando realizar cálculos, y fundamentalmente, porque nos proporcionará los ritmos de nado para el entrenamiento de diferentes zonas (aeróbico ligero, aeróbico medio y aeróbico intenso) para distancias desde los 50 hasta los 1500 metros.

2.1.2 Test de nado continuo

Una vez explicado el concepto y *Test de Velocidad de Crítica de Nado*, es necesario detallar el test de nado continuo ya que una adaptación suya será utilizada. Dicho test consiste en realizar un esfuerzo máximo a ritmo constante, esto se debe a la correlación positiva entre la velocidad máxima del *Test de 30'* con la velocidad de nado correspondiente a una intensidad de 4 mmol/l de ácido láctico durante el test de dos distancias de 400 metros, una realizada al 85% y la segunda al 100%, ambas a velocidades constantes, esto se puede observar en la figura 2 y figura 3. Por ello y debido a la correlación entre la intensidad de 30 minutos de nado y la concentración de ácido láctico es posible ajustar la intensidad de ejercicios de larga duración utilizando un porcentaje de la velocidad a la que nuestro nadador muestra una acumulación de 4 mmol/l de ácido láctico. Esta velocidad se utiliza como criterio de umbral de anaeróbico (Olbrecht, et al, 1985).

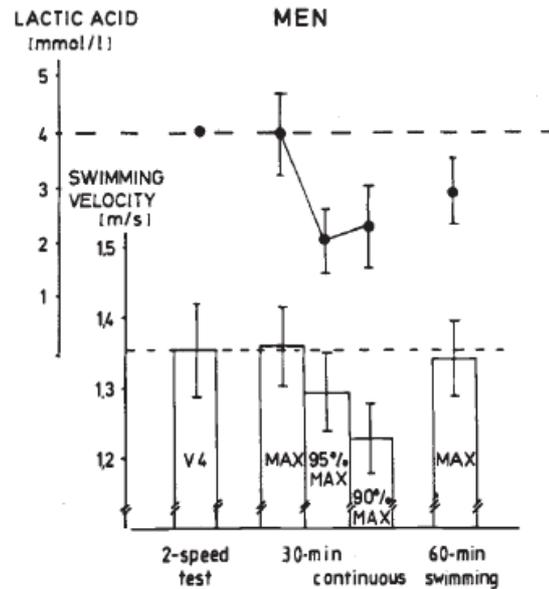


Figura 2. Velocidades y concentración de ácido láctico en los Test de 30´ y 60 minutos en relación con la velocidad de nado a 4 mmol/l obtenida del test de 2x400 (Olbrecht, et al 1985).

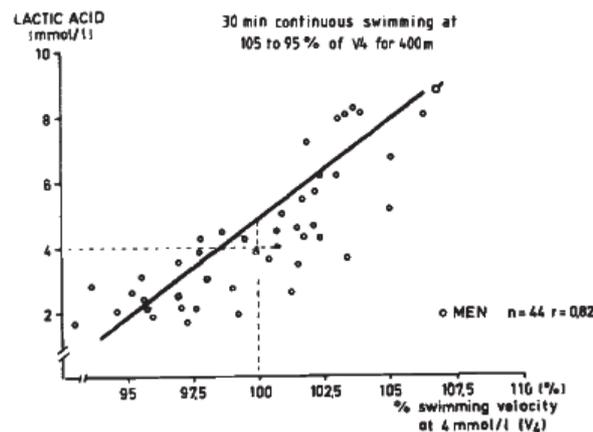


Figura 3. Relación entre la concentración de ácido láctico y la velocidad e nado en el test de 30 minutos a velocidad de nado continua del 95-105% de la velocidad a 4 mmol/l obtenida del test de 2x400 (Olbrecht, et al 1985).

Hay varios tipos, sobre una distancia determinada o sobre un tiempo determinado. Si se realiza correctamente se desarrollará a un ritmo que no supere la velocidad máxima con el lactato en estado estable, lo que nos permite valorar la capacidad aeróbica y prescribir ritmos de entrenamiento, los más utilizados son los de 2000 metros o 30 minutos (Navarro, Oca & Castañón, 2003). De esta forma utilizando la versión del *Test de 30´* podemos prescribir los ritmos de entrenamiento en función de la velocidad media así como los descansos propuesta por Wilkie y Madsen (1990) o en función de la distancia total nadada y siguiendo las tablas de ritmo de nado de Olbrecht (2000), citado por (Navarro, Oca, 2011).

2.1.3 Escala de Percepción subjetiva del Esfuerzo

La percepción del esfuerzo surge como medida alternativa para regular y prescribir ejercicio físico sin basarse en parámetros fisiológicos. Según Robertson y Noble (1997) se define como la percepción subjetiva de la intensidad de un esfuerzo, estrés o fatiga que se percibe durante una actividad física. Por ello, se desarrolla una unidad de medida mediante las Escalas de Percepción Subjetiva del Esfuerzo, así podemos utilizar diferentes escalas con un valor nominal asociado a una percepción de esfuerzo, así Borg (1982) presenta una adaptación reducida de 10 de su propia escala original, dicha escala fue validada y presentado como una herramienta no invasiva. Así otros autores como Foster, et al (2001) continúan con investigaciones para realizar una monitorización de la Percepción Subjetiva del Esfuerzo y presenta una adaptación de la Escala de Esfuerzo Subjetivo (anexo4).

2.2 Evaluación técnica

Los conceptos explicados hasta el momento son de suma importancia, pero, la natación es un deporte en el cual la técnica tiene una gran relevancia ya que sin ella es muy complicado rendir a un alto nivel, por ello debemos prestar mucha atención a trabajarla y perfeccionarla. En este punto es necesario definir algunos conceptos importantes en cuanto a la técnica. En el análisis de competición existen diferentes componentes técnicos que debemos distinguir: variables acíclicas (tiempo de salida, velocidad de salida, tiempo de viraje, velocidad de viraje, tiempo de llegada y velocidad de llegada) y variables cíclicas (velocidad de nado, frecuencia de ciclo y longitud de ciclo) (Arellano, 2010).

En este apartado nos centraremos en las variables cíclicas. Para ello se puede observar la tabla 1 en la cual quedan resumidas todas las variables a analizar.

Tabla 1. Variables técnicas analizadas.

Velocidad de nado (Vn)	Frecuencia de Ciclo FC	Longitud de Ciclo LC
Frecuencia Crítica de Ciclo		Índice de Ciclo (IC)

2.2.1 Velocidad de Nado, Frecuencia de Ciclo y Longitud de Ciclo

En primer lugar, hablaremos de la *Velocidad de Nado* (m/s) (Vn), la cual se se calcula dividiendo la distancia recorrida y el tiempo, a esta distancia tenemos que restar la salida el viraje o la llegada), destacar que esta velocidad es el producto de las siguientes variables *Frecuencia de Ciclo* (FC) y *Longitud de Ciclo* (LC) (Craig, Skehan, Pawelczyk & Boomer,

1985). La FC (cic/min) mide el número de ciclos de brazos por unidad de tiempo, se suele explicar en minutos y se mide calculando el tiempo de 3 ciclos. Además, la LC es la distancia recorrida por ciclo de brazada siendo la $LC = V_n / FC$ (Sánchez & Arellano, 2002; Arellano, 2010).

Craig et al (1985) ya indicaban que los fondistas mejoraban su velocidad debido al incremento de la LC y mediante el descenso de la FC, si bien es cierto observaron que según avanzaba la prueba las mejoras perdían efecto. Siguiendo esta línea, según Wakayoshi, Acquisto, Cappaert y Troup (1995) existe una relación entre la FC y la economía de nado, por ello la mejora de la técnica hace a los nadadores más eficiente, manteniendo la misma velocidad de nado, pero reduciendo el número de brazadas mejoraban la eficiencia, es decir incrementando la LC.

Durante las pruebas de natación podemos observar como la V_n y la LC disminuyen, esto se debe a la modificación de la técnica debido a la fatiga muscular, aunque la velocidad intracíclica no disminuye. Una teoría por confirmar y que puede tener sentido es que el nadador debido a la fatiga pierde la alineación corporal y por ello no consigue mantener o incrementar la velocidad (Alberty, et al, 2005). De esta misma forma según Dekerle, et al, (2005) los nadadores para mantener una velocidad al máximo estado de lactato estable reducen la LC y aumentan la FC debido a la fatiga muscular, ya que no consiguen mantener la fuerza adecuada. Aunque un pequeño descenso de la LC y un incremento de la FC puede ser una estrategia de éxito en la prueba de los 200 metros libre ya que nos permite aumentar la velocidad de nado y obtener un mayor rendimiento, pero es importante no considerar estos dos parámetros como los únicos de rendimiento (Huot-Marchand, et al, 2007). A la hora de determinar la fatiga muscular según Dekerle, Paterson (2016) los rotadores internos de los hombros pierden fuerza durante los primeros 5 minutos de nado al 105% de la velocidad crítica de nado, si bien es cierto cuando la velocidad es inferior no se producen cambios. Antes de pasar con otros conceptos relacionados, mencionar los efectos madurativos asociados a la FC y LC, así los nadadores aprenden a modificar la LC en función de la prueba, se ha observado que los más pequeños tienden a acortar las brazadas. Además, los deportistas entre 10 y 17 años no son capaces de realizar ajustes efectivos en función de las pruebas de 200 y 400 metros (Mezzaroba & Machado, 2014).

Otro concepto importante que debemos conocer y controlar es *Frecuencia Crítica de Ciclo* (critical stroke rate), este concepto está estrechamente relacionado con la velocidad crítica de nado, el cual es la FC a la que se va en cuando se nada a velocidad crítica de nado, así este puede ser utilizado para monitorizar el entrenamiento, aunque los autores que los han investigado afirman que todavía se tienen que analizar en profundidad (Dekerle, 2006; Berden & Kell, 2009).

2.2.2 Eficiencia y Eficacia

Una vez analizados estos conceptos más básicos pasamos a describir el *Índice de Ciclo (IC)*, según Costill, et al (1985) es el producto de la Vn y la LC, siendo este un indicador de eficiencia de nado. Este índice es un buen indicador de rendimiento y de nivel ya que a mayor nivel competitivo los nadadores muestran un índice más alto. Además, el IC disminuye a medida que incrementa la distancia de la prueba, específicamente de los 50 a los 400 metros. También se observó que este es más alto en hombres en mujeres (Sánchez & Arellano, 2002).

Una vez determinado como medir si los nadadores son económicos a la hora de nadar, nos centramos en si los nadadores son eficaces, para Kent (2003) es “la capacidad de conseguir con éxito el resultado esperado”. Para medir la eficacia Rodríguez (2005) la relaciona con parámetros antropométricos respecto al tiempo de la prueba. Así la manera más objetiva de medir la eficacia es relacionándola con otros parámetros de nado como la Vn, la LC y la FC, siendo estos considerados marcadores de eficacia (Arellano & Morales, 2005). Por ello la eficacia se considera un factor de rendimiento en natación pudiendo comparar a los nadadores con características diferentes según su nivel de eficacia y no solo con el tiempo final de la prueba (García & Salguero, 2017). Además, se considera que los nadadores deben adaptar la técnica a sus características personales para obtener el mayor rendimiento posible (Arellano, 2010).

2.3 LPE Swimming Index

La utilidad de esta herramienta reside en la posibilidad de integrar varias valoraciones y evaluaciones, e integrar el resultado de las mismas en un único informe, y hacerlo de forma estandarizada y comparada dentro de un grupo de entrenamiento de forma que se crea un índice de los nadadores que forman el grupo con sus características básicas. Este informe sirve para saber que nadadores están más preparados para nadar unas pruebas u otras, así como para observar el momento en el que se encuentra el deportista en un simple vistazo, reflejando de manera clara cuáles son sus fortalezas, debilidades, y aportándonos información sobre los aspectos a trabajar. También nos sirve para comprobar si el ritmo de nado que se va a proponer a los deportistas es el correcto en función del test seleccionado.

Si atendemos a la contribución de la energía de los diferentes metabolismos observamos que en las pruebas de natación la mayor contribución del metabolismo aeróbico se da a partir de las pruebas de 200 metros (tabla 2). Así se puede observar como la resistencia aeróbica adquiere una mayor relevancia ya que esta se puede considerar como la base de la natación (Maglischo, 2003).

Tabla 2. Contribución de los metabolismos en las pruebas de natación (adaptado de Maglischo, 2003)

Tiempos de competición	Distancia de pruebas	% ATP-CP	% Metabolismo anaeróbico	% Metabolismo aeróbico
19-30 sec	50 yd/m	20	60	20
40-60 sec	100 yd/m	10	55	35
1:30-2 min	200 yd/m	7	40	53
2-3 min	200 yd/m	8	40	55
4-6 min	500 yd 400 m	-	35	65
7-10 min	900 yd 800 m	-	25	75
14-22 min	1650 yd 1500 m	-	15	85

Pero como se ha observado el apartado anterior la técnica va a ser fundamental para que los nadadores logren el rendimiento esperado, para ello es necesario que el informe integre dichos parámetros técnicos durante los entrenamientos, así para poder monitorizar y controlar los entrenamientos no solo en parámetros fisiológicos sino también en los técnicos (Berden & Kell, 2009; Arellano, 2010).

3. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

Como en todo trabajo es necesario definir y detallar qué objetivos se persiguen. Para ello, es necesario distinguir entre el objetivo principal y los secundarios. Así el principal es el de:

- Desarrollar el LPE Swimming Index, siendo este una herramienta que nos permite estructurar la información que disponemos de nuestros nadadores, gracias a la integración de la valoración de la condición física, la evaluación técnica y ubicando al nadador según su nivel nacional. Facilitando la tarea de lectura de dichos análisis, así como el almacenamiento y la utilización de los datos de nuestros nadadores.

En cuanto a los objetivos secundarios a cumplir con la elaboración del LPE Swimming Index.

- Establecer el LPE Swimming Index como una herramienta estándar a utilizar por entrenadores, así se podría crear una base de datos general donde comparar a los nadadores.

- Realizar una valoración física de un grupo de deportistas para mejorar el rendimiento, mediante el *Test de Velocidad de Crítica de Nado* y su comprobación mediante un test de nado continuo.
- Realizar una evaluación técnica de un grupo de deportistas para mejorar el rendimiento, calculando la Vn, FC, LC, IC e índices de eficacia y la comparación de dichos índices dentro del grupo.
- Elaboración de un informe para uno de los nadadores utilizando el LPE Swimming Index.

En el transcurso de la realización del presente Trabajo Fin de Máster se han adquirido diversas competencias, las cuales se presentan a continuación y han sido extraídas de la Guía Docente oficial de la asignatura “Trabajo Fin de Máster”, curso 2018-19, del título de Máster oficial ofertado por la Universidad de León “Entrenamiento y Rendimiento Deportivo”:

- A17013: 1403TFM Elaborar, presentar y defender ante una Comisión de Evaluación, un trabajo original realizado individualmente, en el que se sinteticen y manifiesten las competencias adquiridas en las enseñanzas de Máster recibidas.
- B5197: 1403CG01 Ejercer a nivel profesional en el ámbito del deporte de rendimiento, manifestando elevada competencia, autonomía y conocimiento científico especializado.
- B5199: 1403CG03 Diseñar y llevar a cabo procesos sistemáticos y rigurosos de análisis del rendimiento, en situaciones de entrenamiento y competición, orientados a la valoración de las capacidades físicas, las habilidades y el desempeño técnico-táctico.
- B5201: 1403CG05 Elaborar documentos e informes técnicos basados en el análisis del rendimiento deportivo y llevar a cabo su presentación pública de manera fundamentada.
- B5202: 1403CG06 Interpretar informes técnicos para trasladar los hallazgos y conclusiones de los mismos a la programación práctica del entrenamiento deportivo.
- B5206: 1403CT03 Desarrollar la capacidad de adaptación y resolución de problemas, trasladando los conocimientos adquiridos a nuevos contextos, diferentes situaciones y casos prácticos.
- B5207: 1403CT04 Saber expresarse con claridad de forma escrita en la redacción de informes y documentos, así como en la presentación pública de los mismos, utilizando vocabulario preciso y específico.
- B5208: 1403CT05 Desarrollar capacidad de razonamiento crítico y autocrítica, como paso fundamental para la mejora de la toma de decisiones de manera autónoma.

- B5209: 1403CT06 Manejar la bibliografía científica específica, utilizando herramientas de búsqueda y acceso a documentación especializada.
- B5213: 1403CT10 Perfeccionar destrezas relacionadas con el manejo de recursos tecnológicos y herramientas informáticas en los procesos de comunicación, acceso y gestión de la información.

Además de las competencias generales y transversales tenemos que tener en cuenta las competencias básicas de la asignatura, siendo las denominadas por su código C1, C2, C3, C4, C5.

4. METODOLOGÍA

4.1 Muestra

Para la realización de este estudio se ha contado con una muestra compuesta por 7 nadadores, 4 hombres (57,1 %) y 3 mujeres (42,9 %). Todos los nadadores son pertenecientes a la categoría junior (Reglamento Real Federación Española de Natación, temporada 2018-19), la cual engloba edades entre 16 y 17 años para las mujeres y 17 y 18 años para los hombres, edades que se corresponden con la establecidas por la RFEN. Otros datos de interés son las medidas antropométricas, la media de la altura se corresponde con 172,35 cm ($\pm 9,55$ cm), la envergadura media de 175,64 cm ($\pm 13,53$ cm) y el peso medio de 66,77 kg ($\pm 10,85$ kg). Mencionar que 2 eran velocistas (28,6%), 3 medio fondistas (42,9%) y 2 fondistas (28,6). Todos los nadadores de la muestra pertenecen al Club Acuático de León y al mismo grupo de entrenamiento. Por último, añadir que 3 nadadores (42,9 %) han acudido a los Campeonatos de España.

4.2 Protocolo y procedimiento

El presente proyecto se ha desarrollado en cuatro fases.

4.2.1 Fase 1: Información y recogida de datos

Se informó a los nadadores en qué consistía, que test tenían que realizar y cuál era su utilidad. Se pidió su consentimiento mediante una hoja informativa (anexo 2). Reseñar que la participación ha sido voluntaria y que a todos los participantes se les administró un Consentimiento Informado, el cual, en caso de los menores de edad, debía ser firmado por los padres o tutores legales (anexo 2). Una vez llevado a cabo este primer paso, se recogieron

los datos personales de cada deportista, así como sus mediadas antropométricas, entre las que se encuentran la altura, la envergadura y el peso. Así como otros datos relevantes como las horas de entrenamiento y el nivel de rendimiento actual.

4.2.2 Fase 2: Realización de test

Se llevarán a cabo las diferentes pruebas y test: *Test de Velocidad Crítica de Nado* de dos distancias y Test de nado continuo adaptado. En ambos test se sigue el mismo protocolo, antes de empezar un calentamiento específico se explica a los nadadores como se va a llevar a cabo la sesión, tanto el calentamiento como el test en cuestión, resolviendo cualquier duda que puedan tener, tras el calentamiento tuvieron un descanso para que se preparasen para realizar correctamente el test en cuestión. Ambos test se realizan en la piscina La Palomera de 25 metros, en dos calles, lugar donde entrena el equipo habitualmente.

A) *Test de Velocidad Crítica de Nado*

Para llevar a cabo esta primera prueba se seleccionó un protocolo de dos distancias de 400 y 200 metros, las distancias elegidas fueron las mismas para todos los nadadores, siendo estas las más indicadas para que la estimación de la Velocidad Crítica sea lo más exacta posible (Vinicius, et al, 2009; Zacca & Castro, 2009; Zacca & Castro, 2010). Decir que entre ambas distancias hubo un descanso de 30 minutos para que tuviesen un descanso completo (Ginn, 1993; Maglischo, 2009). En primer lugar, se realizaron los 400 metros y después los 200 metros. En ambas distancias se tomaron los parciales cada 50 metros, además se toma la FC de cada 50 para posteriormente poder calcular la LC, IC y las eficacias de nado. Al finalizar la prueba se les administraba la Escala de Esfuerzo Subjetivo adaptada de Foster de 10 niveles (anexo 4). Para calcular la velocidad crítica de nado se utilizó la hoja que desarrolla Oca (2013) para establecer las zonas de nado.

B) Test de los 30'

Prueba de nado continuo, como ya se explicó consiste en nadar durante 30' a un ritmo estable, normalmente no se le especifica al nadador el ritmo, pero en este caso se realizó una adaptación al test. Así el ritmo de nado se determinó mediante el resultado del test anterior con el fin de comprobar si eran capaces de mantener la velocidad crítica de nado durante los 30', así también se comprobó para que nadadores esa velocidad crítica estaba sobreestimada. Para comunicar al nadador si estaba nadando al ritmo adecuado, se les mostraba un indicador, cuando el nadador iba al ritmo estipulado no se le mostraba nada, si nadaba a un ritmo inferior se le mostraba un indicador de color rojo y si nadaba a un ritmo superior se mostraba un indicador verde. Para ello se estableció el criterio de que el nadador

tenía que ir a ± 2 segundos del ritmo que indicaba la velocidad crítica de nado. Con este fin se trató de dar un feedback al nadador mientras realizaba el test para que le fuese más fácil controlar el ritmo de nado. Al finalizar del test se contaba la distancia realizada durante el *Test de 30'*, y como en el test anterior se le administraba una Escala de Esfuerzo Percibido con el fin de conocer la percepción de los nadadores ante las pruebas. También se tomaban los parciales cada 100 metros y la frecuencia de ciclo cada 100 metros. Tras la finalización de ambos test se apuntaba cualquier observación que le pudiese parecer interesante.

4.2.3 Fase 3: Análisis de datos

Con todos los datos obtenidos y las características de cada nadador se elaboró una base de datos en la que se calcularon de forma indirecta otros parámetros, todos ellos se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros evaluados y sus fórmulas.

$V_n = e / t$	FC en la zona central
$LC = V / FC$	$IC = V_n \times LC$
Índice de Eficacia 1 $IE1 = IC / talla$	Índice de Eficacia 3 $IE3 = IC / envergadura$
% mmp 200	% mmp 400

En cuanto a las variables técnicas se calculó la V_n , a partir de la fórmula de $V_n = e/t$ siendo, “e” espacio y “t” tiempo, si bien es cierto se asume el error de no descontar a ese tiempo el tiempo de virajes, salida y llegada. En el caso de la FC se midió en la zona de nado puro (Sánchez & Arellano, 2002) que es la zona posterior a 7,5 metros a partir de cada viraje, lo que podemos definir como la zona central de la piscina. Una vez obtenida la FC, se procede a un cálculo indirecto de la LC, el IC, y las eficacias. Así la LC la obtenemos de la fórmula de $V_n = FC \times LC$ siendo $LC = V/FC$. En el caso del IC lo obtenemos de $IC = V_n \times LC$ (Sánchez & Arellano, 2002).

Otros datos técnicos fueron las eficacias para ello utilizamos la fórmula de *Índice de Eficacia 1* (IE1) $IE1 = IC / talla$, y el *Índice de Eficacia 3* (IE3) $IE3 = IC / envergadura$ (Costill et al, 1985, De Aymerich & Guibelalde, 2005; Rodríguez, 2005). Estos parámetros se calculan de todos los parciales, en el caso de las distancias del *Test de Velocidad Crítica de Nado* en los 50 y en el *Test de 30'* en los parciales de 100. Otras variables que calculamos son los porcentajes

de su mejor marca a los que ha realizado las distancias de 200 (% mmp 200) y 400 (% mmp 400) para ello, obtenemos las mejores marcas personales de ambas pruebas en piscina de 25 del apartado ranking de la web oficial de la RFEN, asumimos el error de que en la mejor marca personal el nadador realiza la distancia en situación de competición y con salida desde el poyete, en los test siempre comienzan el test desde el agua. Tras calcular todas las variables mencionadas se realizó el análisis estadístico con el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Science) 24 para Windows, mediante el cual se obtuvieron los resultados que serán explicados en el apartado 5.

4.2.4 Fase 4: LPE Swimming Index

En la fase 4, tras analizar los datos obtenidos se comenzó a desarrollar la herramienta LPE Swimming Index, se elabora en Excel debido a la facilidad para poder diseñar una hoja de datos. Lo último era poner el nombre a la herramienta, denominada LPE (Level Performance Efficacy) Swimming Index, en español Índice de Nivel, Rendimiento y Eficacia en Natación ya que en ella queda reflejado el nivel, el rendimiento y la eficacia de nuestros nadadores de una forma sencilla y útil para los entrenadores, siendo este un informe de evaluación.

4.3 Materiales e instrumentos

La principal herramienta que se ha utilizado ha sido la misma desarrollada en el presente trabajo, el LPE Swimming Index. Para recoger los datos personales de los nadadores se utilizó un cuestionario de datos personales (anexo 3). Todos los tiempos parciales obtenidos, así como la frecuencia de ciclo se tomó con dos cronómetros Finis pace clock 1x100, para la frecuencia se utilizó el modo de stroke rate. Se utilizó la Escala de Esfuerzo Percibido adaptada de 10 niveles (Foster, et al, 2001) para medir la percepción de esfuerzo. Para controlar los ritmos en el *Test de 30´* de nado continuo se utilizaron dos indicadores, uno verde y otro rojo para mostrar a los nadadores. Además, se utilizó la aplicación de cronometro de Windows a modo de marcador, para que los nadadores pudiesen ver en la zona central de la piscina cuanto tiempo había transcurrido durante la prueba. Por último, se utilizó aplicación Microsoft Excel 2016 para el desarrollo de la herramienta que da respuesta a los objetivos del trabajo.

4.4 Análisis estadístico

Una vez obtenidos todos los datos, se elaboró una base de datos para llevar a cabo un análisis, cuya finalidad es contrastar algunas de las informaciones que aportan los estudios y autores de referencia. La codificación y análisis de los datos recogidos se llevó a cabo con el

paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Science) 24 para Windows y con la aplicación Microsoft Excel 2016. El análisis que se realizó fue un análisis descriptivo para comparar las medias entre ambos sexos, especialidades y nivel de los nadadores de los diferentes parámetros establecidos. Además, se realizó un análisis de correlaciones entre las distintas variables analizadas, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. En todos los casos se utilizó un nivel de significación de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

A continuación, se presentarán los principales resultados extraídos, los cuales serán plasmados posteriormente en la herramienta desarrollada como objetivo principal del trabajo (LPE Swimming Index) y que servirán de base para la realización de los informes individuales.

5.1. Generales

Lo primero que se llevó a cabo fue un análisis descriptivo de los tiempos de cada prueba realizada, así como de las mejores marcas personales y los porcentajes de mejoras, por último, observando la velocidad crítica obtenida tabla 4.

Tabla 4. Mínimo, máximo, media y desviación estándar de los resultados de los test.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
T_400	7	279,45	316,53	297,81	13,15
MMP_400	7	280,86	313,17	293,90	10,68
T_200	7	131,87	151,40	141,03	7,14
MMP_200	7	126,83	145,64	135,58	6,50
PORCENT_MMP_200	7	93,34	100,10	96,18	2,39
PORCENT_MMP_400	7	96,38	104,93	98,75	2,95
M_30_minutos	7	1975	2300	2178,57	126,42
V.Crítica_100	7	1,18	1,32	1,25	0,06
Tiempo de 400 (T_400), Mejor marca personal en 400 (MMP_400), Tiempo de 200 (T_200), Porcentaje de la mejor marca personal en 200 (PORCENT_MMP_200), Porcentaje de la mejor marca personal en 400 (PORCENT_MMP_400), Metros en el Test de 30' (M_30_minutos), Velocidad crítica de nado en 100 metros (V.Crítica_100).					

Dada de la importancia de la técnica también analizamos las medias de la FC y LC durante las tres primeras así podemos observar la dinámica que siguen durante las tres pruebas. Así

en la figura 4 observamos como ambas se mantienen estables durante la parte principal de la prueba, pero en el primer parcial son mayores ambos valores y en el último aumenta drásticamente la FC en a costa de la LC, además queda reflejado que la LC va disminuyendo durante la prueba como aporta la información de los autores de referencia.

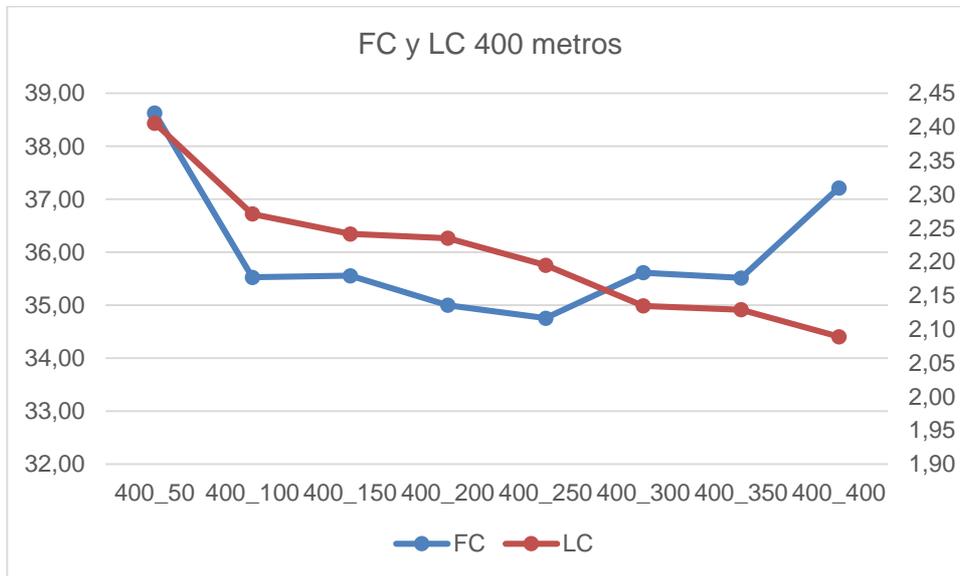


Figura 4. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC de los 400 metros.

En cuanto a la prueba de los 200 metros tal y como se observa en la figura 5 la dinámica es similar a la anterior, con una elevada frecuencia en el primer parcial que disminuye y se mantiene estable hasta el último parcial que aumenta. En el caso de la longitud es similar, va descendiendo a partir del segundo parcial.

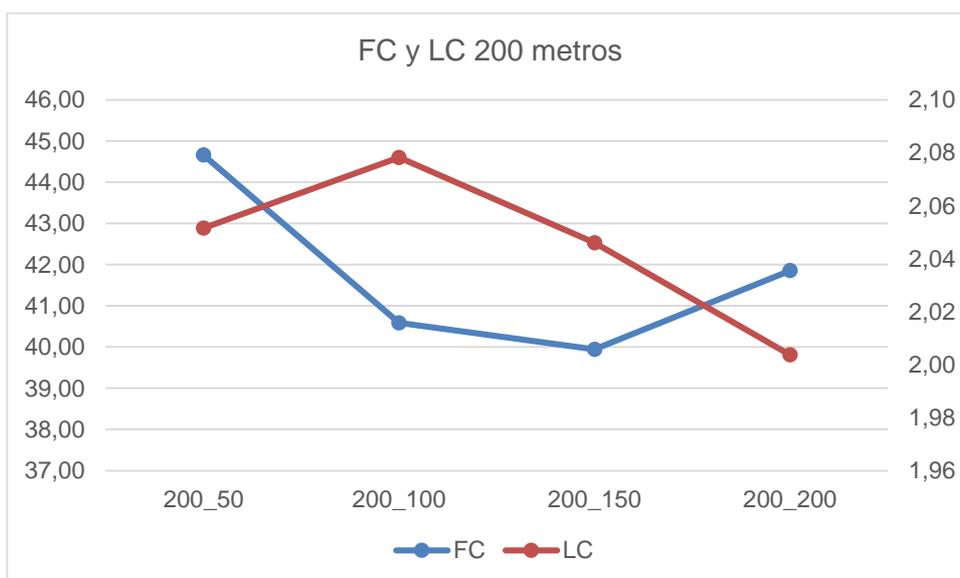


Figura 5. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC en los 200 metros.

También podemos observar estas dinámicas en la figura 6 en el *Test de 30'*, en ella observamos como la relación de FC y LC se mantiene y a lo largo de la prueba siempre que

hay un incremento de una disminuye la otra y viceversa. Por otro lado, en esta gráfica podemos observar como la LC incrementa en 3 de los últimos 4 parciales de 100 metros disminuyendo el último, en estos 4 últimos parciales también se incrementa la FC, es un hecho destacable que aumenten ambas.

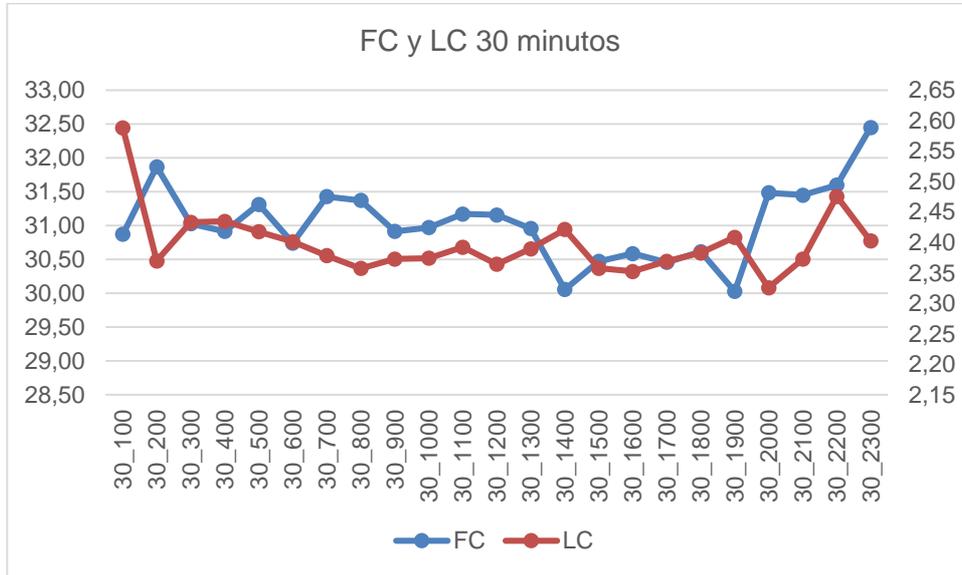


Figura 6. Curva de la dinámica de la media de la FC y LC en el Test de 30´.

Otros datos interesantes se observan en la figura 7, donde podemos observar la media de los índices calculados comparados de entre pruebas, así según lo analizado observamos que los nadadores son más eficientes en los 200 metros con un índice de 2,86, el índice de eficacia 1 es más alto en los 400 metros con un valor de 1,71 y el índice de eficacia 3 es más alto en el Test de 30´, siendo de 1,7.

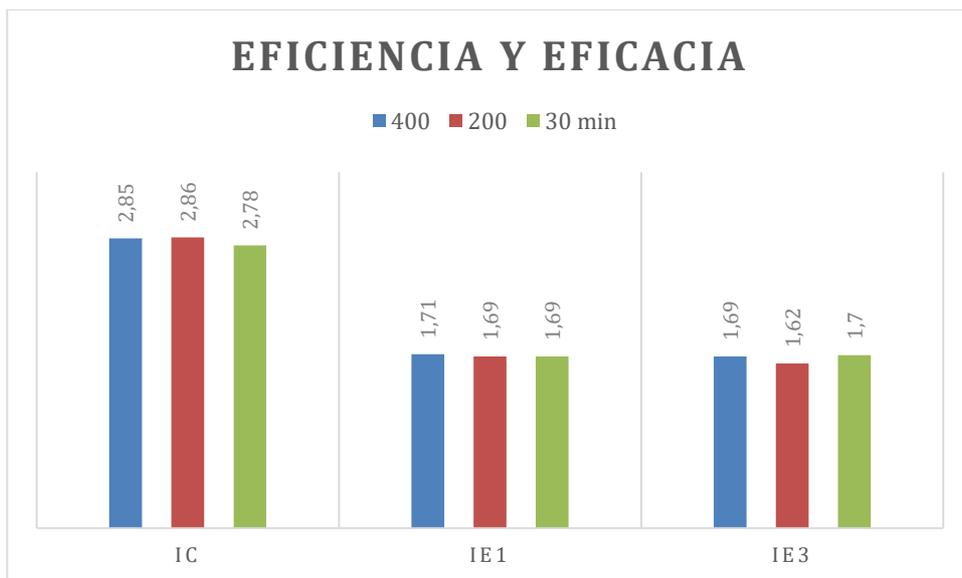


Figura 7. Gráfica de las medias de los índices de eficiencia y eficacia en los 400, 200 metros y 30 minutos.

Al centrarnos en el análisis descriptivo del índice de ciclo debemos observar la tabla 5, en la cual podemos observar como los nadadores son menos eficientes a medida que avanzan las pruebas de 400 y 200 metros. En el *Test de 30'* podemos ver como se mantiene más estable, aunque con subidas y bajadas, los nadadores terminan siendo más eficientes durante el final de la prueba.

Tabla 5. Media del índice de ciclo de todos los parciales de los 400, 200 metros y 30 minutos.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IC_400_50	7	3,07	4,50	3,5072	0,51784
IC_400_100	7	2,85	3,99	3,0871	0,44515
IC_400_150	7	2,70	3,85	3,0041	0,42913
IC_400_200	7	2,68	3,67	2,9544	0,38230
IC_400_250	7	2,58	3,60	2,8501	0,39024
IC_400_300	7	2,51	3,32	2,7654	0,29222
IC_400_350	7	2,34	3,33	2,7300	0,33900
IC_400_400	7	2,32	3,09	2,7643	0,28115
IC_200_50	7	2,59	3,50	3,0667	0,33378
IC_200_100	7	2,69	3,11	2,8605	0,15097
IC_200_150	7	2,57	2,97	2,7512	0,16241
IC_200_200	7	2,65	2,91	2,7921	0,09871
IC_30_100	7	2,84	3,99	3,4152	0,46824
IC_30_200	7	2,47	3,81	2,9642	0,45015
IC_30_300	7	2,52	3,69	3,0303	0,47919
IC_30_400	7	2,42	3,76	3,0241	0,54739
IC_30_500	7	2,42	3,76	3,0201	0,50977
IC_30_600	7	2,41	3,77	2,9336	0,55336
IC_30_700	7	2,48	3,59	2,9440	0,44252
IC_30_800	7	2,27	3,61	2,8802	0,51392
IC_30_900	7	2,27	3,73	2,8813	0,55429
IC_30_1000	7	2,23	3,71	2,8976	0,57255
IC_30_1100	7	2,51	3,70	2,9242	0,48454
IC_30_1200	7	2,28	3,55	2,8718	0,47814
IC_30_1300	7	2,46	3,51	2,9177	0,43216
IC_30_1400	7	2,39	3,54	2,9224	0,42421
IC_30_1500	7	2,25	3,55	2,8081	0,51235
IC_30_1600	7	2,21	3,39	2,7977	0,47680
IC_30_1700	7	2,32	3,72	2,8420	0,55161
IC_30_1800	7	2,29	3,66	2,8749	0,51962
IC_30_1900	7	2,26	3,66	2,8820	0,54713
IC_30_2000	7	2,19	3,53	2,8136	0,46162
IC_30_2100	6	2,54	3,65	2,9382	0,41807
IC_30_2200	5	2,54	4,10	3,2174	0,62059

IC_30_2300	4	2,76	3,88	3,0883	0,53480
------------	---	------	------	--------	---------

En cuanto a la eficacia, el anexo 5 nos muestran como ocurre lo mismo que pasa con la eficiencia, la eficacia de los nadadores disminuye según avanzan los 400 y 200 metros, y aunque también ocurre durante el *Test de 30'*, se da algún repunte.

Si además tenemos en cuenta que el objetivo del *Test de 30'* era nadarlo a la velocidad crítica de cada nadador obtenida en el primer test, es imprescindible mostrar la figura 8 del porcentaje de tiempo de nado que cada nadador realizó su velocidad crítica. Así el nadador que mejor realiza la prueba la completo nadando al el 100% del tiempo a la velocidad crítica de nado indicada, al contrario que uno de sus compañeros que solo completo un 4,52% de la prueba a la velocidad indicada.

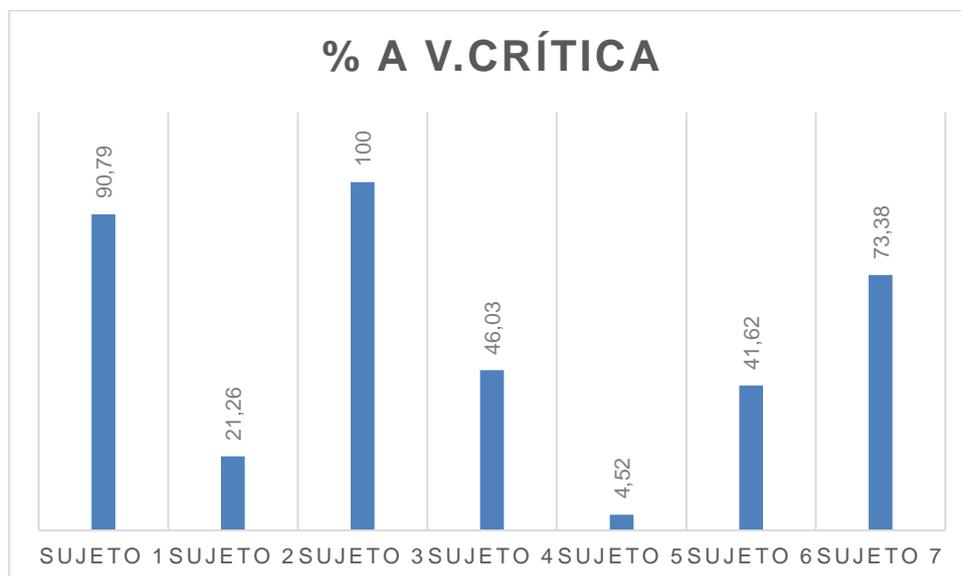


Figura 8. Gráfico del porcentaje de tiempo nadado a velocidad crítica.

5.2. En función del sexo y especialidad

Se realizó una comparación de medias buscando diferencias entre sexos. Así se ha podido observar que el índice de ciclo fue mayor en los hombres que en las mujeres en las tres pruebas realizadas, como se puede ver en la tabla 6 (en la tabla solo se han añadido algunos parciales).

Tabla 6. Comparación de la media de IC por sexos en las 3 pruebas.

Sexo		IC_400_50	IC_400_400	IC_200_50	IC_200_200	IC_30_100	IC_30_2300
Masculino	Media	3,8296	2,8314	3,3814	2,8459	3,7311	3,4110
	N	4	4	4	4	4	2
	Desviación estándar	0,58663	0,18803	0,13464	0,06230	0,33915	0,66440
Femenino	Media	3,1847	2,6971	2,7909	2,7095	2,9939	2,7656
	N	3	3	3	3	3	2
	Desviación estándar	0,11986	0,38565	0,17946	0,05508	0,13936	0,00431

En lo relacionado con la eficacia se observó que los hombres tienen un mayor índice de eficacia 1 (IE1) (relacionado con la talla) en la prueba de 400 metros y un mayor índice de eficacia 1 en todos los parciales del *Test de 30'*. Cabe destacar cómo todas las marcas realizadas en la prueba de 200 metros fueron entre el 93,34% y el 100,10% de su mejor marca personal y en los 400 metros fueron entre el 96,38% y el 104,93% de su mejor marca personal.

También se realizó una comparación de las medias en función de la especialidad de los nadadores, en la tabla 7 se observa que los mejores tiempos en las pruebas de 400 y 200 metros lo obtenían los velocistas seguidos por los fondistas y medio fondistas. En cambio, en el *Test de 30'* los mejores resultados los obtuvieron los fondistas seguidos de medio fondistas y por último los velocistas.

Tabla 7. Comparación de la media del tiempo de 400, 200 metros y el *Test de 30'* por especialidad.

Especialidad		T_400	T_200	M_30_minutos
Velocidad	Media	291,2200	135,8450	2130,00
	N	2	2	2
	Desviación estándar	16,64529	5,35280	219,203
Medio fondo	Media	303,6300	145,9967	2153,33
	N	3	3	3
	Desviación estándar	12,78655	4,68233	109,125
Fondo	Media	295,6550	138,7600	2265,00
	N	2	2	2
	Desviación estándar	15,33715	9,74393	49,497

En lo relacionado con la eficiencia se obtuvieron varios resultados, se observó que en los 400 metros los fondistas son los que mayor índice de ciclo tienen, pero en los 200 metros son los velocistas. Así en el *Test de 30'* los valores que podemos observar en la figura 9 son similares entre los velocistas y fondistas, pero son los fondistas los que muestran unos valores más estables.

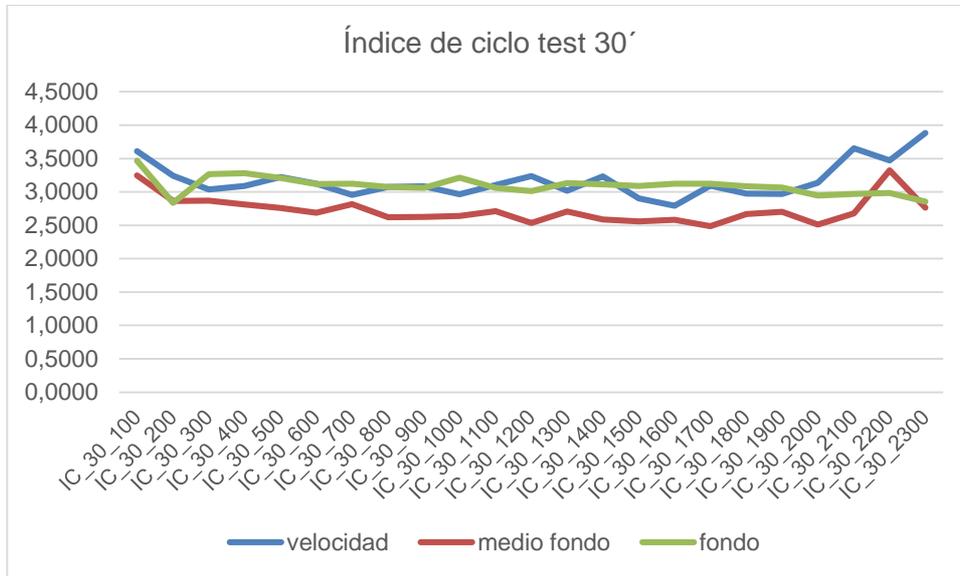


Figura 9. Gráfico IC por especialidad en el *Test de 30'*.

En lo referido a eficacia en función de la especialidad, observamos que los fondistas son los más eficaces tanto si valoramos el índice de eficacia 1 y el índice de eficacia 3, observamos que los siguen los medio fondistas y después los velocistas. Cabe destacar como los velocistas son capaces de mejorar su eficacia en la recta final del *Test de 30'* pasando a ser los más eficaces tal y como observamos en la figura 10 y 11.

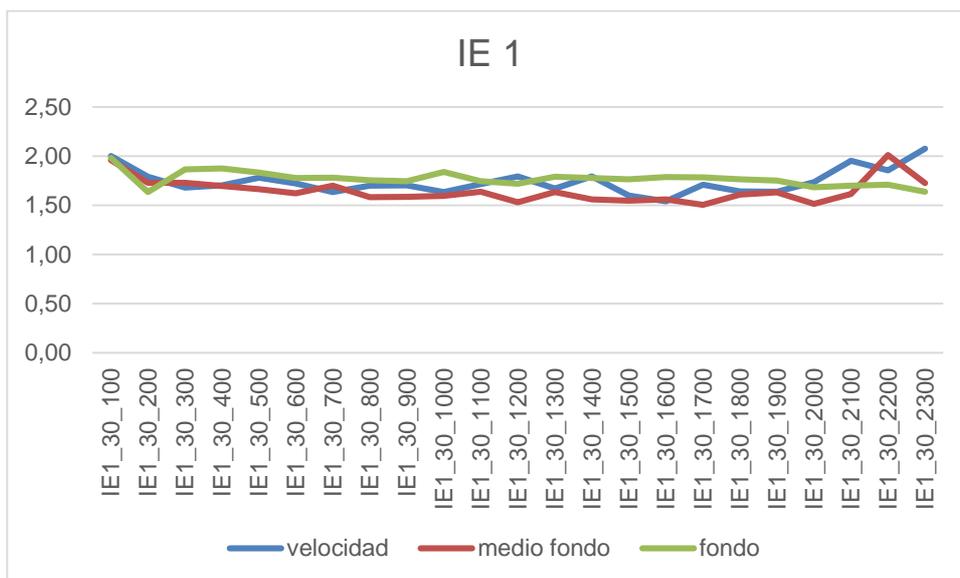


Figura 10. Curva de la media de IE1 por especialidad en el *Test de 30'*.

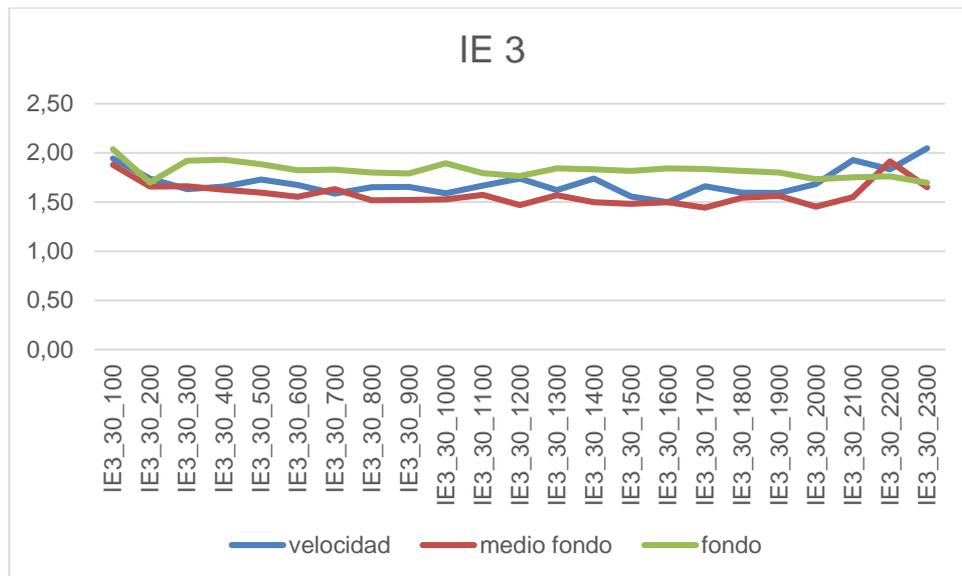


Figura 11. Curva de la media de IE3 por especialidad en el Test de 30'.

Se hizo un análisis de correlaciones en el que se encontraron correlaciones entre la altura y la FC y LC en numerosos parciales de las tres pruebas.

Como resultado, también se obtuvo los tiempos de entrenamiento en función de las zonas para cada uno de los nadadores estimados en relación a la velocidad crítica de nado y gracias a la herramienta de Oca (2013), como ejemplo se puede observar la figura 12.

Verit: 1,32 m/s t100: 01:15,0		Zonas de entrenamiento			:Verit :t100			
Dist.	Test 2 distancias			Dist.	Test 3 distancias			Dist.
	AEL	AEM	AEI		AEL	AEM	AEI	
50	00:38,4	00:37,0	00:35,2	50			50	
100	01:21,0	01:18,1	01:14,4	100			100	
200	02:44,1	02:38,3	02:30,6	200			200	
300	04:08,0	03:59,2	03:47,6	300			300	
400	05:31,4	05:19,7	05:04,2	400			400	
500	06:56,4	06:41,7	06:22,3	500			500	
600	08:21,8	08:04,0	07:40,6	600			600	
700	09:46,2	09:25,4	08:58,1	700			700	
800	11:11,7	10:47,9	10:16,6	800			800	
900	12:37,0	12:10,2	11:34,9	900			900	
1000	14:02,0	13:32,2	12:53,0	1000			1000	
1500	21:21,8	20:36,4	19:36,7	1500			1500	

Figura 12. Ejemplo de ritmos de entrenamiento en relación a la V. crítica, herramienta de Oca (2013).

5.3. LPE Swimming Index

A continuación, nos centramos en la herramienta LPE Swimming Index (anexo1), para ello comentar que se estructura en dos partes, la de la izquierda con los datos obtenidos y sus respectivos cálculos y figuras y la de la derecha con la interpretación e informe de dichos datos.

Para poder valorar a nuestros deportistas, identificamos que parámetros se van a considerar importantes, los cuales van a quedar reflejados en un gráfico de superficie, en este caso un pentágono (figura13). Así al observar el gráfico cuanto mayor sea el área o amplitud del pentágono en mejores condiciones se encontrará el nadador de obtener un mayor rendimiento.

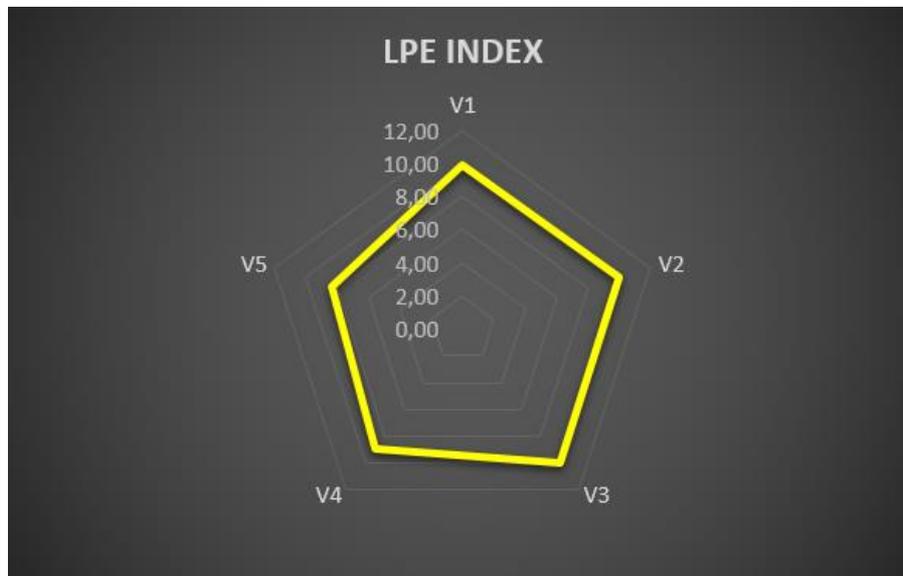


Figura 13. Pentágono que valora los parámetros respectivos a la valoración de la condición física, estado de forma, Percepción Subjetiva del Esfuerzo y Nivel Nacional del deportista. Siendo V1 el porcentaje de la mejor marca personal en el 400, V2 el porcentaje de la mejor marca personal en el 200, V3 el porcentaje de tiempo nadado a la velocidad crítica de nado, V4 la media de la Percepción de Esfuerzo Subjetivo en todas las pruebas y V5 el porcentaje de su mejor marca en su mejor prueba con la mejor marca nacional de su edad. Gráfico de superficie

Para ello todos los valores que queden reflejados en dicho gráfico van a estar graduados sobre 10. Lo primero es saber cómo están físicamente, pero no solo su estado actual, el cual queda reflejado en los resultados del test, sino el estado en referencia a sus mejores marcas, así los dos primeros valores que vamos a dar van a ser V1 siendo este el porcentaje del tiempo de la mejor marca personal de los 400 m y el V2 siendo el porcentaje del tiempo de la mejor marca personal de los 200 metros. Así además de obtener la velocidad crítica de nado podemos observar en que momento de físico se encuentra en relación con su propio historial.

El V3 es el porcentaje del *Test de 30'* que ha realizado el nadador a la velocidad crítica indicada, viendo si este ha conseguido mantener el ritmo establecido. De esta forma podemos saber si la velocidad crítica obtenida es correcta o en caso contrario esta sobre estima, infra estimada. En este caso también nos da información sobre el estado físico de nuestro deportista ya que la velocidad crítica debe poder mantenerse sobre periodos largos de tiempo. Para saber el porcentaje de tiempo realizado a velocidad crítica se siguen los siguientes criterios: si el primer parcial no se corresponde se cuenta igualmente ya que el nadador no tiene información hasta finalizar el pase de si va al ritmo correcto, se suman todos los parciales

al ritmo indicado, esta decisión se toma debido a que al ser varios nadadores por calle en algunos momentos no pueden mantener el ritmo ya que no les es posible adelantar a compañeros que están realizando el test. Este criterio se puede cambiar en función de cómo sean las condiciones de realizar el test, es decir, si cada nadador tiene el espacio suficiente para poder realizarlo o no. Si las condiciones fuesen ideales y disponen del espacio necesario una vez que el nadador pierde el ritmo durante dos parciales dejaría de sumar. Ya que sería un ritmo demasiado alto que no puede seguir.

El V4 es la media de la Percepción de Esfuerzo Subjetiva de los dos test, es decir del 400, del 200 y del *Test de 30'*, de esta forma valoramos como percibe el sujeto el esfuerzo y queda enmarcado con los valores de nado. Proporcionando una información que le sirve para valorar al entrenador las sensaciones de esfuerzo que el deportista ha tenido durante la prueba.

El V5 es el valor que nos sitúa al nadador en un nivel competitivo de ámbito nacional, para ello tenemos que elegir la prueba en la que mayor rendimiento obtiene nuestro deportista, y ver a qué porcentaje está de la mejor marca nacional de su edad en la actual temporada. De esta forma podemos hacernos una idea de cómo está nuestro nadador. Si bien es cierto que esto podemos observarlo en el ranking nacional, al integrar este valor en el gráfico de superficie queda reflejado y podemos obtener una gran información sobre nuestro nadador de un vistazo. Los V1-V5 están explicados mediante pestañas desplegadas que se abren al pinchar la casilla correspondiente (figura 14).

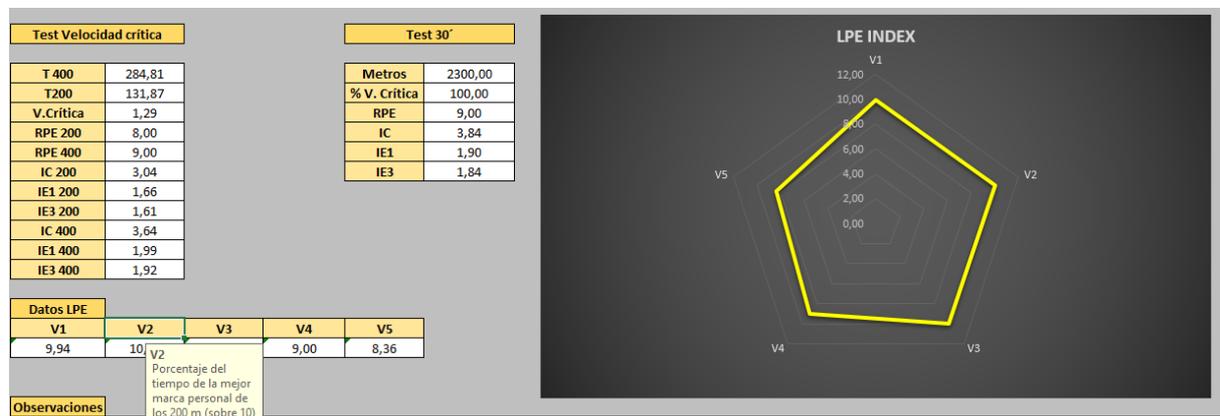


Figura 14. Visión de los datos generales de los test y del Pentágono de valoración del LPE Swimming Index, junto con la explicación del V2 a modo de ejemplo.

Una vez establecidos los 5 valores del gráfico de superficie tenemos las gráficas de los índices de eficiencia y eficacia de nuestro nadador en las pruebas que ha realizado (Figura 15). Siendo posible la comparación entre pruebas, los datos que aparecen son las medias los parciales tomados.

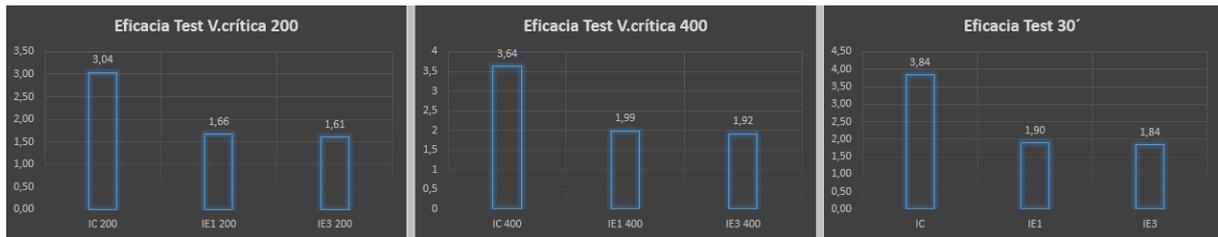
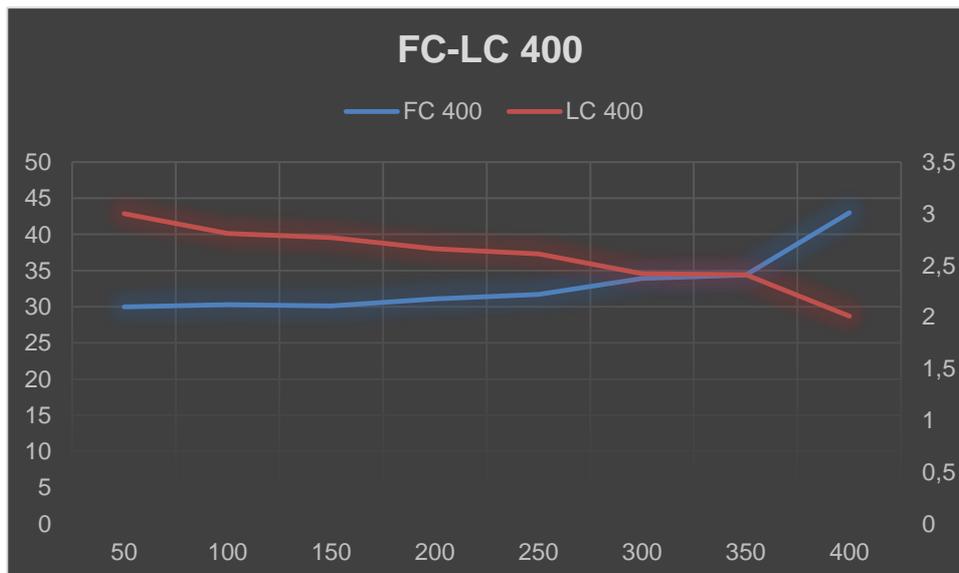


Figura 15. Eficacia y Eficiencia

Si tenemos en cuenta que esta herramienta sirve a los entrenadores como informe, no solo puede mostrar valores generales de cada prueba o de relación entre ellas, también debe mostrar todos los valores recogidos por los evaluadores con el fin de que cada entrenador pueda interpretar cada prueba realizada buscando las fortalezas y debilidades de sus deportistas, ya sea a la hora de entrenar como de competir.

Por ello cada informe cuenta con un análisis de la dinámica individual de la FC y LC en las pruebas de 400, 200 metros y del *Test de 30'*. Para que los entrenadores puedan visualizar dicha dinámica se incluye una gráfica de cada una como se puede observar en la figura 16.



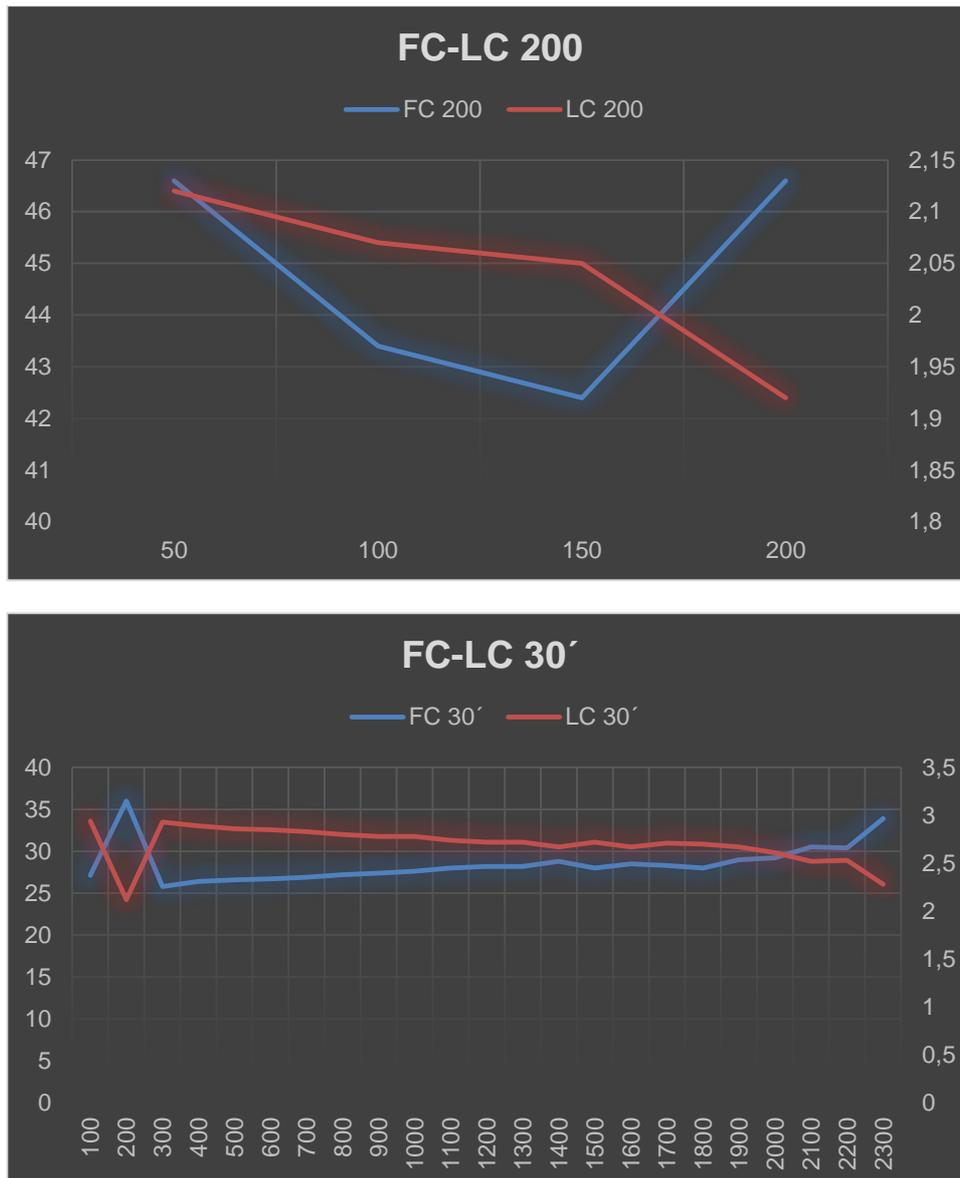


Figura 16. Ejemplo de representación gráfica de los parámetros obtenidos a través de LPE Swimming Index.

Es muy importante tener en cuenta que esta herramienta también nos sirve para comparar a nuestros nadadores entre ellos por ello es necesario que represente el nivel de eficiencia y eficacia que existe en el grupo de entrenamiento, lo ideal también sería poder comparar estos datos con los nadadores de mayor nivel nacional, pero la dificultad de obtener esos datos en las mismas pruebas para todos los nadadores dificulta en gran medida dicha valoración.

En la figura 17 se muestra un ejemplo de la representación del nivel y como se encuentra cada nadador en relación con su grupo de entrenamiento. En ella podemos observar como el nadador 3 es el más eficiente del grupo de entrenamiento y sus compañeros tienen unos valores diferentes, aunque la mayoría son más eficientes en la prueba de 200 y 400 metros. En la segunda gráfica podemos observar los diferentes IE1 de nuestros nadadores, estos

siguen un patrón similar al IC ya que si recordamos como se calcula el $IE1 = IC / \text{talla}$. Lo mismo sucede con el IE3.

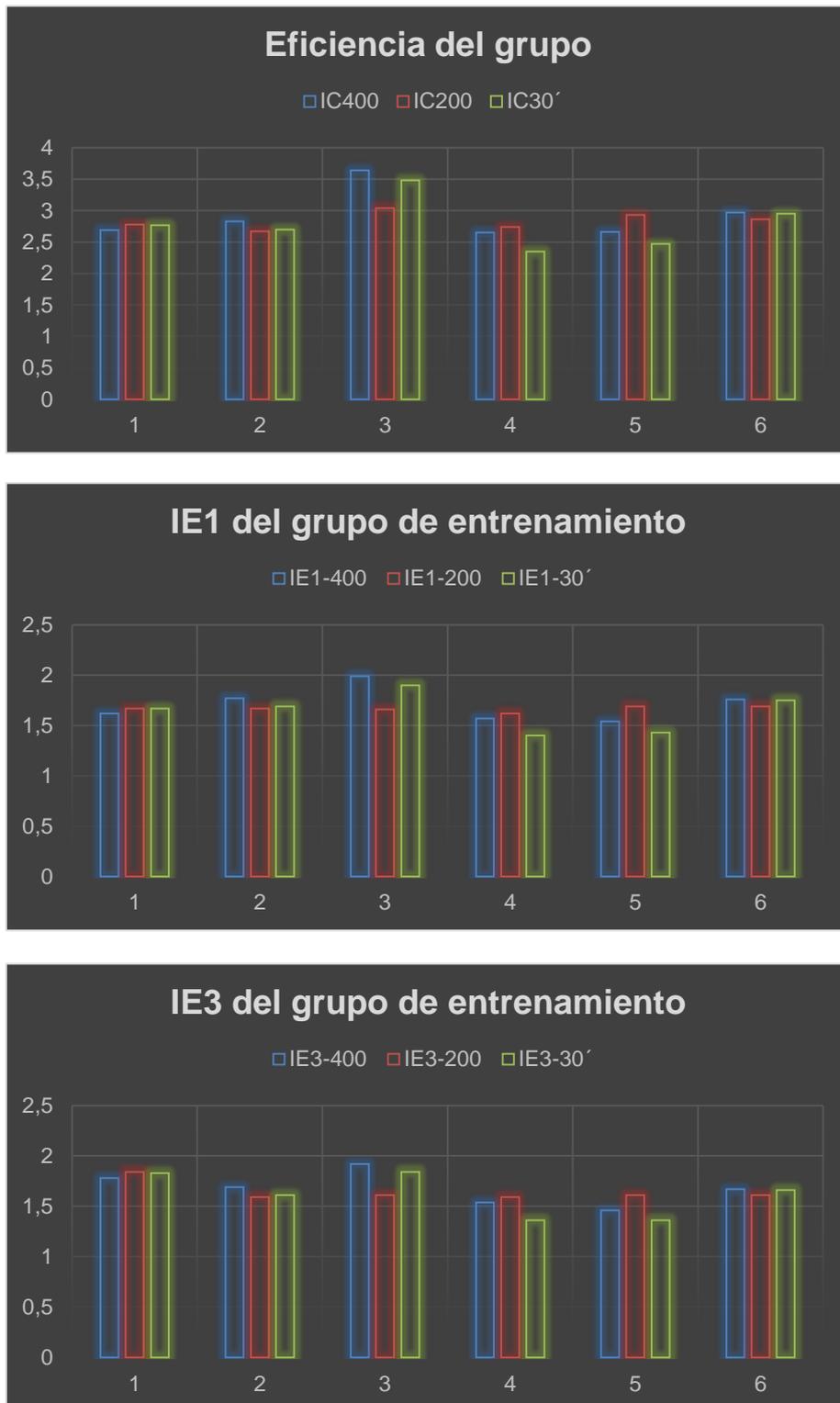


Figura 17. Representación gráfica comparativa de la eficiencia y eficacia del grupo de entrenamiento.

Por último, todos los informes cuentan con un apartado de observaciones en el cual tanto el evaluador como el entrenador puede realizar las anotaciones pertinentes. Además de la

explicación de cada gráfica y de haber algún dato a destacar se señalaría junto a la gráfica correspondiente.

6. DISCUSIÓN

En lo referido a los resultados obtenidos, las variables técnicas nos muestran como la FC se mantiene durante las pruebas de 200 y 400 metros, aumentando al final para compensar la pérdida de LC que se va produciendo a medida que avanza la prueba (Craig, Skehan, Pawelczyk & Boomer, 1985), esto puede ser debido al incremento de la fatiga muscular. Además, si tenemos en cuenta que $V_n = FC \times LC$ el aumento de la FC se debe al intento por el nadador de mantener la V_n , ya que si mantuviese la misma FC y la LC disminuye la V_n descendería, (Dekerle, et al, 2005; Dekerle & Paterson, 2016). Otra de las posibles razones es que los nadadores al acumular fatiga no mantienen la técnica adecuada, perdiendo la alineación corporal, esto se puede deber a la falta de entrenamiento en algunos casos o a que el momento en el que realizan el test no se encuentran en un estado de forma óptimo para rendir. En el caso del *Test de 30'*, se da la misma dinámica que en el 200 y 400 con la excepción de que al final de la prueba se incrementa tanto la FC como la LC, hecho que quizá sea ocasionado ya que al ser una prueba de mayor duración algunos de los nadadores se estuviesen reservando con el propósito de aguantar toda la prueba o simplemente que no fueron al ritmo que tenían nadar durante el test y en el último momento quisieron incrementar el ritmo con el fin de realizar una mayor distancia. Este hecho se puede ser factible ya que solo tres de los nadadores completaron la prueba con más de un 70% del tiempo al ritmo indicado.

Si atendemos a la relación de FC-LC entre pruebas, se ve como los nadadores modifican su LC en función de la prueba que nadan, así realizan la prueba de 200 metros a una menor LC la cual se incrementa en los 400 m y en el *Test de 30'*, esto se puede deber a que los nadadores reducen la FC en pruebas más largas con el objetivo de poder mantener una apropiada LC durante más tiempo, si bien es cierto en el caso de los 200 metros reducirían la LC en favor de la FC para poder alcanzar una mayor V_n obteniendo mejores resultados en la prueba (Huot-Marchand, et al, 2007). Además, debemos tener en cuenta que los nadadores jóvenes son capaces de realizar dichos ajustes, en el caso de los nadadores más pequeños tienden a acortar la brazada en las pruebas de 200 y 400 metros (Mezzaroba & Machado, 2014). Esto puede ser la razón de que reduzcan la LC, ya que, aunque son nadadores de la categoría junior, la mayoría de ellos no tienen la experiencia suficiente ni el nivel para realizar correctamente dichos ajustes.

En cuanto a la eficiencia de nado se observa como el IC es más elevado en pruebas más cortas, disminuye según aumenta la distancia o el tiempo de la prueba en cuestión en este caso de los 200 metros a los 30 minutos (Arellano, Sánchez, 2002). Esto se puede deber a que el $IC = V_n \times LC$, así los nadadores tienen una mayor V_n en las pruebas más cortas lo que compensa la menor LC que pruebas más largas como los 400 metros y los 30'. También se observa como el IC es mayor en los hombres que en las mujeres (Arellano, Sánchez, 2002), si tenemos en cuenta que la fórmula anterior, esto se puede deber a que los hombres suelen tener mayores valores de fuerza. Otra de las razones puede ser que en natación las categorías no se corresponden con los nadadores de la misma edad, en el caso de las mujeres tienen un año menor que los hombres hasta la categoría absoluta, siendo en este caso todos los participantes pertenecientes a la categoría junior los hombres puede que tengan un año más de experiencia en lo referido a entrenamientos. Por todo ello, el IC puede no ser un indicador adecuado para la comparación de la eficiencia entre hombres y mujeres

Si atendemos a los tiempos en función de la especialidad llama la atención como en los 200 y 400 metros la mejor marca la realizaron los velocistas, esto se puede deber a que su nivel es mayor, ya que tienen un nivel nacional. En el caso del *Test de 30'* los resultados muestran una mayor normalidad, ya que los mejores resultados los obtuvieron los fondistas. Así al seguir con la especialidad como variable que distingue a los nadadores se comprueba que los fondistas son los más eficaces en el *Test de los 30'*, siendo esto lo lógico debido a su especialidad.

A la hora de comprobar si los nadadores eran capaces de mantener su *Velocidad Crítica de Nado* durante el *Test de 30'* se observó cómo solo uno de ellos consiguió completar los 30 minutos al ritmo especificado. Si bien es cierto los jóvenes suelen encontrar dificultades a la hora de mantener dicha velocidad, sobre todo cuando pasa los 40 minutos (Dekerle, Brickley, Alberty & Pelayo, 2010). Además, muchos jóvenes no son capaces de mantener dicha velocidad durante un largo periodo de tiempo (Nikitakis, Paradisis, Bogdanis & Toubekis, 2019). Esto puede deberse a que la *Velocidad Crítica de Nado* suele estar sobreestimada al ser calculado mediante los 200 y 400 metros o simplemente los nadadores que no consiguieron completar los 30' de nado a dicho ritmo no estaban en unas condiciones óptimas. También es posible que la especialidad de cada nadador condicione el hecho de mantener el ritmo de nado durante 30' o en este caso, los nadadores en cuestión no estén acostumbrados a realizar pruebas ni distancias por tiempo superior a 30' de una forma continuada e ininterrumpida. En el caso de los nadadores que no llegaron a completar el 70% del Test al ritmo indicado puede ser a su falta a los entrenamientos y consecuente falta resistencia aeróbica. Lo que nos puede indicar quienes estarían en una mejor situación para rendir en pruebas de mayor duración como pueden ser los 1500 metros o de pruebas de larga distancia.

Puede que para los nadadores que se dediquen a competir en pruebas cortas como 50, 100 o 200 metros casi siempre sobreestimara su Velocidad de Nado Crítica ya que les costará mantener más una velocidad elevada durante un largo periodo de tiempo.

7. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

En base a los resultados obtenidos podemos llegar a ciertas conclusiones, las cuales pueden servir para mejorar el conocimiento sobre los nadadores evaluados, así como para mejorar los planes de entrenamiento y en consecuencia obtener un mayor rendimiento.

Por ello y antes de detallar las conclusiones, tenemos que tener claro que algunas de las situaciones que se dan en nuestra muestra nos son extrapolables a otros grupos debido al reducido número de los participantes. Las conclusiones a las que llegamos son las siguientes:

- El LPE Swimming Index es una buena herramienta para valorar, evaluar a nuestros nadadores, y para la posterior realización de un informe individual. Así podemos valorar la resistencia aeróbica gracias al *Test de Velocidad Crítica de Nado*, la eficiencia y eficacia de los nadadores durante la realización del *Test de Velocidad de Crítica de Nado* y durante la posterior realización del *Test de 30´* de nado continuo, sin olvidar aspectos técnicos básicos como la FC y LC. Además, de ubicar al nadador en el nivel nacional de una prueba mediante el tiempo de su mejor marca.
- Respecto a los nadadores, hemos podido observar y ver en qué momento se encuentran, es decir su nivel y si podrían rendir, ya que hemos calculado el porcentaje al que han realizado el *Test de Velocidad de Crítica de Nado* sobre su mejor marca personal. También se ha evidenciado como, tal y como detalla la bibliografía, los nadadores tienden a reducir la LC según avanza la prueba debido a la fatiga, si bien es cierto esa pérdida se puede compensar en cierta medida con el aumento de la FC. Sin olvidar que lo ideal es que exista un equilibrio y que los nadadores consigan mantener una LC con una correcta FC.
- En cuanto a la dificultad que encuentran los nadadores a la hora de mantener la velocidad crítica durante ciertos periodos de tiempo, en este caso 30 minutos, hemos podido observar como en nuestro grupo solo uno conseguía mantener el ritmo indicado durante todo el tiempo, de manera que confirmamos dicha dificultad, ya sea por la sobreestimación de dicha velocidad como afirman otros estudios o por otras razones.

En cuanto a las aplicaciones prácticas, la presente herramienta es de gran utilidad para los entrenadores debido a una serie de razones:

- En ella se analiza la resistencia aeróbica de los nadadores mediante test con fundamentación teórica, esto le da una información al entrenador muy importante a la hora de planificar y monitorizar los entrenamientos. Además, mediante la hoja de cálculo de Oca (2013) se obtienen los ritmos de nado para diferentes zonas de entrenamiento.
- En cuanto a la valoración, podemos saber si el test es válido para el entrenador debido a que se contrasta el ritmo mediante un segundo test, comprobando si los deportistas son capaces de aguantar ese ritmo durante largos periodos de tiempo.
- No solo es un análisis físico, también técnico, lo cual analiza aspectos fundamentales en un deporte donde la técnica tienen una gran relevancia debido al medio donde se realiza. También, se obtienen los niveles de eficiencia y eficacia.
- Al ser un informe con datos obtenidos mediante test sencillos, facilita la tarea a los entrenadores a la hora de interpretar los datos, siendo muy visual gracias al gráfico en área con forma de pentágono que muestra desde un primer momento el punto en el que se encuentra nuestro deportista.
- Una de las mayores aplicaciones del LPE Swimming Index, es la agrupación de los datos y su interrelación para obtener un análisis detallado de tanto aspectos físicos como técnicos que nos permiten observar las fortalezas y debilidades, así como ver su posible predisposición hacia unas pruebas u otras en el momento de la realización del test. Todo esto realizado mediante test no invasivos y que no necesitan de una gran inversión o una gran cantidad de recursos, ya que prácticamente solo es necesario un cronometro y las cartulinas para indicar los ritmos de nado.
- Aparte del carácter individual que tiene, también podemos cruzar los datos con los otros deportistas del grupo, pudiendo saber cómo es mi nadador dentro del grupo de entrenamiento, sobre todo en los valores de eficiencia y eficacia que son más relativos.

8. VALORACIÓN PERSONAL

Desde el primer momento sabía que este Trabajo Fin de Máster quería que estuviese relacionado con el deporte en al que me dedico y especializo, la natación. Tras ciertas vueltas sobre la temática, finalmente decidí seguir las líneas ya marcadas por mi Trabajo Fin de Grado. Durante este proceso el ejercer como profesional y llevar procesos para la valoración y evaluación de deportistas siempre es enriquecedor tanto como estudiante como entrenador. Por ello, la asignatura TFM siempre nos obliga a realizar una actualización de la bibliografía para poder tener en cuenta todos los aspectos a analizar, siendo críticos con todas las investigaciones.

El crear una herramienta y personalizar una manera de interpretar los datos de los análisis realizados me parece algo importante, ya no solo por el hecho evidente de que la información obtenida nos permite obtener un mayor conocimiento sobre nuestros deportistas además de que si utilizamos esos datos correctamente obtendremos un mayor rendimiento deportivo. Desde mi punto de vista lo verdaderamente importante ha sido la reflexión del que quiero saber sobre mi deportista, como lo voy valorar o evaluar y para que me sirven los datos obtenidos. También, el cómo voy a estructurar la información obtenida para poder interpretarla de una forma rápida, siendo esta lo más visual posible.

Todo ello tratando de que sea algo de carácter práctico para cualquier entrenador y que no se quede en un mero análisis. Todo esto es lo que me ha llevado a disfrutar de la realización del presente trabajo.

Por último, añadir las posibles líneas futuras de trabajo. En primer lugar, se plantearía una línea que permitiera perfeccionar el LPE Swimming Index desarrollando un modelo que permita al entrenador elegir el test que va a utilizar, para poder analizar al deportista de otro modo. Esto sería ideal para generalizar el uso de esta herramienta, ya que no todos los entrenadores realizamos los mismos test para valorar a nuestros deportistas. Otra línea de trabajo podría encaminarse en el uso de la frecuencia de ciclo crítica para monitorizar el entrenamiento, aunque según los autores de referencia todavía queda por investigar si es un valor fiable a la hora de entrenar.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alberty, M., Sidney, M., Huot.Marchand, F., Hespel, J.M., Pelayo, P. (2005). Intracyclic Velocity Variations and Arm Coordination During Exhaustive Exercise in Front Crawl Stroke. *International Journal Sport Medicine*, 26, 471-475.
- Arellano, R. (2010). *Entrenamiento técnico de natación*. España: Cultivalibros.
- Arellano, R. y Morales, E. (2005). Análisis de las diferencias cuantitativas de la técnica entre los alumnos de una escuela de la natación. *Apunts: Educación física y deportes*, 79, 49-58.
- Barden, J.,y Kell, R. (2009). Relationships between stroke parameters and critical swimming speed in a sprint interval training set. *Journal of Sport Sciences*, 27 (3), 227-235.
- Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports*, 14(5), 377-381.
- Costill, D. L., Kowaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R. y King, D. (1985). Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. *International Journal Sports Medicine* 6, 266-270.
- Craig, A., Skehan, P., Pawelczyk, J.,y Boomer, W. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and science in sport and exercise* 17(6), 625-634.
- De Amerych, J.,y Gibelalde, I. (2005). Análisis de la competición en natación. *I Congreso Virtual de Investigación en la Actividad Física y el Deporte 1-13*. Victoria Gasteiz: Instituto Vasco de Educación Física.
- Dekerle, J. (2006). The use of critical velocity in swimming. A place for critical stroke rate? *Portuguese Journal of Sport Sciences* 6(2), 201-205.
- Dekerle, J., Brickley, G., Alberty, M., y Pelayo, P. (2010). Characterising the slope of the distance-time relationship in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13, 365-370.
- Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Huot Marchan, F., y Pelayo, P. (2005). Strokng Parameters in Front Crawl Swimming and Maximal Lactate Steady State Speed. *International Journal of Sport Medicine*, 26, 53-58.

- Dekerle, J., y Paterson, J. (2016). Muscle Fatigue When Swimming Intermittently Above and Below Critical Speed. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 11, 602-607.
- Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J. M., y Pelayo, P. (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sport Medicine*, 23, 93-98.
- Foster, C, Florhaug, JA, Franklin, J, Gottschall, L, Hrovatin, LA, Parker, S., Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 109–115.
- García, S., y Salguero, A. (2017). Índices de eficacia en la prueba de natación de 50 metros libres. *Natación, Saltos, Waterpolo*, 40(4), 29-39.
- Ginn, E. (1993). *Critical speed and training intensities for swimming*. Australian Sport Comission.
- Greco, C., y Denadai, B. (2005). Critical speed and endurance capacity in young swimmers: effects of gender and age. *Pediatric Exercise Science*, 17, 353-363.
- Hill, D., Steward, R., y Lane, C. (1995). Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatric exercise science*, 7, 281-293.
- Huot.Marchand, F., Nesi, X., Sidney, M., Alberty, M., y Pelayo, P. (2007). Variations of stroking parameters associated with 200 m competitive performance improvement in top-estándar front crawl swimmers. *Sports Biomechanics*, 4(1), 89-100.
- Kent, M. (2003). *Diccionario Oxford de medicina y ciencias del deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Machado, M., Júnior, O., Marques, A., Colantonio, E., Cyrino, E., y Tulio, M. (2011). Effect of 12 weeks of training on critical velocity and maximal lactate steady state in swimmers. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 165-170.
- Maglischo, E. (2003). *Swimming fastest. The essential reference on technique, training, and programing design*. Human kinetics.
- Maglischo, E. (2009). *Natación. Técnica, Entrenamiento y Competición*. Barcelona: Paidotribo.
- Mezzaroba, P., y Machado, F. (2014). Effect of Age, Anthropometry, and Distance in Stroke Parameters of Young Swimmers. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 9, 702-706.

- Navarro, F., Oca, A., y Castañón, F.J. (2003). *El Entrenamiento del nadador joven*. España: Gymnos.
- Navarro, F., Oca, A. (2011). *El entrenamiento Físico de Natación*. España: Cultivalibros.
- Nikitakis, I., Paradisis, G., Bogdanis, G., y Toubekis, A. (2019). Physiological Responses of Continuous and Intermittent Swimming at Critical Speed and Maximum Lactate Steady State in Children and Adolescent Swimmers. *Sports*, 7(25).
- Oca, A. (2013). Uso de la velocidad crítica para el entrenamiento de la resistencia aeróbica en nadadores jóvenes. *Natación, Saltos, Waterpolo*, 36(4), 21-24.
- Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H., Hollman, W. (1985). Relationship between swimming velocity and lactatic concentration during continuous and intermitent training exercises. *International Journal of Sport Medicine*, 6(2), 74-77.
- Real Federación Española de natación (2019). Ranking: <https://rfen.es/es/competitions/swimming/rankings/licenses>.
- Robertson, R.J., Noble, B.J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators and applications. *Exercise Sport Science Review*, 25, 407-452.
- Rodríguez, A. (2005). Análisis de la eficacia en nadadores según aspectos antropométricos: el Índice de Eficacia. *Comunicaciones técnicas* ,2, 3-8.
- Sánchez, J.A., y Arellano, R. (2002). *El análisis de la competición en natación: estudio de la situación actual, variables y metodología*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física. Universidad de Granada.
- Sánchez, J.A., y Arellano, R. (2002). Stroke index values accoding to level, gender, swimming style and event race distance. *XXth International Symposium on Bio-mechanics in Sports, Cáceres: Universidad de Extremadura*, pp: 56–59.
- Sánchez, A., y Salguero, A. (2016). Valoración de la resistencia aeróbica de los nadadores a través del test de la velocidad crítica de nado. *Natación, Saltos, Waterpolo*, 39(1), 19-26.
- Sousa, M., Vilas-Boas, J.P., y Fernandes, R.J. (2012). Is the crittical velocity test a good tool for aerobic assessment of children swimmers?. *The Open Sports Science Journal*, 5, 125-129
- Vandewalle, H., Vautier, J.F., Kachouri, M., Lechevalier, y J.M., Monod, H. (1977). *Work exhaustion time relationships and the critical power concept*. *Journal Sport Medicine Physical Fitness*, 37, 89-102.

- Vinicius, M., Andries, O., Rosas, A., Okada, R., Custodio, A., Ricardo, L., y Maurino, D. (2009). A influência de diferentes distâncias na determinação da velocidade crítica em nadadores. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* 11, (2), 190-194.
- Wakayoshi, K., Ikuta, K., Yoshida, T., Udo, M., Moritani, T., Mutoh, Y., y Miyashita, M. (1992). Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 153-157.
- Wakayoshi, K., Acquisto, L.J., Cappaert, J., y Troup J.P. (1995). Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke rate and Swimming Velocity in Competitive Swimming. *International Journal Sport Medicine*, 16, 19-23.
- Zacca, R., y Castro, F.S. (2009). Comparação entre Diferentes Modelos de Obtenção de Velocidade Crítica em Nadadores Juvenis. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, 8 (2), 52-60.
- Zacca, R., y Castro, F.S. (2010). Critical swimming speed obtained by the 200-400 model in young swimmers. *XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, 4, 307-309.
- Zarzeczny, R., Kuberski, M., Deska, A., y Rydz, K. (2013). The evaluation of critical swimming speed in 12 years old boys. *Human Movement*, 14(1), 35-40.



10. ANEXOS

ANEXO 1 LPE Swimming Index de un deportista a modo de ejemplo

LPE SWIMMING INDEX

Nombre	Deportista 3		
---------------	--------------	--	--

Datos personales

Edad	18
Altura	183
Envergadura	189
Peso	68,9

Especialida	Fondo
Estilo	Crol, brazo
MMP 400	283,1
MMP 200	132
MMP Prueb	1116,47
MMN E	959,11

Datos Test

Test Velocidad crítica	
T 400	284,81
T200	131,87
V.Crítica	1,29
RPE 200	8,00
RPE 400	9,00
IC 200	3,04
IE1 200	1,66
IE3 200	1,61
IC 400	3,64
IE1 400	1,99
IE3 400	1,92

Test 30'	
Metros	2300,00
% V. Crítica	100,00
RPE	9,00
IC	3,84
IE1	1,90
IE3	1,84

Datos LPE

V1	V2	V3	V4	V5
9,94	10,01	10,00	9,00	8,36

Observaciones

Datos desglosados de los test

INFORME

Si se observa el Péntagono, podemos apreciar como este está muy abierto y próximo a un pentágono perfecto, esto es indicativo del buen estado en el que se encuentra nuestro deportista en relación con sus marcas personales.

Podemos afirmar que el deportista se encuentra en una situación indicada para competir y poder batir sus propias marcas personales, ya que realizó los 400 metros casi en mejor marca y mejorando su propia marca en los 200 m como se puede observar en V1 y V2. Con más razón si tenemos en cuenta que el test se realiza sin salida de poyete.

Que el deportista consiga completar los 30 minutos a la Velocidad Crítica estimada, tal y como nos indica V3 nos permite reafirmar el buen estado en el que se encuentra, y poder usar este ritmo en los entrenamientos, pero nos lleva a considerar si esta velocidad no esta infraestimada.

Al ser Test máximos V4 nos indica que la Percepción Subjetiva del Esfuerzo que tuvo el deportista confirma que ambos fueron realizados a dicha intensidad.

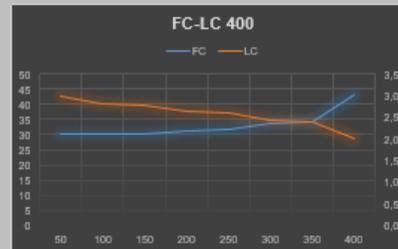
Por último observamos como el V5 es el valor más bajo siendo este el indicativo de que nuestro deportista no se encuentra a un buen nivel nacional en su mejor prueba, en este caso el 1500 libre.

Todos estos índices nos dan un valor de eficiencia y eficacia de nuestro deportista, en el último apartado se comparan los índices de todos los nadadores del grupo de entrenamiento.

En estos podemos observar como el deportista 3 tiene una mayor eficacia en relación con su altura que con su envergadura en todas las pruebas.

Muestra una mayor eficiencia de nado en el test de 30 minutos seguido de los 400 metros. Además, este deportista es más eficaz en la distancia de 400 metros atendiendo a IE1 e IE3 que en las otras pruebas. Siendo este un indicador para obtener una mayor rendimiento en distancias de medio fondo y fondo.

400 metros	50	100	150	200	250	300	350	400
TP	33,37	35,15	36	36,33	36,25	36,6	36,33	34,78
FC	30	30,3	30,1	31,1	31,7	33,9	34,4	43
LC	3,00	2,82	2,77	2,66	2,61	2,42	2,40	2,01
IC	4,49	4,01	3,85	3,65	3,60	3,30	3,30	2,88
IE1	2,45	2,19	2,10	2,00	1,97	1,81	1,81	1,58
IE2	2,38	2,12	2,03	1,93	1,91	1,75	1,75	1,53

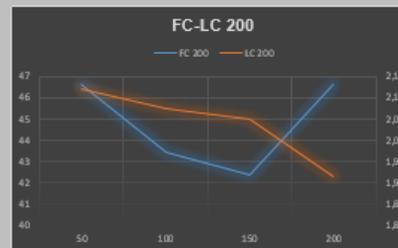


En cuanto a curva de la dinámica de FC y LC, en los 400 m muestra como la LC va disminuyendo a la larga de la prueba y la FC va a aumentando progresivamente.

En la curva de la dinámica de FC y LC, de los 200 m la LC disminuye progresivamente y la FC también pero con un repunte en el último parcial de la prueba, este produce que en este parcial la LC disminuya en mayor medida.

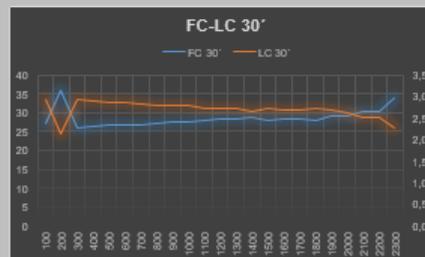
Sería interesante que el nadador en ambas pruebas llegase a mantener constantes ambas variables con el fin de mejorar el rendimiento en la prueba, tratando sobre todo en los 200 m de mantener la FC más estable incrementandola al finalizar la prueba aunque ello conlleve un deterioro de la LC. Hecho que se da en todos los deportistas debido a la fatiga muscular producida durante la prueba.

200 metros	50	100	150	200
TP 200	30,37	33,32	34,53	33,65
FC 200	46,6	43,4	42,4	46,6
LC 200	2,12	2,07	2,05	1,91
IC	3,49	3,11	2,97	2,84
IE1	1,91	1,70	1,62	1,55
IE2	1,85	1,65	1,57	1,50



30 minutos	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300
TP 30	75,08	78,47	79,6	78,56	78,62	78,96	78,64	78,5	78,5	78,08	78,42	78,22	78,43	78,18	78,7	78,72	78,4	79,1	77,25	78,75	77,9	78	77,6
FC 30'	27,1	36	25,8	26,4	26,6	26,7	26,9	27,2	27,4	27,6	28	28,2	28,2	28,8	28	28,5	28,3	28	29	29,2	30,5	30,4	33,9
LC 30'	2,95	2,12	2,32	2,89	2,87	2,85	2,84	2,81	2,79	2,78	2,73	2,72	2,71	2,66	2,72	2,67	2,70	2,71	2,68	2,61	2,53	2,53	2,28
IC	3,93	2,71	3,67	3,68	3,65	3,60	3,61	3,58	3,55	3,57	3,48	3,48	3,46	3,41	3,46	3,40	3,45	3,42	3,47	3,31	3,24	3,24	2,94
IE1	2,15	1,48	2,01	2,01	1,99	1,97	1,97	1,96	1,94	1,95	1,90	1,90	1,89	1,86	1,89	1,86	1,88	1,87	1,89	1,81	1,77	1,77	1,61
IE2	2,08	1,43	1,94	1,95	1,93	1,91	1,91	1,89	1,88	1,89	1,84	1,84	1,83	1,80	1,83	1,80	1,83	1,81	1,83	1,75	1,72	1,72	1,56

TVCN 1800,68



En el caso de la prueba de 30 minutos la dinámica se mantiene estable durante toda la prueba, manteniendo una mejor relación entre ambas que en las pruebas anteriores. Este hecho nos puede indicar como el nadador puede tener una mayor predisposición a las pruebas de mayor duración o que al indicarle el ritmo de nada dichas variables mantienen una relación más correcta.

Datos del grupo de entrenamiento

		IC400	IC200	IC30'
Deportista	1	2,69	2,78	2,77
Deportista	2	2,83	2,67	2,7
Deportista	3	3,64	3,04	3,48
Deportista	4	2,65	2,74	2,35
Deportista	5	2,66	2,93	2,47
Deportista	6	2,97	2,86	2,95



		IE1-400	IE1-200	IE1-30'
Deportista	1	1,62	1,67	1,67
Deportista	2	1,77	1,67	1,69
Deportista	3	1,99	1,66	1,9
Deportista	4	1,57	1,62	1,4
Deportista	5	1,54	1,69	1,43
Deportista	6	1,76	1,69	1,75



		IE3-400	IE3-200	IE3-30'
Deportista	1	1,78	1,84	1,83
Deportista	2	1,69	1,59	1,61
Deportista	3	1,92	1,61	1,84
Deportista	4	1,54	1,59	1,36
Deportista	5	1,46	1,61	1,36
Deportista	6	1,67	1,61	1,66



Al integrar los valores de los Índices de eficiencia y eficacia (IC, IE1, IE3) podemos valorar en contexto a cada nadador.

Así el deportista 3 muestra un mayor IC en las tres pruebas.

En lo referido al IE1, muestra una mayor eficacia en las pruebas de 400 metros y 30 minutos, siendo superado por otros deportistas en la prueba de 200 metros.

En lo referido al IE3 ocurre lo mismo que con el IE1, pero observamos como el deportista 1 tiene valores similares en la prueba de 30 minutos.

Al realizar estas comparaciones y teniendo en cuenta la especialidad de nuestro deportista y las dinámicas de la FC y LC anteriormente analizadas, nos reafirmamos en su predisposición a pruebas de medio fondo y fondo. Ya que es de esperar que obtenga buenos resultados, así como mejores resultados que sus compañeros de entrenamiento.

ANEXO 2 Consentimiento e información

CONSENTIMIENTO E INFORMACIÓN PARTICIPANTES

El proyecto realizado por el alumno Andrés Sánchez García del Máster de Rendimiento Deportivo de la Universidad de León, consiste en la elaboración de un informe para valorar la eficacia de los nadadores a través de diferentes test.

La participación es totalmente voluntaria, la información recogida de los nadadores será de uso exclusivo para la realización de este trabajo de fin de máster. A los nadadores se les informará de los test de nado que tienen que realizar, así como de las mediciones antropométricas que se van a llevar a cabo. También informar, que es posible que se tenga que realizar alguna grabación durante el nado en la Piscina La Palomera de León.

El fin de este proyecto es mejorar la valoración de la eficacia de los nadadores como su condición física. Los resultados obtenidos se les proporcionarán a los deportistas y serán utilizados para mejorar los entrenamientos.

Cualquier duda que surja durante la realización del presente proyecto será resuelta, ya sea de los nadadores o de sus tutores legales. En cualquier momento el nadador puede decidir dejar de colaborar en este trabajo.

Por ello, acepto participar voluntariamente en la realización del presente proyecto, habiendo sido informado del procedimiento que se va a llevar a cabo, así como de su finalidad.

Autorizo la utilización de la información recogida, ya sean imágenes o datos, por parte del alumno Andrés Sánchez García.

León, a __ de ____ del 2019.

Nombre:

Fdo.

Si el deportista es menor de edad deberá dar su consentimiento el padre/ madre o tutor legal.

León, a __ de ____ del 2019.

El padre/ madre o tutor legal:

Fdo.

ANEXO 3. Hoja de datos del deportista

NOMBRE					EDAD	
SEXO	Masculino	Femenino		PESO		
ALTURA				ENVERGADURA		
CATEGORÍA	Alevín	Infantil	Junior	Absoluto		
PRUEBAS	50 libres	100 libres	200 libres	400 libres	800 libres	1500 libres
	50 braza	100 braza	200 braza			
	50 espalda	100 espalda	200 espalda			
	50 mariposa	100 mariposa	200 mariposa			
		100 estilos	200 estilos	400 estilos		
HORAS SEMANALES			AÑOS DE ENTRENAMIENTO			
MÁXIMO NIVEL COMPETITIVO ALCANZADO						
NIVEL COMPETITIVO ACTUAL						

ANEXO 4. Escala de Percepción de Esfuerzo Subjetivo Foster et al (2001)

0	Recuperación
1	Muy, muy fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Máximo

ANEXO 5. Análisis descriptivo de los Índices de Eficacia

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
IE1_400_50	7	1,85	2,46	2,0575	0,21400
IE1_400_100	7	1,71	2,18	1,8116	0,18321
IE1_400_150	7	1,61	2,10	1,7634	0,18151
IE1_400_200	7	1,55	2,01	1,7358	0,16897
IE1_400_250	7	1,53	1,97	1,6735	0,16692
IE1_400_300	7	1,49	1,81	1,6256	0,12213
IE1_400_350	7	1,39	1,82	1,6049	0,16053
IE1_400_400	7	1,38	1,93	1,6305	0,19434
IE1_200_50	7	1,62	1,93	1,8110	0,11905
IE1_200_100	7	1,62	1,76	1,6937	0,05412
IE1_200_150	7	1,56	1,76	1,6168	0,06701
IE1_200_200	7	1,48	1,72	1,6206	0,08450
IE1_30_100	7	1,69	2,24	1,9769	0,20027
IE1_30_200	7	1,47	2,04	1,7191	0,22803
IE1_30_300	7	1,46	2,02	1,7537	0,21678
IE1_30_400	7	1,40	2,01	1,7483	0,24845
IE1_30_500	7	1,43	2,01	1,7455	0,21664
IE1_30_600	7	1,43	2,02	1,6942	0,23971
IE1_30_700	7	1,43	1,96	1,7039	0,19419
IE1_30_800	7	1,35	1,94	1,6643	0,22326
IE1_30_900	7	1,35	1,99	1,6641	0,24483
IE1_30_1000	7	1,29	1,98	1,6751	0,26962
IE1_30_1100	7	1,45	1,98	1,6907	0,20567
IE1_30_1200	7	1,35	1,90	1,6594	0,19708
IE1_30_1300	7	1,46	1,90	1,6880	0,17997
IE1_30_1400	7	1,42	1,89	1,6896	0,16223
IE1_30_1500	7	1,30	1,90	1,6232	0,22856
IE1_30_1600	7	1,28	1,85	1,6195	0,22768
IE1_30_1700	7	1,38	1,99	1,6422	0,24964
IE1_30_1800	7	1,32	1,96	1,6621	0,23502
IE1_30_1900	7	1,32	1,96	1,6665	0,25706
IE1_30_2000	7	1,30	1,89	1,6261	0,19069
IE1_30_2100	6	1,59	1,95	1,6993	0,13798
IE1_30_2200	5	1,59	2,43	1,8577	0,33552
IE1_30_2300	4	1,61	2,08	1,7692	0,20978
IE3_400_50	7	1,87	2,38	2,0187	0,18895
IE3_400_100	7	1,63	2,11	1,7796	0,18577
IE3_400_150	7	1,53	2,04	1,7311	0,17113
IE3_400_200	7	1,47	1,94	1,7046	0,16588

IE3_400_250	7	1,45	1,91	1,6439	0,16846
IE3_400_300	7	1,43	1,75	1,5974	0,13571
IE3_400_350	7	1,35	1,76	1,5772	0,17109
IE3_400_400	7	1,35	1,85	1,6017	0,19574
IE3_200_50	7	1,54	1,89	1,7799	0,12108
IE3_200_100	7	1,59	1,78	1,6648	0,06996
IE3_200_150	7	1,49	1,94	1,5934	0,15452
IE3_200_200	7	1,46	1,75	1,5929	0,09403
IE3_30_100	7	1,65	2,13	1,9416	0,18338
IE3_30_200	7	1,42	2,01	1,6930	0,25528
IE3_30_300	7	1,39	1,95	1,7248	0,22401
IE3_30_400	7	1,33	1,98	1,7207	0,26289
IE3_30_500	7	1,40	1,99	1,7166	0,22386
IE3_30_600	7	1,36	1,99	1,6655	0,23961
IE3_30_700	7	1,36	1,90	1,6746	0,19036
IE3_30_800	7	1,32	1,90	1,6361	0,22320
IE3_30_900	7	1,32	1,97	1,6361	0,24524
IE3_30_1000	7	1,22	1,96	1,6502	0,29136
IE3_30_1100	7	1,38	1,95	1,6622	0,20810
IE3_30_1200	7	1,32	1,87	1,6305	0,19205
IE3_30_1300	7	1,39	1,85	1,6610	0,19899
IE3_30_1400	7	1,38	1,87	1,6626	0,18615
IE3_30_1500	7	1,23	1,88	1,5984	0,24906
IE3_30_1600	7	1,22	1,89	1,5958	0,25716
IE3_30_1700	7	1,33	1,97	1,6177	0,27263
IE3_30_1800	7	1,26	1,93	1,6362	0,25194
IE3_30_1900	7	1,25	1,93	1,6392	0,26157
IE3_30_2000	7	1,27	1,86	1,5987	0,19589
IE3_30_2100	6	1,52	1,93	1,6809	0,16055
IE3_30_2200	5	1,52	2,31	1,8354	0,29020
IE3_30_2300	4	1,56	2,05	1,7717	0,21722