

TESIS DOCTORAL

EVALUACION DE LA FUERZA PROPULSIVA EN NATACION Y SU RELACION CON EL ENTRENAMIENTO Y LA TECNICA

Autor: Raúl Arellano Colomina

Director: Dr. Jaime Vila Castellar

UNIVERSIDAD DE GRANADA

**DEPARTAMENTO DE PERSONALIDAD, EVALUACION Y
TRATAMIENTO PSICOLOGICO**

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION FISICA

PROGRAMA: MOTRICIDAD HUMANA

Granada Enero de 1992

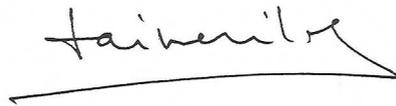
INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

D. JAIME VILA CASTELAR, Catedrático de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológicos de la Universidad de Granada, Director de la Tesis: "Evaluación de la Fuerza Propulsiva en Natación y su Relación con el Entrenamiento y la Técnica", de la que es autor D. Raúl Arellano Colomina.

AUTORIZA la presentación de la referida Tesis para su defensa y mantenimiento de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 185/1985 de 23 de enero.

INFORMANDO que la presente Tesis Doctoral ha sido realizada por el doctorando en el Laboratorio de Análisis del Movimiento del Instituto Nacional de Educación Física de la Universidad de Granada y que cumple los requisitos necesarios de calidad y originalidad para su defensa.

Granada, 20 de enero de 1992

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jaime Vila', with a long horizontal line underneath it.

Fdo.: Jaime Vila Castellar

Agradecimientos

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento al Director de esta Tesis, Prof. D. Jaime Vila Castellar, no sólo por su ayuda y colaboración, sino también por la paciencia con que me ha atendido estos años.

A José Andrés Sánchez, Gracia López y Ricardo Ureña que participaron en los experimentos, primero como sujetos y después como colaboradores en la recogida de datos y entrenamiento.

A mis compañeros de Departamento que con sus comentarios y ánimo colaboraron en la finalización de esta Tesis.

A los nadadores y alumnos del INEF que soportaron como deportistas las sesiones de entrenamiento y evaluación.

A D. José María Cagigal *in memoriam* que nos descubrió, a los que fuimos sus alumnos, el Deporte como objeto de la Ciencia.

A mis padres por darme la libertad para decidir mi futuro y por enseñarme a nadar.

Y especialmente, a Susana porque gracias a ella, con ella y para ella he realizado esta Tesis.

INDICES

INDICE GENERAL

CAPITULO I

INTRODUCCION 1-6

- 1.1. - El Nadador como un Sistema Mecánico 3
- 1.2. - Objetivos 5

CAPITULO II

LA FUERZA PROPULSIVA EN NATACION 7-25

- 2.1. - Introducción 8
- 2.2. - Fuerza Propulsiva de las Extremidades Superiores 9
 - 2.2.1. - Fuerza de arrastre 9
 - 2.2.2. - Fuerza de sustentación 10
 - 2.2.3. - Trayectoria propulsiva y posición de la mano 15
- 2.3. - Interacción de la Fuerza de Arrastre y de Sustentación 16

CAPITULO III:

MEDICION EXPERIMENTAL DE LA FUERZA PROPULSIVA 26-79

- 3. 1. - Medición Indirecta de la Fuerza Propulsiva 27
- 3. 2. - Medición Directa de la Fuerza Propulsiva 34
 - 3. 2. 1. - Registro de la Fuerza Propulsiva a Velocidad Cero 34
 - 3. 2. 2. - Registro de la Fuerza Propulsiva a Velocidad Distinta de Cero 60
- 3.3. - Otras Investigaciones Relacionadas con el Problema 72
 - 3.3.1. - Otras variables relacionadas con la medición de la fuerza propulsiva 72
 - 3.3.2. - Procedimientos para la evaluación cualitativa de registros
de fuerza y de variables cinemáticas 74
- 3.4. - Aspectos más Importantes Tratados en el Presente Capítulo 76

CAPITULO IV

EL ESTILO CROL COMO FORMA DE

DESPLAZAMIENTO HUMANO EN EL AGUA 80-98

4.1. - Antecedentes Históricos	81
4.2. - El Estilo Crol	82
4.2.1. - Descripción de los movimientos realizados por las extremidades superiores.....	83
4.2.1.1. - Entrada y extensión.....	85
4.2.1.2. - Movimiento hacia abajo	86
4.2.1.3. - Movimiento hacia dentro	86
4.2.1.4. - Movimiento hacia arriba	88
4.2.1.5. - Movimiento de recobro	89
4.2.1.6. - Coordinación entre extremidades superiores	92
4.2.2. - Descripción de los movimientos de las extremidades inferiores	94
4.2.2.1. - Fase descendente.....	94
4.2.2.2. - Fase ascendente.....	94
4.2.3. - Coordinación entre los miembros inferiores y superiores, y la coordinación respiratoria	96

CAPITULO V

METODO 99-147

5.1. - Aparatos	101
5.1.1. - Registro de la fuerza propulsiva.....	101
5.1.1.1. - Dinamómetro	101
5.1.1.2. - Sistema de sujeción.....	103
5.1.1.3. - Amplificador	106
5.1.1.4. - Computador y tarjeta convertidora A/D	106
5.1.1.5. - Programas utilizados en el registro	106
5.1.1.6. - Calibración	107
5.1.1.7. - Programas informáticos	107
5.1.2. - Análisis de las trayectorias propulsivas	109
5.1.2.1. - Sistema de filmación subacuático	109
5.1.2.2. - Digitalización de las trayectorias	114
5.1.3. - Evaluación de la flexibilidad	116
5.1.3.1. - Articulaciones seleccionadas y su valoración angular	116

5.1.4. - Análisis cuantitativo de la técnica o análisis de la competición	119
5.1.4.1. - Procedimientos de filmación.....	119
5.1.4.2. - Programas informáticos utilizados.....	120
5.2. - Experimento 1	123
5.2.1. - Sujetos	123
5.2.2. - Diseño y procedimiento	124
5.2.3. - Tratamiento de datos	126
5.3. - Experimento 2	128
5.3.1. - Sujetos	128
5.3.2. - Diseño y procedimiento	132
5.3.3. - Tratamiento de datos	135
5.4. - Experimento 3	136
5.4.1. - Sujetos	136
5.4.2. - Diseño y procedimiento	144
5.4.3. - Tratamiento de datos	147

CAPITULO VI

RESULTADOS148-195

6.1. - Experimento 1	149
6.1.1. - Análisis descriptivo	149
6.1.1.1. - Análisis gráfico	149
6.1.1.2. - Promedios	154
6.1.2. - Análisis correlacional e inferencial	158
6.2. - Experimento 2	162
6.2.1. - Análisis descriptivo	162
6.2.1.1. - Análisis gráfico	162
6.2.1.2. - Promedios	171
6.2.2. - Análisis correlacional	174
6.2.3. - Análisis inferencial.....	178
6.3. - Experimento 3	181
6.3.1. - Análisis descriptivo	181
6.3.1.1. - Promedios	181
6.3.2. - Análisis correlacional	189
6.3.2.1. - Correlaciones entre las distintas variaciones técnicas	189
6.3.2.2. - Correlaciones en las variables medidas repetidamente	190
6.3.2.3. - Correlaciones en los diferentes grupos	190

Anexo VII	Tablas de análisis de varianza del experimento nº 3	325
Anexo VIII	Programas informáticos utilizados	347

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1.1	Fuerzas externas que actúan sobre el nadador al desplazarse en el agua	4
------------	--	---

CAPITULO II

Figura 2.1	Fuerza propulsora obtenida por la hélice al girar en un plano perpendicular a la dirección de movimiento	10
Figura 2.2	A. La diferencia de velocidad entre la parte superior e inferior del ala hace que existan diferencias también entre las presiones. B. En un objeto esférico en rotación, la velocidad del fluido es mayor en las partes donde el rozamiento con la superficie de la esfera acelera al fluido.	12
Figura 2.3	Diagrama de la visualización teórica de los vórtices generados por la mano al desplazarse en el agua, al modificarse el ángulo de ataque	14
Figura 2.4	Direcciones básicas que puede tomar el fluido con relación a la mano. Este ángulo se denomina azimut	17
Figura 2.5	Diagrama polar del coeficiente de sustentación obtenido en un modelo de mano en mediciones en un tubo de corriente	19
Figura 2.6	Diagrama polar del coeficiente de arrastre obtenido en un modelo de mano en mediciones en un tubo de corriente	20
Figura 2.7	Representación de los vectores de fuerza aplicada en un punto de la trayectoria propulsiva en tres ejemplos	22
Figura 2.8	Fuerzas que aplica la mano al propulsarse en: a) natación libre; b) natación a velocidad cero; c) natación con palas en las manos; d) natación aplicando la fuerza en un punto fijo.	24

CAPITULO III

Figura 3.1	Puntos digitalizados en la mano (cuadrados negros) para conocer la posición de la mano con relación al espacio y a la trayectoria del punto medio de la mano.	31
Figura 3.2	Gráfica de la trayectoria propulsiva en su proyección sobre el plano horizontal y ejemplos de fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador sujeto a una carga de 40 N en natación estática, en tres instantes del ciclo propulsivo.	31
Figura 3.3	Gráfica de la fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador sujeto a una carga de 40 N en natación estática, señalándose la fuerza media obtenida y las fases propulsivas (Schleihauf, 1979)	32
Figura 3.4	Gráfica de fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador.	32
Figura 3.5	Gráfica de la proyección en los tres planos y de la velocidad de la mano, en la trayectoria propulsiva del estilo crol, siendo el nadador Mark Spitz.	33
Figura 3.6	Sistema utilizado por Alley (1955) para la medición de la fuerza de la resistencia y la fuerza propulsiva.	36
Figura 3.7	Sistema utilizado por Magel (1970) para la medición de la fuerza propulsiva a velocidad cero.	39
Figura 3.8	Sistema utilizado por Yeater (1981) para la medición de la fuerza propulsiva a velocidad cero.	47
Figura.3.9	Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero (con sujeción elástica), utilizado por Platonov (1988) para medir la fuerza específica en natación.	50
Figura.3.10	Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero (con sujeción elástica), utilizado por Platonov (1988) para medir la fuerza-resistencia específica en natación.	50
Figura 3.11	Gráfica de los registros de fuerza de una tracción de mariposa antes y después de un año de entrenamiento según Rasulbekov y col. (1986)	52
Figura 3.12	Registros de presión obtenidos por Belokovsky (1971).	62
Figura 3.13	Sistema utilizado por Manen y Rijken (1974) en el "Nederlands Ship Model Basin".	64
Figura 3.14	Sistema de poleas utilizado por Hopper y col. (1983) para medir la potencia transmitida a una carga externa por un nadador.	67
Figura 3.15	Sistema desarrollado por Hollander (1986) para la valoración de la resistencia activa.	70
Figura 3.16	Procedimiento de Biofeedback aplicado por Chollet (1986).	70
Figura 3.17	Análisis cualitativo de la similitud entre dos registros, trazo grueso registro base, trazo fino registro a comparar.	75

CAPITULO IV

Figura 4.1	Proyección de las trayectorias propulsivas en los distintos planos de una nadadora del equipo nacional de natación (según Arellano y Pardillo,1990) Planos: (Y,Z) Sagital, (X,Z) Frontal; (X,Y) Horizontal. Cada punto se digitalizó en intervalos de 1/25 s. Fase de Entrada: 1-4. Fase de Extensión: 5-8. Fase hacia abajo: 9-13. Fase hacia dentro: 13-18. Fase hacia arriba: 18-24.	89
Figura 4.2	Angulo formado por las extremidades superiores, que ayuda a definir la sincronización existente entre los brazos.	93
Figura 4.3	Acción propulsiva del batido de crol durante su ejecución aislada.	95
Figura 4.4	Diagrama de coordinación entre brazos y piernas en un ciclo del estilo crol. La primera columna representa la rotación de los hombros, junto con los momentos que se realiza la inspiración (representados por círculos). La segunda columna representa la posición relativa del brazo y pierna derecha. La tercera columna representa la posición relativa del brazo y pierna izquierda.	97

CAPITULO V

Figura 5.1	A. Dinamómetro. B. Esquema de conexiones en el sistema puente de cuatro galgas extensiométricas	102
Figura 5.2	Sistema utilizado para el registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero	104
Figura 5.3	Diferencias entre los registros obtenidos utilizando el procedimiento de sujeción no elástico y el sistema de sujeción elástico	104
Figura 5.4	Dirección de la fuerza registrada por el sistema, fuerza de registro (F_r) y fuerza horizontal (F_h) obtenida conociendo el ángulo formado entre dichas fuerzas (α)	105
Figura 5.5	Recta de calibración con su correspondiente ecuación obtenida en el primer experimento. Para los demás experimentos se obtuvieron rectas similares.	108
Figura 5.6	Componentes del sistema de filmación subacuático	111
Figura 5.7	Diagrama de la piscina donde se realizaron las filmaciones subacuáticas	111
Figura 5.8	Vista superior del desplazamiento del nadador durante las filmaciones	113
Figura 5.9	Sistema de digitalización de la trayectoria subacuática de la mano del nadador	115
Figura 5.10	Ejemplo de trayectoria digitalizada en el plano de proyección sagital una vez corregidos la escala y la rotación de la cámara	115

Figura 5.11	Angulos medidos en las pruebas realizadas para la valoración de la flexibilidad en articulaciones especialmente utilizadas por los nadadores de competición	118
Figura 5.12	Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero durante dos tracciones del estilo crol.....	126
Figura 5.13	Primer macrociclo de entrenamiento de la temporada 1989-90	134
Figura 5.14	Primer macrociclo de entrenamiento de la temporada 1990-91	145

CAPITULO VI

Figura 6.1	Diferencias en las gráficas del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero utilizando el estilo crol completo y el batido de crol	151
Figura 6.2	Ampliación del quinto ciclo de la figura anterior del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero utilizando el crol completo	152
Figura 6.3	Gráfica de la interacción significativa Sexo * Brazo	161
Figura 6.4	Gráfica de la interacción significativa Brazo * Ciclo	161
Figura 6.5	Gráficas de los registros de fuerza a velocidad cero obtenidos durante 30 s de esfuerzo en los tres tests realizados a lo largo del macrociclo por el sujeto número 1	168
Figura 6.6	Valores del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero obtenido por cada sujeto en cada uno de los tres tests realizados durante el tercer experimento	183
Figura 6.7	Valores velocidad media de nado obtenidos por cada sujeto en cada uno de los tres tests realizados durante el tercer experimento	184
Figura 6.8	Promedios de los tiempos realizados por los sujetos participantes en el tercer experimento, en la prueba de 25 m sin salida, distribuidos por grupo de procedencia y sexo	186
Figura 6.9	Promedios de la fuerza propulsiva registrada a velocidad cero aplicada por los sujetos participantes en el tercer experimento, distribuidos por grupo de procedencia y sexo	186
Figura 6.10	Promedios de la relación fuerza propulsiva registrada a velocidad cero (N) aplicada por los sujetos participantes en el tercer experimento y su peso corporal (Kg) distribuidos por grupo de procedencia y sexo	187
Figura 6.11	Promedios obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en distintas variaciones técnicas en los sujetos del primer grupo	187
Figura 6.12	Promedios obtenidos en los tiempos realizados al nadar 25 m utilizando distintas variaciones técnicas en los sujetos del primer grupo	188

CAPITULO VII

Figura 7.1	Promedios obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en las distintas variaciones técnicas del primer experimento.	210
Figura 7.2	Comparación entre los promedios obtenidos en velocidad media en 25 m y fuerza máxima propulsiva a velocidad cero en las variaciones técnicas medidas en el tercer experimento.	211

INDICE DE TABLAS

CAPITULO III

Tabla 3.1	Valores de fuerza propulsiva excedente obtenidos por Alley (1952)	36
Tabla 3.2	Comparación de la fuerza propulsiva media ejercida por nadadores a velocidad cero en los distintos estilos de natación	39
Tabla 3.3	Indices de fuerza desarrollada en el estilo crol obtenidos por Absaliyev ..	41
Tabla 3.4	Indices de fuerza desarrollada en el estilo crol obtenidos por Belokowky y Gordon.....	41
Tabla 3.5	Valores de fuerza relativa de nadadores soviéticos	41
Tabla 3.6	Medias de fuerza propulsiva en nadadores de élite (hombres)	44
Tabla 3.7	Medias de fuerza propulsiva en nadadores de élite (mujeres)	44
Tabla 3.8	Medias de fuerza propulsiva en nadadores de grupos de edad	44
Tabla 3.9	Correlación entre fuerza propulsiva a velocidad cero y los resultados en competición en nadadores de élite	45
Tabla 3.10	Correlación entre fuerza propulsiva a velocidad cero y los resultados en competición estilo crol	45
Tabla 3.11	Comparación de la fuerza propulsiva a velocidad cero entre estilos y variaciones técnicas	47
Tabla 3.12	Valores de tiempo de nado y fuerza a velocidad cero obtenidos por Ria y col.(1986).....	52
Tabla 3.13	Coefficientes de correlación entre las distintas pruebas analizadas por Ria y col. (1986).....	52
Tabla 3.14	Valores antropométricos medidos por Keskinen y col. (1989)	57
Tabla 3.15	Valores de velocidad de nado, frecuencia y longitud de ciclo, índice de ciclo y fuerza máxima propulsiva a velocidad cero obtenidos por Keskinen y col. (1989)	57

Tabla 3.16	Valores promedio de fuerza propulsiva a velocidad cero obtenidos por Boulgakova (1990)	59
Tabla 3.17	Valores relativos a la fuerza propulsiva a velocidad cero en la edad de 18 años e índices de crecimiento anual (Boulgakova, 1990)	59
Tabla 3.18	Medias y d.t. en los valores de P/S en hombres y mujeres en los grupos estudiados por Hooper y col. (1983)	67

CAPITULO IV

Tabla 4.1	Fases del ciclo de crol que describen distintos autores	84
Tabla 4.2	Características de los movimientos propulsivos utilizados en el estilo crol ..	90

CAPITULO V

Tabla 5.1	Ecuaciones de calibración de los diferentes experimentos	108
Tabla 5.2	Secuencia completa de pulsaciones y tiempos almacenados por el ordenador.....	121
Tabla 5.3	Ejemplo de impresión obtenida al ejecutar el programa de análisis de la competición	122
Tabla 5.4	Características generales de los sujetos del primer experimento	123
Tabla 5.5	Edad de los sujetos, medias de asistencia a los entrenamientos y tests realizados durante el segundo experimento	129
Tabla 5.6	Análisis de varianza de la variable edad con el sexo y las asistencias a tests como factores de agrupamiento	131
Tabla 5.7	Análisis de varianza de la variable asistencias a entrenamientos con el sexo y las asistencias a tests como factores de agrupamiento	131
Tabla 5.8	Características de los sujetos participantes en el tercer experimento	137
Tabla 5.9	Análisis de varianza de la variable edad con el grupo y el sexo como factores de clasificación	138
Tabla 5.10	Análisis de varianza de la variable talla con el grupo y el sexo como factores de clasificación	138
Tabla 5.11	Análisis de varianza de la variable peso con el grupo y el sexo como factores de clasificación	139
Tabla 5.12	Análisis de varianza de la variable envergadura con el grupo y el sexo como factores de clasificación	139
Tabla 5.13	Análisis de varianza de la variable dinamometría de la mano derecha con el grupo y el sexo como factores de clasificación	140

Tabla 5.14	Análisis de varianza de la variable dinamometría de la mano izquierda con el grupo y el sexo como factores de clasificación	140
Tabla 5.15	Edad de los sujetos, medias de asistencia a los entrenamientos y tests realizados durante el tercer experimento	142
Tabla 5.16	Análisis de varianza de la variable edad, con el sexo y las asistencias a los tests como factores de agrupamiento	143
Tabla 5.17	Análisis de varianza de la variable asistencias a entrenamientos con el sexo y las asistencias a tests como factores de agrupamiento	143

CAPITULO VI

Tabla 6.1	Media, desviación típica de la fuerza propulsiva aplicada por los sujetos en las distintas variaciones técnicas utilizadas en el experimento nº1	155
Tabla 6.2	Resultados obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en las distintas variaciones técnicas, separando los valores medios por ciclo de los máximos por ciclo y los valores en cada sexo	157
Tabla 6.3	Relación porcentual entre la media del crol completo y las medias y máximos de las variaciones técnicas estudiadas	157
Tabla 6.4	Matriz de correlación de las variables estudiadas en el primer experimento	159
Tabla 6.4 bis	Relación de sujetos participantes en el experimento nº2 y su correspondiente colocación en los gráficos de los anexos	163
Tabla 6.5	Clasificación de los sujetos en función del tipo de gráfica del registro de fuerza a velocidad cero durante 10 ciclos	165
Tabla 6.6	Tendencias en las modificaciones del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero durante 10 ciclos	165
Tabla 6.7	Clasificación de los sujetos en función del tipo de gráfica del registro de fuerza durante 30 segundos	167
Tabla 6.8	Tendencias en las modificaciones del registro de fuerza durante 30 s	167
Tabla 6.9	Tendencias en las trayectorias propulsivas bidimensionales	170
Tabla 6.10	Medias de los resultados obtenidos en las variables dependientes del segundo experimento en sujetos participantes en las tres tomas de datos ...	173
Tabla 6.11	Valores del coeficiente de correlación entre las medidas antropométricas, fuerza dinamométrica y el resto de variables observadas durante el primer test en el grupo masculino	177
Tabla 6.12	Valores del coeficiente de correlación entre las medidas antropométricas, fuerza dinamométrica y el resto de variables observadas durante el primer test en el grupo femenino	177

Tabla 6.13	Valores del coeficiente de correlación entre la velocidad media de nado y los tests de registro de fuerza propulsiva a velocidad cero manteniendo la edad constante	179
Tabla 6.14	Media de los resultados obtenidos en las variables dependientes del tercer experimento grupo nº1 (sujetos participantes en las tres tomas de datos durante el programa de entrenamiento)	185
Tabla 6.15	Medias de los resultados obtenidos en las variables dependientes del tercer experimento grupo nº 2 (sujetos participantes en dos tomas de datos durante el programa de entrenamiento)	185
Tabla 6.16	Coefficientes de correlación obtenidos a partir de las variables velocidad media en 25 m y fuerza propulsiva a velocidad cero con el resto de variables medidas a todos los sujetos pertenecientes a los tres grupos	192

CAPITULO VII

Tabla 7.1	Promedios de los registros de fuerza propulsiva a velocidad cero obtenidos durante los tres experimentos realizados en la presente tesis	198
-----------	--	-----

CAPITULO I
INTRODUCCION

La Biomecánica es una rama de la ciencia que estudia las relaciones mecánicas en los seres vivos (Dapena, 1988). En la natación se estudia un caso muy particular de la misma, las relaciones mecánicas en el hombre y su interacción con un medio fluido: el agua. El estudio de la natación presenta problemas muy diferentes a los que se encuentran en el análisis del movimiento en tierra. Exceptuando las criaturas sin patas, el análisis de la locomoción animal en tierra es muy similar, ya sea una pulga, un caballo o el hombre (Martin, 1989). Se basa en la asunción de la existencia de la fuerza de reacción del suelo y de la realización de movimientos de segmentos corporales, desarrollándose ecuaciones de movimiento que relacionan los movimientos observados con las fuerzas musculares ejercidas. En el caso del movimiento a través del agua, las condiciones para desplazarse son más diversas. Existen animales cuya capacidad para nadar es mayor que otros, llegando a desplazarse hasta diez veces por segundo su longitud corporal, sin embargo el hombre más rápido, sólo es capaz de desplazarse una longitud corporal por segundo.

El hecho aislado de nadar, no necesitaría de un análisis tan profundo si no estuviera acompañado de la competición deportiva o actividades relacionadas con la rehabilitación funcional, lo que obliga a optimizar los medios para desplazarse o relacionarse con el medio acuático. La biomecánica incide directamente en los aspectos relativos a la técnica, intentando mejorarla y adecuarla a las capacidades individuales por medio de la búsqueda de un modelo ideal. Junto a la condición física, la técnica es el factor más importante que determina el resultado deportivo siendo, normalmente, lo primero que el deportista aprende.

El proceso del estudio biomecánico en el campo de la natación está relativamente retrasado con relación a otros deportes como el atletismo, en que su estudio es más sencillo. El medio acuático dificulta la utilización de medios de análisis que se pueden usar directamente en el medio terrestre. Así mismo, en los *currícula* de los estudios de Educación Física y Deporte, normalmente no se incluyen cursos de mecánica de fluidos o de biomecánica aplicada a los deportes acuáticos, lo que ha propiciado que las investigaciones en este campo hayan sido menos numerosas. En la actualidad, la biomecánica de la natación se encuentra en la fase de comprensión del movimiento deportivo (investigación básica) y se han empezado a desarrollar modelos de técnica óptima en función de algunas características del individuo (investigación aplicada).

La primera fase se caracteriza por la realización de mediciones, registros, filmaciones o evaluaciones de nadadores de diversos niveles, obteniendo diferencias cuantitativas, o bien se miden factores que podrían correlacionarse con un buen resultado en una prueba determinada. Por ejemplo, a través de la filmación de los nadadores de élite se ha observado que la mayor parte de ellos tienden a acelerar su brazada en el último tercio de la tracción (Counsilman y Wasilak, 1982) o se han medido tiempos parciales en las diversas fases de la salida, resultando que existe una alta correlación entre el tiempo de salida y la velocidad del deslizamiento bajo el agua en la misma (Hay, Guimaraes y Grimston, 1983).

La segunda fase intenta conseguir medios para optimizar el rendimiento, utilizando sistemas para modificar conductas técnicas hacia patrones motrices más eficaces. Como ejemplo baste citar el sistema de biofeedback desarrollado por Chollet, Micallef y Rabischong (1988), con el fin de conseguir que el nadador conozca de manera inmediata la presión que ejerce su mano contra el agua, en cada momento de la tracción¹ y así conseguir aumentar, por medio de modificaciones introducidas de forma inmediata en la posición o trayectoria de la mano, la fuerza propulsiva.

1.1. El Nadador como un Sistema Mecánico:

Cuando un nadador u otro deportista acuático realiza una práctica de su especialidad está sometido a una serie de interacciones que lo definen como un sistema mecánico. Desde nuestro punto de vista nos interesan las fuerzas aplicadas al sistema.

Se pueden definir dos tipos de fuerzas ejercidas sobre el sistema (Dapena, 1988):

- Fuerzas Internas: aquellas que una parte del sistema ejerce sobre otra del mismo sistema , son parejas y la suma de todas las fuerzas internas es igual a cero.
- Fuerzas Externas: las ejercidas por cuerpos que no pertenecen al sistema. Siendo las siguientes:
 - La fuerza de la gravedad.
 - Puntos de contacto con sólidos externos.
 - Fuerzas debidas a los fluidos:
 - + resistencia - propulsión
 - + flotación o empuje
 - Fuerzas magnéticas.

¹ Fase propulsora del ciclo de movimiento total del brazo de un nadador.

El sistema se define arbitrariamente y podemos tener en consideración una parte del cuerpo, como el brazo, o el cuerpo en su totalidad junto con otros objetos externos, como un balón, un compañero, el trampolín, etc.

En el caso de un nadador desplazándose se toma en consideración:

- Las fuerzas propulsivas que aplica contra el agua.(F_p)
- La fuerza de la resistencia que le frena en su avance.(R)
- La fuerza de flotación que lo mantiene en la superficie.(F)
- La fuerza peso.(P)

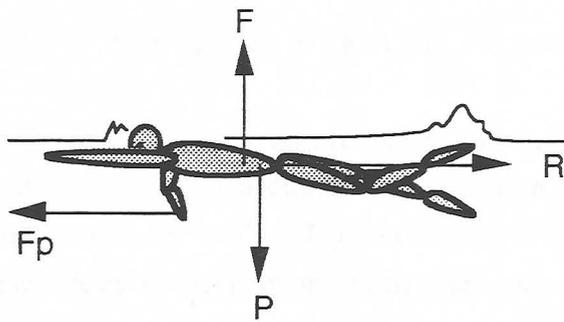


Figura 1.1.: Fuerzas externas que actúan sobre el nadador al desplazarse en el agua.

La fuerza propulsiva, la fuerza de resistencia y la fuerza aplicada sobre un sólido externo se puede descomponer en una componente horizontal y otra vertical, la fuerza de flotación y la fuerza peso sólo tienen dirección vertical.

1. 2. Objetivos:

El objetivo general de esta tesis doctoral es el desarrollo de un sistema global de análisis y evaluación de la técnica del estilo crol², siendo varios de los componentes del sistema aplicables directamente a otros estilos y el resto modificables con facilidad.

La competición estilo libre (en la que se utiliza la técnica del natación denominada crol) se puede fraccionar en tiempos parciales según la siguiente igualdad (Hay, 1985):

$$Tt = Ts + Tn + Tv + Tll \quad (1.1)$$

Donde Tt es el tiempo total utilizado para recorrer la distancia de competición, resultado de sumar los tiempos que ocupan acciones motrices diferenciadas como son la salida (Ts), el tiempo de nado (Tn), los virajes (Tv) y la llegada (Tll).

El objeto general de esta tesis es: Desarrollar y utilizar sistemas parciales de análisis para el tiempo de nado.

Objetivo Específico 1: Desarrollar un sistema computarizado para la valoración de la fuerza propulsiva a velocidad cero. Se han realizado varios estudios en los que se cuantifica la fuerza aplicada al utilizar diferentes variaciones técnicas y su relación con la velocidad media de nado en cortas distancias.

Objetivo Específico 2: Desarrollar un sistema de filmación subacuática que permita realizar registros en video del nadador desplazándose en el agua, con la suficiente calidad para poder digitalizar posteriormente puntos antropométricos y conseguir realizar un análisis cinemático bidimensional de los movimientos del nadador.

Objetivo Específico 3: Conseguir realizar el análisis cuantitativo³ de una competición o test de entrenamiento de forma automática por medio de un computador personal.

Objetivo Específico 4: Encontrar diferencias entre las diversas partes que componen un macrociclo de entrenamiento en el efecto que producen en la técnica del nadador

² Palabra procedente de la inglesa "crawl".

³ Análisis cuantitativo (Hay y col. 1983) es un tipo de análisis que valora la duración de los tiempos que componen el tiempo total de la prueba. Dentro de cada tiempo se pueden observar otros parámetros, como por ejemplo, en el tiempo de nado se cuantifica la velocidad media por largo, la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo.

valorada gracias al análisis cinemático bidimensional, análisis cuantitativo y registro de fuerza propulsiva en velocidad cero.

Objetivo Específico 5: Replicar el experimento realizado para conseguir el objetivo 4, variando algunos aspectos de la planificación, así como el sistema de registro de la fuerza propulsiva, única variable estudiada en este caso junto con la velocidad de nado.

Objetivo Específico 6: Observar las diferencias entre distintos grupos de deportistas por medio de los métodos utilizados en el objetivo 5.

El trabajo se estructura en siete capítulos. En el primer capítulo se ha realizado la introducción. En el segundo se exponen las teorías que explican el fenómeno de la propulsión humana en el agua. En el tercero se describen los distintos métodos para cuantificar la fuerza propulsiva de los nadadores y los resultados de las investigaciones realizadas. En el cuarto se describe la técnica del estilo crol y las variantes utilizadas en nadadores de competición. En el quinto se desarrolla el método. En el sexto se exponen los resultados. Por último, en el séptimo se realiza la discusión de los resultados y se enumeran las conclusiones obtenidas.

CAPITULO II

LA FUERZA PROPULSIVA EN NATACION

2.1. Introducción

Cuando una persona se desplaza en el agua utilizando un estilo de competición sus brazos se mueven alternativa o simultáneamente adelante y atrás por debajo y sobre el agua, a la vez que sus pies lo hacen abajo y arriba en flexión plantar o hacia atrás y adelante en flexión dorsal. El colocar manos, antebrazos y pies de una adecuada manera, y desplazarlos en la trayectoria oportuna proporcionará unos valores de fuerza propulsiva mayores que si no se efectúa así. Para conseguir saber si el movimiento y posición son correctos hay que tener en cuenta principios similares a los que explican la propulsión de una hélice de un barco o la sustentación del ala de un avión y todo ello relacionado con un sistema espacial de referencia.

Cuando observamos la trayectoria de la mano de un nadador vemos una línea que corresponde a la proyección de esa trayectoria en el plano de observación. Si observamos al nadador de manera que se acerca o se aleja de nosotros, estamos viendo la trayectoria en un plano frontal , si el nadador lo observamos por encima o mejor por debajo, la trayectoria se proyecta en el plano horizontal y si vemos al nadador pasar por delante de nosotros de derecha a izquierda o viceversa consideramos una trayectoria sobre el plano sagital. Para comprender los fenómenos propulsivos adecuadamente, las trayectorias deben de considerarse en relación al espacio estático y no en relación a un punto referencial móvil como pueda ser el hombro.

Según Webb (1984) como ocurre con cualquier cuerpo sólido sometido a propulsión, el movimiento hacia delante es el resultado neto de las fuerzas que tienden a hacerlo avanzar y de las que lo frenan. La fuerza propulsiva (F.P.) es el empuje generado por los movimientos de la Natación. Las fuerzas oponentes proceden de la Resistencia inercial y de la Resistencia al avance por parte del agua. En este capítulo analizaremos la Fuerza Propulsiva.

2.2. Fuerza Propulsiva de las Extremidades Superiores:

Las observaciones y análisis efectuados sobre una gran cantidad de nadadores, en los últimos 20 años, han llevado a la conclusión general de que la fuerza propulsiva que realiza el nadador con sus manos es la suma vectorial de dos fuerzas, cuya correcta interacción tendrá como resultado que la F.P. esté dirigida horizontalmente hacia delante y por tanto su valor para desplazar el cuerpo será mucho mayor.

Cada una de estas dos fuerzas, que se suman vectorialmente, responden a dos distintos principios físicos. En primer lugar analizaremos la Fuerza de Arrastre (F.A.) que es el resultado de la propia resistencia de la mano al moverse en el agua y después la Fuerza de Sustentación (F.S.) que se explica básicamente por el Principio de Bernoulli.

2.2.1. Fuerza de Arrastre:

Hasta hace poco tiempo, en que la investigación sólo había aparecido esporádicamente en el deporte de la natación, toda la propulsión generada por el nadador con los brazos, se explicaba únicamente por el **Principio de Acción y Reacción**. A toda acción le corresponde una reacción igual y de sentido opuesto. El movimiento hacia atrás a través del agua, de la mano (que ofrece una cantidad de resistencia), produce una reacción de ésta en el cuerpo, causando un cambio en su posición de equilibrio. El agua es acelerada y movida en dirección opuesta a la que uno desea ir. Esta forma de propulsión explica el desplazamiento de algunos animales que realizan movimientos oscilatorios. Esta fuerza se conseguirá en función de la Resistencia Total de la mano y el brazo contra el agua. Se crea por tanto una zona de alta presión en la palma de la mano y una zona de baja presión en el dorso. Según Redondo, Morris y Cano (1981) *"la componente de arrastre de la fuerza puede considerarse compuesta de un término de arrastre viscoso, producido por la fricción laminar de la mano, un término de arrastre de forma, compuesto por resistencia frontal y succión posterior, producido por el déficit de momento de la estela al existir separación de las líneas de corriente y la mano. También existe un arrastre inducido o de vórtice producido por el extremo de la mano"*.

La fuerza producida tiene la misma dirección del movimiento de la mano y sentido contrario. Sin embargo, esta F.A. creada no es tan grande como para hacer mover el

cuerpo hacia delante la misma distancia que se movió la mano hacia atrás. Se produce un efecto similar a si resbalara la mano en el agua, ya que el agua que se empuja directamente hacia atrás, ya es agua en movimiento y producirá menor "apoyo".

En 1971 J.E. Counsilman explicó la poca eficacia del uso de este tipo de tracción diciendo: *"Una propulsión eficaz se obtiene empujando una gran masa de agua una corta distancia sin mucha aceleración.....Es mayor la eficacia en el agua que se logra por el desplazamiento de una gran cantidad de agua una corta distancia, que la que se consigue moviendo una pequeña cantidad de agua una larga distancia"*. Según Martin (1989) el empuje hacia delante que se consigue empujando el agua hacia atrás es igual al momento lineal (cantidad de movimiento), $m \cdot v$ (producto de la masa por la velocidad) del agua. La energía requerida para acelerar el agua, que es movida hacia atrás cada segundo, es proporcional a $m \cdot v^2$. Puede pensarse que el empuje hacia delante es independiente de la relación entre m y v , pero la energía requerida es menor si v es pequeña. Es más eficiente, mecánicamente hablando, para un nadador mover una mayor aleta, o tener una mano más grande y moverla lentamente, que tener una superficie propulsora menor y moverla a más velocidad.

2.2.2. Fuerza de Sustentación:

La otra fuerza producida por la mano del nadador es la fuerza de sustentación hidrodinámica, que se genera en dirección perpendicular a la del movimiento de la mano. Este tipo de fuerza es la que utiliza la hélice (medio de propulsión acuático más eficaz que se conoce), sus hojas no empujan el agua directamente hacia atrás, sino que se mueven hacia delante encontrando continuamente agua en reposo. (Redondo y Cano, 1979)

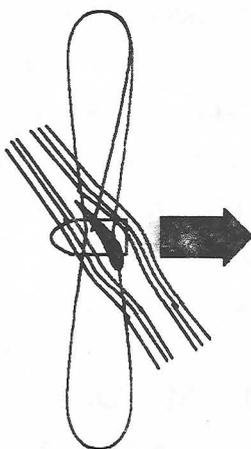


Figura 2.1.: Fuerza propulsora obtenida por la hélice al girar en un plano perpendicular a la dirección de movimiento.

Counsilman (1971) explica dicha F.S. por el Principio de Bernoulli. La forma de la mano y un ángulo de ataque adecuado producirán una mayor velocidad en el flujo de agua que pasa por el dorso de la mano que por la palma. De acuerdo con el principio de Bernoulli (a mayor velocidad la presión del fluido es menor) resulta que en el dorso de la mano la presión que ejerce el agua sobre su superficie es menor que sobre la palma, creándose una diferencia de presión, teniendo como resultado la F.S.

Las teorías hidrodinámicas que explican la sustentación están basadas en estudios realizados durante el Renacimiento. La ecuación de continuidad enunciada por Leonardo de Vinci dice así (Catalá,1979,pág.171): "*En cualquier sección normal a un tubo de corriente, siempre que no varíe la densidad, el producto del área de la sección por la velocidad del fluido en ella es constante*". Lo cual se expresa con la siguiente igualdad:

$$S \cdot v = S' \cdot v' = cte \quad (2.1)$$

Donde S es la sección del tubo de corriente y v la velocidad. Si en el tubo de corriente variamos sus secciones "*allí donde la sección sea más pequeña el fluido se desplazará más rápido que donde la sección es mayor*".

El teorema de Bernoulli dice: "*En el seno de un fluido incompresible y sin rozamiento, la suma de la presión hidrostática, la debida a la altura y la debida a la velocidad es constante en todos los puntos de la corriente fluida*" (Catalá,1979, pág.177). Se expresa por medio de la siguiente fórmula:

$$P_1 + p g h_1 + \frac{1}{2} p v_1^2 = P_2 + p g h_2 + \frac{1}{2} p v_2^2 \quad (2.2)$$

Donde P es la presión, p es la densidad, g es la gravedad, h es la altura y v la velocidad de las líneas de corriente.

Por tanto las velocidades y las presiones son inversamente proporcionales. Donde el fluido se mueve más rápido se producirá menor presión y donde se mueve más lento la presión será mayor. (Ver figura 2.2.A). Esta situación se da en fluidos llamados "ideales" o "perfectos", fluidos homogéneos sin viscosidad. Este hipotético fluido es un líquido que fluye o se desliza sobre un cuerpo sólido sin fricción y es incompresible. Ser incompresible significa que la densidad del fluido no es afectada por las variaciones de presión (Marchaj, 1988). En un fluido como el agua, existe un contacto con los cuerpos que se mueven a través de ella. Su viscosidad o rozamiento interno hace que las partículas en contacto con el objeto sean frenadas o aceleradas por él.

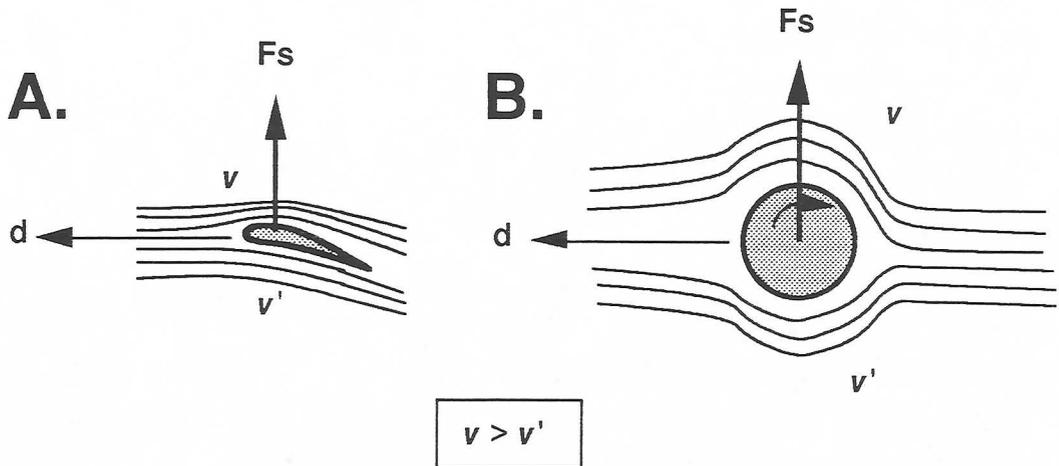


Figura 2.2.: **A.** La diferencia de velocidad entre la parte superior e inferior del ala, hace que existan diferencias también entre las presiones. Al ser la velocidad v mayor que la velocidad v' , la presión encima del ala es menor que debajo, diferencia de presiones que genera la sustentación (F_s). **B.** En un objeto esférico en rotación, la velocidad del fluido es mayor en las partes donde el rozamiento con la superficie de la esfera acelera al fluido. Se genera también fuerza de sustentación por la diferencia de velocidades y presiones. La dirección de movimiento del objeto se ha denominado " d ". Téngase en cuenta que las líneas de corriente dibujadas alrededor de la esfera perderán la simetría al comenzar a rotar.

El efecto Magnus es una aplicación directa de lo dicho, cuando una pelota se lanza con efecto, (ver figura 2.2.B) describe una trayectoria curva. El movimiento de una parte de la pelota en el sentido de las líneas de corriente acelerando el aire a su paso y de la otra parte en sentido contrario, enlenteciéndolo, produce sustentación, ya que hay más presión donde se mueve más lento el aire y menos donde se mueve más rápido.

El fenómeno de la generación de F.S. se produce de forma diferente en un cilindro o esfera en rotación que en un ala, una hélice o una mano. En los dos casos se consigue un diferencial de velocidades y por tanto de presiones entre las superficies inferiores y superiores. El cilindro debe rotar para generar circulación¹ y por tanto sustentación. La pregunta en este momento sería: ¿Cómo se produce circulación alrededor de un ala, una hélice o una mano? Utilizando el mismo procedimiento que Catalá (1979) o Marchaj (1988) trataremos de explicarlo para el caso de una mano utilizada como elemento propulsor en el medio acuático:

Un nadador al colocar su mano con relación a su trayectoria en un determinado ángulo de ataque² (α) crea dos torbellinos o vórtices principales detrás de su mano como consecuencia de las líneas de corriente que pasan por encima y debajo de la mano. En el caso visto anteriormente de la mano en 90° a la dirección de movimiento ($\alpha = 90^\circ$, ver figura 2.3.A), los dos vórtices son iguales y como el teorema del momento cinético³ así lo exige, se anulan mutuamente quedando sólo como resultante la fuerza de la resistencia o arrastre. Al cambiar a un ángulo inferior (disminuir el ángulo de ataque, ver figura 2.3.B y C), uno de los vórtices se hará más intenso que el otro y para compensar esta diferencia de momento cinético, tiene que originarse en el fluido y alrededor de toda la mano otro vórtice, de igual sentido que el vórtice que perdió intensidad, con objeto de que el momento cinético total siga siendo nulo.

El vórtice generado detrás de la mano de mayor magnitud se visualiza con gran facilidad en el laboratorio en los tuneles de viento o en canales hidrodinámicos, donde el fluido lleva partículas que permiten ver el comportamiento del flujo alrededor de un objeto. A este vórtice se le denomina vórtice inicial. Dicho torbellino induce circulación alrededor del objeto.

Este vórtice, alrededor de la mano, acelera el fluido por encima y lo frena por debajo de la mano, con lo que se genera la sustentación, además de la propia resistencia de la mano o arrastre. *Por tanto la fuerza total será la suma vectorial de la sustentación y la*

¹El concepto de circulación se define como el producto de velocidad tangencial del fluido circulatorio y sus dimensiones (dimensiones de una circunferencia en el caso de un cilindro en rotación: $2\pi r$). Marchaj(1988)

² Ángulo formado entre la superficie de la mano y la dirección de movimiento de la misma en el agua.

³ La variación del momento cinético respecto al cuerpo es igual al momento de la fuerza aplicada al cuerpo respecto a un punto fijo. Siendo el momento cinético de un móvil con respecto a un punto fijo el producto vectorial de la distancia entre dicho punto al móvil por la cantidad de movimiento ($m \cdot v$) de que está animado.

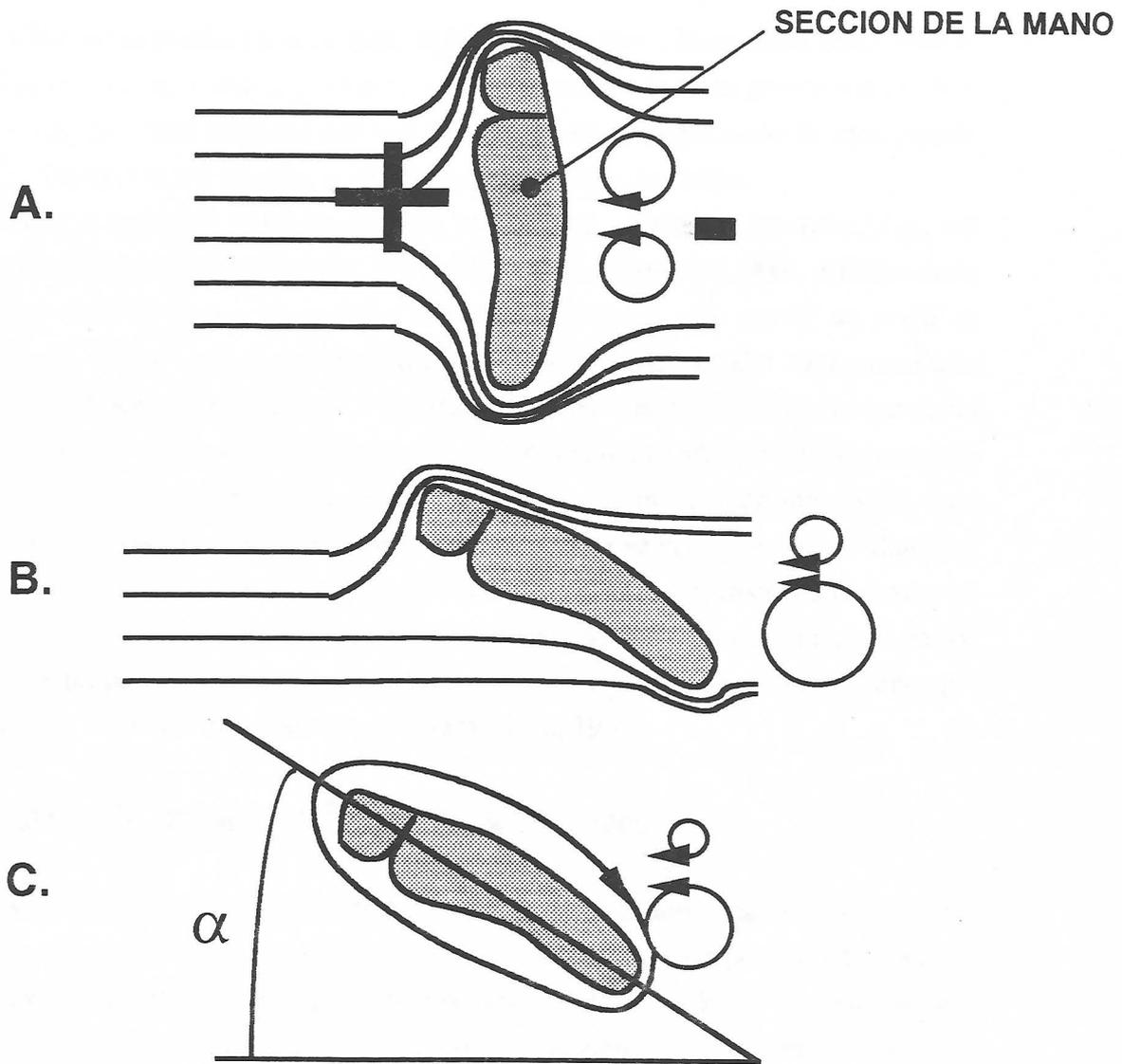


Figura 2.3.: Diagrama de la visualización teórica de los vórtices generados por la mano al desplazarse en el agua, al modificarse el ángulo de ataque.

resistencia o arrastre y en nuestro caso a partir de ahora se llamará fuerza propulsiva o propulsora.

Esta F.S. no se producirá si la mano se lleva directamente hacia atrás, obteniéndose cuando la mano se mueve lateral y verticalmente, debiendo cambiar de posición al cambiar de sentido. De estos movimientos que son perpendiculares a la dirección de movimiento del cuerpo, resultará una F.S. dirigida paralelamente a dicha dirección.

La cuantificación de la sustentación desde el punto de vista de los torbellinos, fue establecida independientemente por Kutta (1902) y por Joukowski (1906), estableciendo lo que se ha dado en llamar el teorema de Kutta-Joukowski, que dice: "*un perfil en reposo situado en un campo de velocidad uniforme y alrededor del cual existe una circulación experimenta una fuerza de sustentación.*". Esta teoría explica la sustentación en secciones de movimientos bidimensionales, sin embargo presenta problemas cuando la sección representa una envergadura finita, por ejemplo en un ala (Larrabie, 1980). Esto provoca que en el extremo de una superficie sustentadora se genere lo que se llama un torbellino o vórtice de punta. Al ser la mano también de unas dimensiones limitadas se producen esos vórtices de punta, que son fácilmente visibles en el comienzo de los movimientos propulsivos de los estilos crol, mariposa y espalda, por las burbujas que acompañan a la mano en su entrada en el agua (Colwin, 1985)

2.2.3. Trayectoria propulsiva y posición de la mano

Estas teorías propulsivas explican por qué los nadadores realizan trayectorias curvilíneas, con continuos cambios tanto en la dirección, como en la posición de la mano. Hay que abandonar la idea de que la mano se desplaza hacia atrás, ya que ésta incluso llega a salir del agua por delante de donde entró. Los nadadores poco eficientes si mueven en mayor proporción la mano hacia atrás, resbalándose y propulsando en menor cantidad.

Otra razón para el error de suponer que la mano se mueve hacia atrás exclusivamente es el hecho de que se suele confundir el movimiento de la mano relativo al cuerpo con el movimiento relativo al agua. Sólo este último puede describir las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre la mano.

Según Barthels (1979) cuando las F.S. se usan dentro del movimiento de la técnica de cualquiera de los estilos, resisten el movimiento hacia atrás de la mano mientras los músculos propulsores se contraen, esto produce que el cuerpo se mueva hacia delante relativo a la mano y al agua. Cuanto mayor sea la F.S. menor movimiento hacia atrás se producirá en la mano y por tanto más se desplazará el cuerpo hacia delante.

2.3. Interacción de la fuerza de arrastre y de sustentación:

Trayectoria y posición de la mano están íntimamente relacionadas, la variación en la posición de la mano lleva como consecuencia la necesidad de una variación en la trayectoria propulsiva, siendo en algunos casos imposible aplicar fuerza en el agua con una posición de la mano determinada si no es acompañada de una trayectoria concreta. Los cambios en la dirección de la trayectoria según Counsilman (1971) vienen dados por la necesidad de buscar agua que no está en movimiento y proporcionar mayor apoyo al nadador.

Es necesario en este momento definir algunos términos que hemos de usar repetidamente a partir de ahora:

- **Dirección:** Tangente a la trayectoria en un instante de su recorrido.
- **Angulo:** Medida en grados o radianes de la posición de la mano con relación a la dirección de movimiento obteniéndose dos tipos de parámetros definidores de la posición de la mano:

- Ψ : **Angulo de Azimut.** Dirección que toma el fluido al circular alrededor de la mano, siendo las cuatro direcciones fundamentales de la mano:

- 0° : De dedo pulgar a dedo meñique.
- 90° : De dedos a muñeca.
- 120° : De dedo meñique a dedo pulgar.
- 270° : De muñeca a dedos.

Es posible valorar todas las posiciones intermedias.

- α : **Angulo de Ataque:** Una mano con un " Ψ " determinado puede colocarse en una inclinación con relación a la dirección de movimiento que oscilará entre 0° y 90° . Este ángulo es fundamental para obtener los niveles de interacción entre las dos fuerzas.

- **Angulo Optimo** será aquel que consiga hacer que la F.P. sea máxima y además esté dirigida hacia donde más interese al nadador (en el caso del estilo crol horizontal y hacia delante).

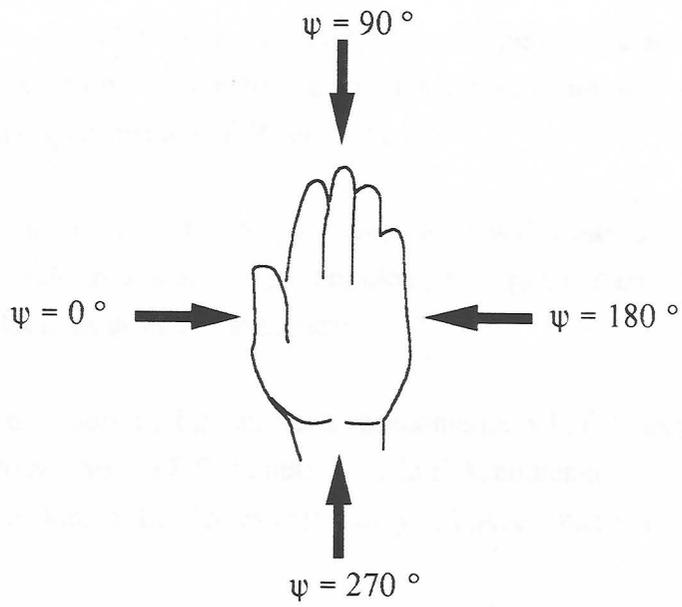


Figura 2.4.: Direcciones básicas que puede tomar el fluido con relación a la mano. Este ángulo se denomina de azimut (Ψ).

Estudios realizados por Schleihauf (1979), con modelos de plástico, de manos en tubos de corriente, muestran la variación de la F.S. y la F.A. en función del ángulo de ataque en distintos ángulos de azimut. (diagramas polares, ver figuras 2.5 y 2.6)

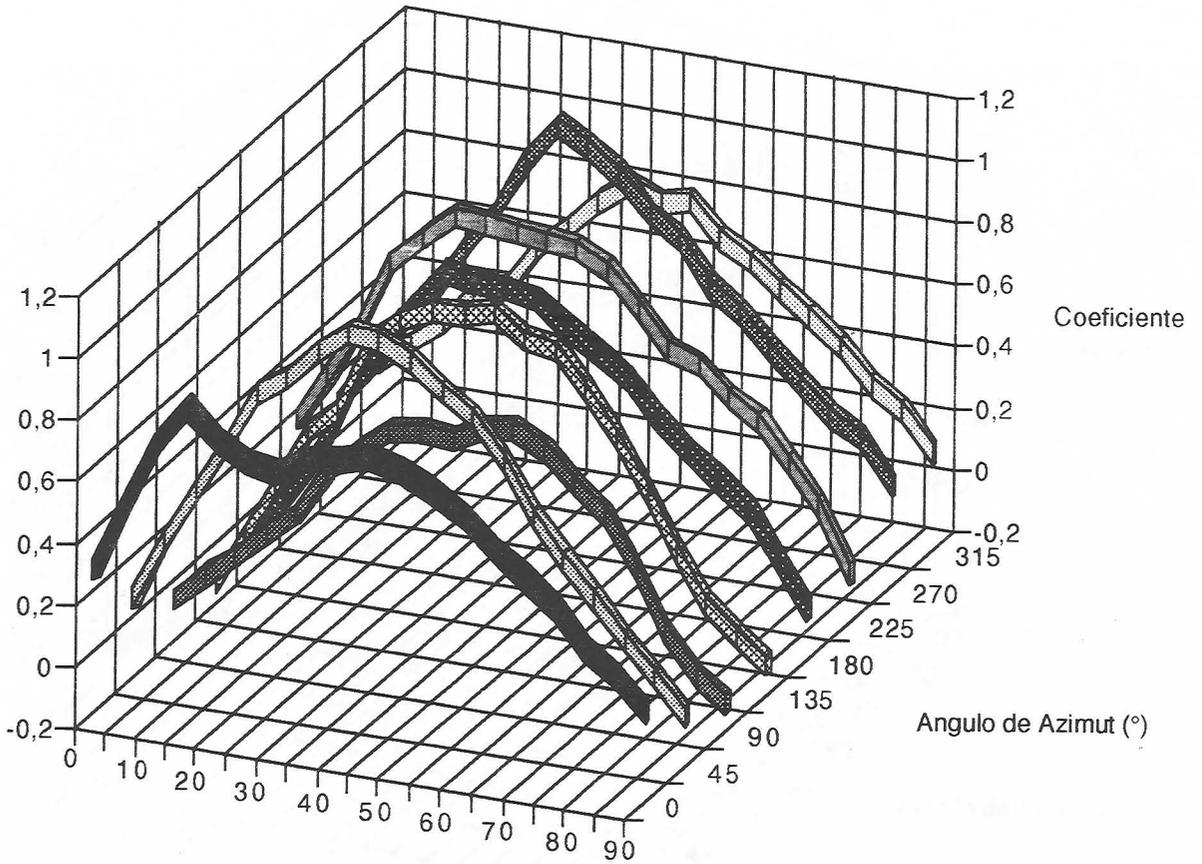
- Los valores máximos de F.S. se encontrarán entre 20° y 60° y los valores máximos de F.A. se hayan entre los 50° y 90° .
- El valor de la F.A. máximo resulta entre un 20% y 30% mayor que la F.S. máxima.
- Encontró que el ahuecar la mano, separar ligeramente los dedos entre sí y separar el pulgar del resto de la mano podía suponer en algunos casos aumentar ligeramente la F.P. en la mano.

La variación de la F.S. y la F.A. con relación a los distintos ángulos de azimut es pequeña, no ocurriendo lo mismo con los ángulos de ataque, que oscilan entre 0° y 90° , resumiéndose su efecto de la siguiente manera:

- Angulo Agudo: La F.S. aumenta rápidamente y la F.A. es pequeña.
- Angulo Medio: La F.S. es máxima y la F.A. aumenta.
- Angulo Obtuso: La F.S. es casi nula y la F.A. es máxima.

Para obtener una determinada fuerza propulsiva el nadador tiene las posibilidades anteriores (mas las infinitas intermedias). El que se use una u otra dependerá de la capacidad que tenga el nadador para mover la mano a una determinada velocidad, venciendo la fuerza que se opone al avance de la mano. Esta fuerza variará según la colocación de la mano. En posiciones de mayor resistencia la velocidad de desplazamiento es menor que en posiciones con un ángulo de ataque más pequeño. La sustentación se generará principalmente por la mano, ya que es un segmento corporal muy maniobrable y que tiene una geometría muy apropiada para hacerlo.

Por tanto, se puede decir que el nadador tiene con su mano distintas maneras de obtener una F.P. Debe utilizar en cada fase aquella que coloque la F.P. en orientación óptima. Los buenos nadadores continuamente ajustan sus manos, de manera que optimizan la resultante de los vectores F.A. y F.S. Esto puede parecer una difícil tarea, pero estos nadadores por medio de la propiocepción de la fuerza actuante en la mano, responden a la resultante misma en vez de a todas las demás variables necesarias para controlar ese movimiento de la mano (Martin, 1989).



Angulo de Ataque (°)

Figura 2.5: Diagrama polar del coeficiente de sustentación obtenido en un modelo de mano, resultado de las mediciones obtenidas en un tubo de corriente, variando para cada ángulo de azimut el ángulo de ataque de 0° a 90°. (Adaptado de Schleihauf, 1979).

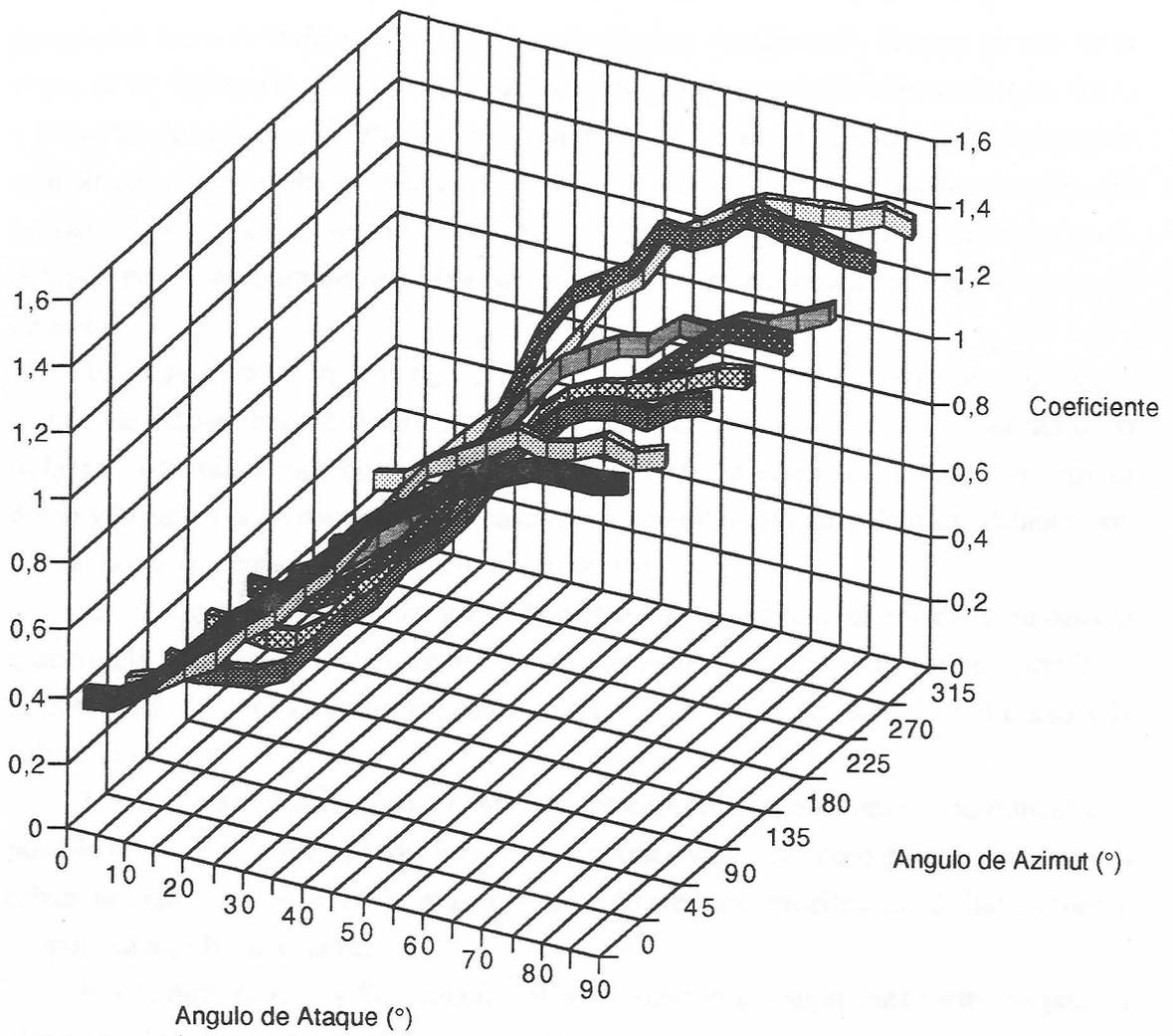


Figura 2.6: Diagrama polar del coeficiente de arrastre obtenido en un modelo de mano, resultado de las mediciones obtenidas en un tubo de corriente, variando para cada ángulo de azimut el ángulo de ataque de 0° a 90°. (Adaptado de Schleihauf, 1979).

En los ejemplos siguientes se pueden observar los ángulos de azimut y ataque en tres posiciones de la tracción: a) movimiento hacia abajo en crol, b) movimiento hacia dentro en braza y c) movimiento hacia arriba en crol o mariposa (ver figura 2.7).

En el primer caso (ver figura 2.7.A) la fuerza de sustentación dirige la fuerza propulsiva hacia delante, gracias a un ángulo de ataque adecuado. El agua circula de la llema de los dedos a la muñeca con lo que se crea una diferencia de presión entre el dorso y la palma de la mano. En esta fuerza propulsiva con dirección hacia arriba no se puede utilizar para avanzar hacia delante (flecha negra gruesa) nada más que su componente horizontal (F_{px}) la cual será el valor neto de fuerza que hará moverse al nadador hacia delante. Por tanto, para que esta fase sea eficaz es necesario buscar un adecuado ángulo de ataque.

En el segundo caso (ver figura 2.7.B) las manos se mueven hacia dentro, con un ángulo de ataque, que permitirá crear una gran sustentación. El agua circula del dedo pulgar a la eminencia hipotenar con lo que se crea una diferencia de presión entre el dorso y la palma de la mano. En este caso la sustentación está dirigida hacia delante, con lo cual la componente vertical coincidirá con la sustentación.

En el tercer caso (ver figura 2.7.C) la fuerza propulsiva esta orientada hacia delante gracias a la adecuada situación de los vectores arrastre y sustentación. El agua circula de la muñeca a los dedos con lo que se crea una diferencia de presión entre el dorso y la palma de la mano.

Los tres casos ilustran como dentro de una capacidad anatómica de movimiento, es posible orientar la fuerza propulsiva en direcciones similares pero gracias a diferentes relaciones entre sustentación y arrastre, buscando siempre aquellas que dirijan la fuerza propulsiva más hacia delante.

Hochtmuth (1973) y Schleihau (1979) utilizaron las siguientes fórmulas para la obtención de la fuerza propulsiva en natación:

$$F.S. = 1 / 2 \cdot V^2 \cdot C_L \cdot S \quad (2.3)$$

$$F.A. = 1 / 2 \cdot V^2 \cdot C_D \cdot S \quad (2.4)$$

Siendo V la velocidad de la mano, C_L el coeficiente de sustentación, C_D el coeficiente de arrastre y S la superficie de la mano.

La fuerza propulsiva es la suma vectorial de las dos anteriores ($F.S.$ perpendicular y $F.A.$ paralela al vector velocidad) y la fuerza propulsiva neta o eficaz será la componente horizontal de dicha suma o fuerza propulsiva en X (F_{px}). (Ver figura 2.7.A)

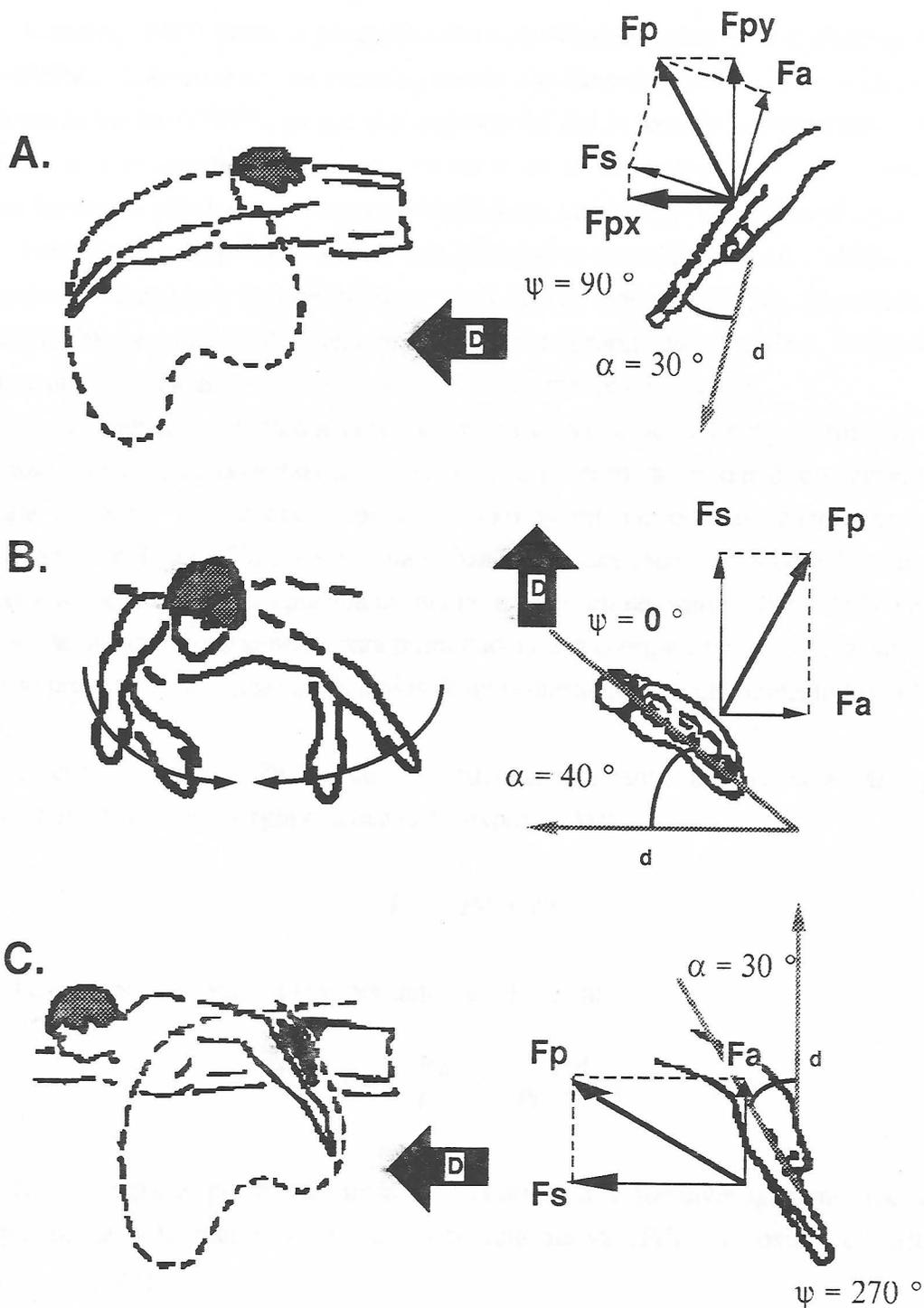


Figura 2.7: Representación de los vectores de fuerza aplicada en un punto de la trayectoria propulsiva en el movimiento hacia abajo en crol (A), en el movimiento hacia dentro en braza (B) y en el movimiento hacia arriba en crol (C). Se señalan los ángulos aproximados de azimut y ataque (Ψ , α) y la dirección de desplazamiento de la mano (d) y del nadador (D).

Redondo (1987) limita la generalización de las fórmulas anteriores al observar cómo el coeficiente de arrastre de una mano no aumentaba tanto al aumentar la velocidad como proponía Schleihau (1979), ya que si el régimen del fluido pasa de laminar a turbulento, el coeficiente de arrastre no aumenta. Por tanto, en ciertos casos puede ser conveniente mover las manos sólo hasta una cierta velocidad, para no perder "apoyo" en el agua.

Esta situación se puede observar con facilidad en personas muy musculadas y gran potencia. Son capaces de aplicar una gran fuerza contra el agua, moviendo sus extremidades con gran rapidez, sin embargo la fuerza propulsiva aplicada es muy inferior a la que utiliza un nadador experimentado, pero con menor corpulencia.

Si se analiza el problema desde el punto de vista de la Energía utilizada para desplazarse en el agua, podemos definir la eficiencia mecánica como la diferencia entre la energía utilizada⁴ y la energía aplicada⁵ (Toussaint, Groot, Savelberg, Vervoorn, Hollander y van Ingen, 1988). La energía utilizada se puede medir por medio del consumo de oxígeno, pero la energía aplicada es mucho más difícil de evaluar. Parte de la energía aplicada se utiliza necesariamente para proporcionar una energía cinética al agua, ya que el impulso propulsivo se aplica contra masas de agua que adquieren un momento lineal hacia atrás.

La energía aplicada (P_o) por tanto es utilizada para vencer la resistencia (P_d) y para producir un cambio de energía cinética (P_k), expresándose:

$$P_o = P_d + P_k \quad (7)$$

La eficiencia propulsiva (ep) por tanto se calcularía:

$$ep = \frac{P_d}{P_o} = \frac{P_d}{P_d + P_k} \quad (8)$$

Gracias a que es posible medir la energía utilizada y que investigaciones recientes han posibilitado la medición de la resistencia activa (P_d), es posible el cálculo experimental de ep .

En este sentido, es importante matizar las diferencias que se plantean cuando el deportista nada en una situación normal, es decir se desplaza libremente, cuando realiza movimientos propulsivos pero es retenido por un sistema que le sujeta y lo mantiene estático, es decir su velocidad de desplazamiento es igual a cero, cuando el nadador utiliza

⁴ Del inglés "power input"

⁵ Del inglés "power output". (P_o)

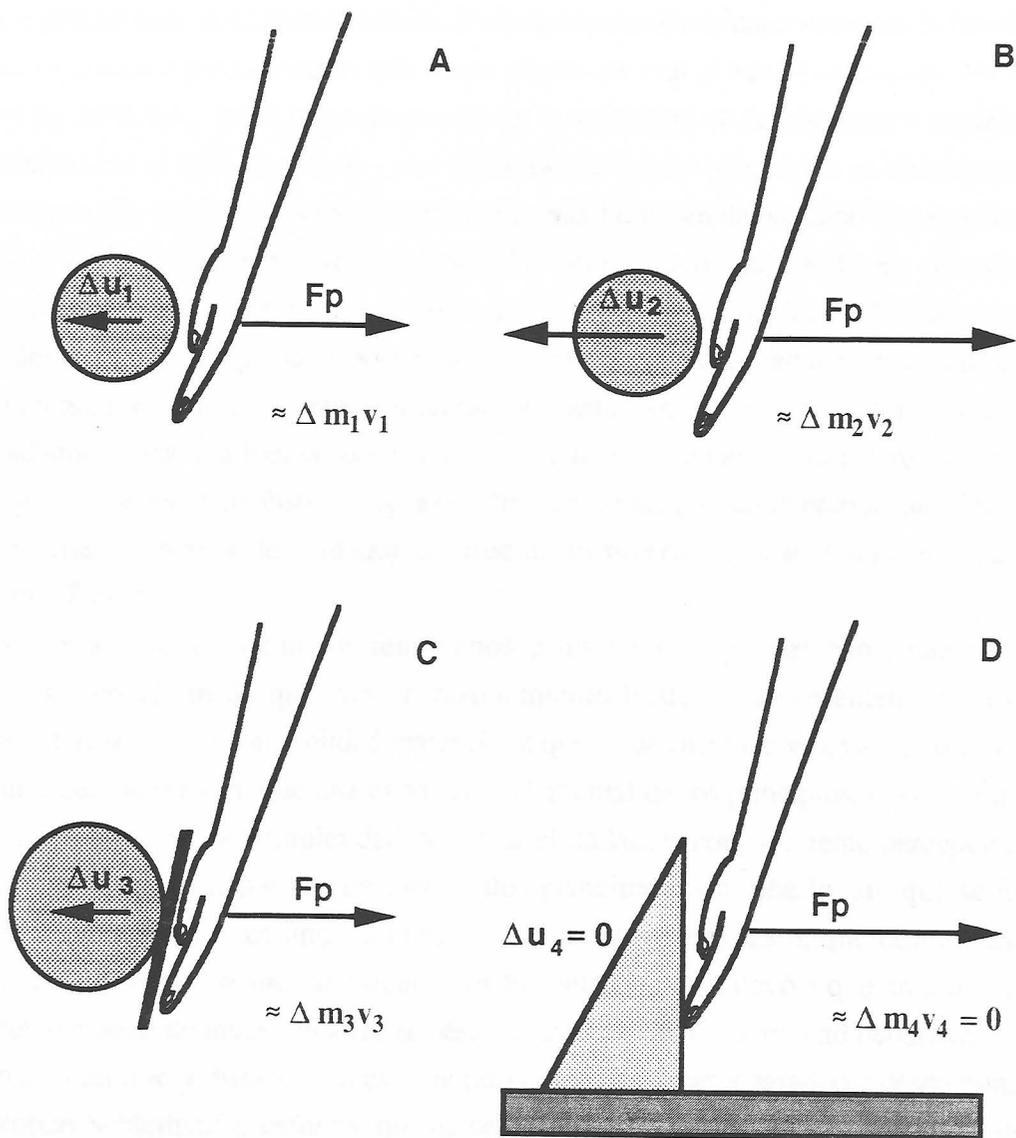


Figura 2.8: Fuerzas que aplica la mano al propulsarse en: a) natación libre; b) natación a velocidad cero; c) natación con palas en las manos; d) natación aplicando la fuerza en un punto fijo. (Adaptado de Toussaint y col., 1988)

unas palas que aumentan su superficie propulsiva o por último cuando el nadador aplica fuerza sobre unos apoyos sumergidos fijos.

En el primer caso nos encontramos en la situación planteada anteriormente, la fuerza propulsiva es utilizada para vencer la resistencia y para acelerar el agua que se encuentra la mano (ver figura 2.8.A). En el segundo caso al ser la velocidad de desplazamiento igual a cero, la resistencia al avance es cero y por tanto toda la fuerza propulsiva se utiliza para acelerar el agua. En este caso las mediciones experimentales han demostrado que su valor es mayor al de la fuerza propulsiva en velocidad libre (ver figura 2.8.B). En el tercer caso la fuerza aplicada para conseguir avanzar a la misma velocidad es ligeramente superior, debido a que aunque la resistencia a vencer sea la misma, el agua es acelerada en mayor cantidad, por tanto la eficiencia mecánica aumenta (ver figura 2.8.C). En el último caso el nadador aplica una fuerza sobre el soporte, que le sirve para vencer la resistencia del agua, pero no acelera en absoluto agua con su mano. Este procedimiento ha permitido medir la resistencia activa del nadador, aunque no su fuerza propulsiva aplicada total. (Ver figura 2.8.D)

Las teorías que explican los fenómenos propulsivos aquí descritos, han sido simplificadas con el fin de que con un razonamiento básico, puedan entenderse los principios, sin entrar en la complejidad matemática que su desarrollo conlleva. El objetivo a conseguir aquí, no era otro que una exposición elemental de los principios, y sobre todo expresar que a pesar de la complejidad de éstos, el nadador, con suficiente percepción motriz, es capaz de sacar partido de todos estos principios, sin saberlo, sin que se lo enseñen y como pasaba hace años, a pesar de sus entrenadores. Esto, que desde hace años se ha denominado "*sentido del agua*" por los entrenadores, llevó a que un número relativamente grande de investigadores (a pesar de tratarse de una actividad deportiva) se dedicaran a su estudio y difusión, en este sentido quiero destacar y agradecer desde estas líneas a Robert Schleihaufl el esfuerzo que ha dedicado en profundizar sobre este tema, su lucidez ha servido para que personas como el que aquí escribe nos hayamos interesado por esta línea de investigación, que tantas aplicaciones tiene en áreas que utilizan el medio acuático para su desarrollo como la rehabilitación motriz, fisioterapia, natación de competición y todas aquellas actividades que tratan de que el hombre se integre y aproveche más un medio para el que la naturaleza no le ha dotado.

CAPITULO III
MEDICION EXPERIMENTAL
DE LA FUERZA PROPULSIVA

En la actualidad no existe ningún sistema para la cuantificación exacta de la fuerza propulsiva ejercida por un nadador. Todos los procedimientos son aproximaciones que con mayor o menor exactitud la valoran, aunque siempre en situaciones modificadas. Cuando la situación de nadar no se modifica la única posibilidad de conocer la fuerza es la medición indirecta de la misma. En este capítulo se hará una revisión cronológica de los procedimientos utilizados para medir la fuerza propulsiva en nadadores, observándose la evolución de la tecnología y métodos experimentales empleados.

3. 1. Medición Indirecta de la Fuerza Propulsiva

Este método ha sido desarrollado por Schleihauf, autor que desde 1974 hasta la fecha ha venido estudiando el problema de la valoración de la fuerza propulsiva en natación.

Los pasos que el citado autor explica en 1979 para obtener la fuerza propulsiva son los siguientes:

- Previamente fueron introducidos modelos de manos de resina sintética, en tubos de corriente utilizados para realizar mediciones hidrodinámicas, obteniendo los coeficientes de arrastre y sustentación para una gran variedad de ángulos de ataque y azimut. (Ver interacción de fuerza arrastre y sustentación y diagramas polares en el capítulo anterior).
- Gracias a estos datos se obtuvieron los diagramas polares de las manos.
- Se filmaron nadadores de forma tridimensional (dos cámaras, una frontal y otra lateral) obteniéndose gráficas del desplazamiento tridimensional del centro de la mano y diversos puntos de la mano.
- Durante su recorrido subacuático se digitalizaron 4 puntos de la mano, lo que permitió conocer los ángulos de azimut y ataque en cada momento de la trayectoria. Se digitalizó también el codo, el hombro, la extremidad distal de la clavícula y la cadera. (Ver figura 3.1, página 31)
- Basándose en las trayectorias anteriores se calculó la velocidad de la mano en cada punto de la trayectoria.
- Al conocer los citados ángulos se pueden conocer los coeficientes de arrastre y sustentación de la mano en cada momento, basándose en los diagramas polares de las manos.
- Previamente se conocía la superficie de la mano.

- Con todos estos datos se pueden calcular las fuerzas de arrastre y de sustentación y por fin la fuerza propulsiva para cada momento de la trayectoria propulsiva, así como la dirección del vector, utilizando las fórmulas 2.3 y 2.4. (Ver figura 3.2, página 31)

La validación del sistema se realizó obteniendo la fuerza al filmar al nadador en natación estática sujeto por una carga conocida, sólo realizando la fuerza suficiente para mantenerse en el sitio. (Ver la trayectoria obtenida al nadar así y los valores de fuerza en el ciclo propulsivo en las figuras 3.2, página 31 y 3.3, página 32). Si se comparan las figuras 3.3 y 3.4 (página 32), puede verse como la fuerza es mucho mayor en el caso de natación estática, y la amplitud de la misma es diferente. En el nado a velocidad libre, el nadador realiza la máxima fuerza cuando se encuentra su mano próxima al final de la tracción. En el caso, de la natación estática, la fuerza tiene un valor alto en el movimiento hacia dentro que corresponde a la parte media de la tracción. En este caso, como se puede observar, la fuerza media (38,35 N) es prácticamente similar a la carga soportada (40 N). Obviamente el nadador se desplazará ligeramente hacia adelante cuando se aplican fuerzas mayores que la media y volverá hacia atrás cuando ésta es menor.

Schleihauf (1974) realizó por primera vez el análisis tridimensional de la trayectoria propulsiva en el estilo crol, utilizando los movimientos propulsivos de Mark Spitz. Mostró como la mano en el momento de su salida del agua se encontraba por delante de donde entró en el agua¹, por tanto el movimiento resultante de la mano relativo al agua fue hacia delante, no hacia atrás, como pocos años antes pensaban los entrenadores. Consideró que observar las trayectorias, bidimensionalmente o en relación al cuerpo y no al espacio que rodea al nadador, no permitía resolver el problema de la propulsión y sólo se estaba proporcionando una descripción parcial de los movimientos en la natación. Por tanto, para analizar los movimientos completamente deben de tenerse en cuenta las tres dimensiones del movimiento, y un cuarto factor crucial para entender la fuerza propulsiva, la velocidad de la mano, la cuarta dimensión de la habilidad en natación. La mano cambia continuamente de velocidad en los tres planos, los puntos de velocidad máxima no pueden ser mantenidos continuamente en la misma dirección y sentido, por tanto el nadador debe cambiar de dirección si quiere seguir manteniendo una propulsión efectiva y no entrar en una situación dónde la mano se resbale en el agua sin producir propulsión. Spitz realizaba a mayor velocidad los movimientos laterales y abajo-arriba que los movimientos hacia atrás. Al conseguirse la fuerza de sustentación de una forma muy importante con movimientos en esas direcciones y como la magnitud de esta fuerza aumenta al incrementarse la velocidad, el autor deduce que los movimientos que generan sustentación son los que deben predominar en la propulsión natatoria. Así mismo, debe de tenerse en cuenta la posición de la mano con

¹ Mark Spitz utilizaba la coordinación brazos/piernas denominada 6 tiempos, en esta coordinación la mano sale del agua claramente por delante de donde entró.

relación al fluido, observando la trayectoria propulsiva, no basta con una trayectoria adecuada y una velocidad óptima si la posición de la mano es inadecuada. Al modificarse la dirección y la velocidad continuamente, también la posición de la mano debe adecuarse en cada instante a la situación propulsiva para conseguir que la resultante propulsiva sea óptima.

El mismo autor en 1979, en uno de los artículos más clarificadores escrito sobre este tema, al analizar el estilo crol encontró tres posibles variaciones en la trayectorias propulsivas de estilo, basándose en la muestra de nadadores de élite utilizados. El estilo denominado clásico es similar al que se muestra en la figura 3.5. (página 33). En él, en el plano sagital el movimiento inicial descendente y el final ascendente se caracterizan por una componente vertical muy importante. En la porción media del estilo, que se puede observar en el plano horizontal, se observan dos movimientos, uno hacia dentro y otro hacia fuera en aproximadamente 45° la dirección de desplazamiento del nadador. Estos movimientos se caracterizan por el predominio de la fuerza sustentadora. El segundo estilo utilizado por nadadoras de dos tiempos, es similar en cuanto a las características del plano sagital, pero en el plano horizontal, los movimientos diagonales son mucho menos pronunciados, compensándolo el nadador con una frecuencia mayor. El tercer modelo se caracteriza porque en la parte media del estilo, al ser observado sagitalmente, la mano se dirige hacia atrás predominando el arrastre en ese movimiento. Esta observación es similar en la observación sobre el plano horizontal.

Schleihauf, Gray y DeRose (1983) mejoraron la precisión del sistema de medición, centrándose más en este trabajo en las características de la fuerza obtenida durante todo el ciclo propulsivo. En el estudio se utilizaron nadadores de alto nivel en el estilo crol. Los resultados obtenidos fueron:

- El punto de máxima velocidad dentro de la trayectoria propulsiva se encontró en un instante que formaba un ángulo de $63,1^\circ$ ($d.t.=6,8^\circ$), diagonal al eje sagital del cuerpo.
- El valor del índice de fuerza máxima, es decir, la relación entre las fuerza máxima obtenida y la fuerza media, fue de 2,37 ($d.t.=0,32$).
- La posición del pico de fuerza máxima se encontró en un punto que correspondía al 78% ($d.t.=0,08$) del recorrido total de la trayectoria propulsiva.
- La relación entre fuerza sustentadora y fuerza arrastre media durante la tracción fue de 1 ($d.t.=0,19$), lo que significa que los nadadores producen la propulsión con un aporte similar de las dos fuerzas que la componen.
- La media de fuerza propulsiva obtenida por unidad de tiempo durante el ciclo motor de los dos brazos fue de 48 N ($d.t.=17,7 N$).

Schleihauf, Higgins, Hinrichs, Luedtke, Maglischo y Thayer (1988) analizaron las características de la fuerza propulsiva de los nadadores del equipo americano durante su preparación para los Juegos Olímpicos de 1984. El estudio se realizó en todos los estilos, siendo 36 los nadadores estilo crol. Los resultados fueron:

- Se analizaron las dimensiones de la trayectoria propulsiva en cada estilo, siendo para el estilo crol: a) profundidad máxima ($\bar{x} = 69,8$ d.t. = 8,4); b) desplazamiento lateral ($\bar{x} = 37,1$ d.t. = 8,1); c) diferencia entre el punto más adelantado y el más atrasado ($\bar{x} = 64,5$ d.t. = 9,7); d) máxima flexión del codo ($\bar{x} = 93$ d.t. = 11).
- La relación entre fuerza sustentadora y fuerza arrastre media durante la tracción, en este estudio, fue de 1,04 (d.t. = 0,28).
- La posición del pico de fuerza máxima se encontró en un instante que correspondía al 82% (d.t. = 0,07) del recorrido total de la trayectoria propulsiva.

C. Maglischo, E. Maglischo, Higgins, Hinricks, Luedtke, Schleihauf y Thayer (1986) en un estudio con el mismo grupo anterior encontraron que en el estilo crol independientemente de la especialidad se encuentran cuatro fases: movimiento hacia abajo, movimiento hacia dentro, hacia fuera y hacia arriba. Los nadadores de crol presentan picos de fuerza en una o dos de las fases anteriores, lo que es debido a que para el nadador resulta imposible mantener la fuerza y velocidad de la manos más de dos veces por ciclo. Los picos de fuerza se pueden encontrar en cualquier fase menos en la de movimiento hacia abajo.

Hasta este momento la medición indirecta de la fuerza propulsiva en natación ha continuado una evolución rápida paralela a la evolución de los medios de filmación, informáticos, etc. Sin embargo, este procedimiento tiene un gran problema debido a la necesidad de la realización de un proceso de digitalización excesivamente largo. De hecho los estudios anteriores, cuya filmación se realizó en el año 1984, no comenzaron a publicarse hasta dos años después. Este problema es especialmente importante si lo que se quiere es dar información inmediata al nadador y al entrenador. En la actualidad se están desarrollando sistemas de digitalización inmediata por medio de imágenes registradas en vídeo. Su uso, sencillo en especialidades deportivas terrestres, es todavía difícil con filmaciones subacuáticas. Esto hace que los sistemas de registro directo sigan siendo una alternativa válida y mucho más eficaz para que el deportista reciba una información útil e inmediata.

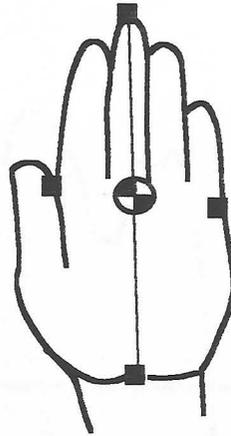


Figura 3.1.: Puntos digitalizados en la mano (cuadrados negros) para conocer la posición de la mano con relación al espacio y a la trayectoria del punto medio de la mano. Esto permite conocer el ángulo de ataque y de azimut.

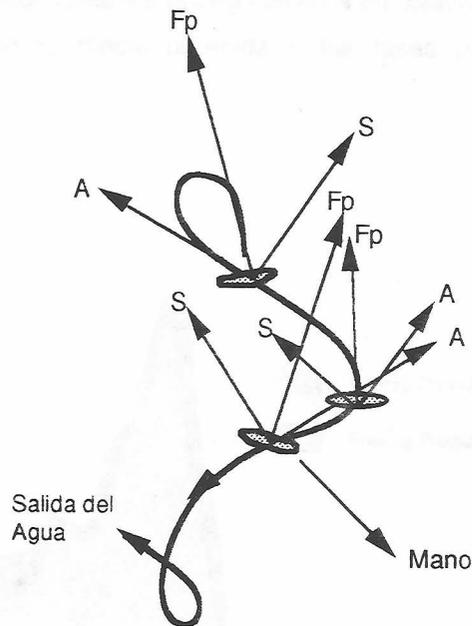


Figura 3.2.: Gráfica de la trayectoria propulsiva en su proyección sobre el plano horizontal y ejemplos de fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador sujeto a una carga de 40 N en natación estática, en tres instantes del ciclo propulsivo. F_p : fuerza propulsiva resultante. A : fuerza de arrastre. S : Fuerza de sustentación. (Schlehauf, 1979)

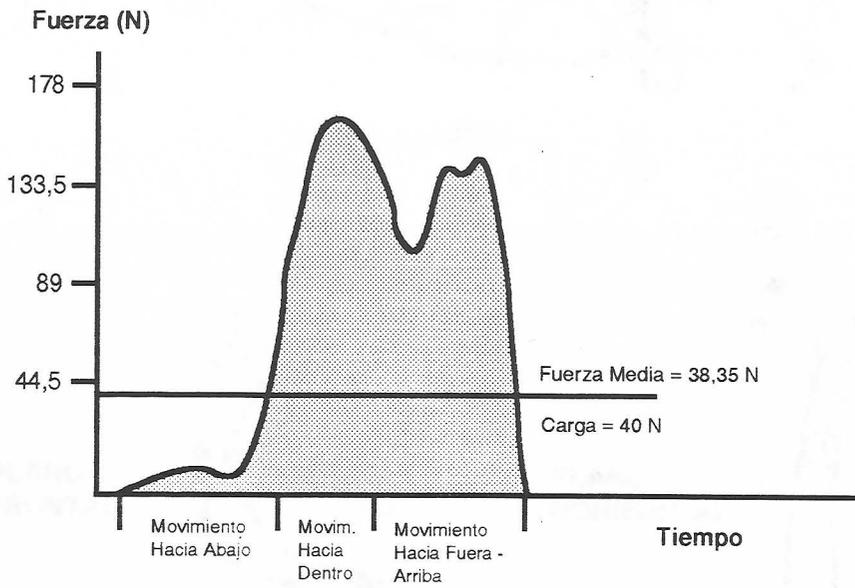


Figura 3.3.: Gráfica de la fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador sujeto a una carga de 40 N en natación estática, señalándose la fuerza media obtenida y las fases propulsivas (Schleihauf, 1979)

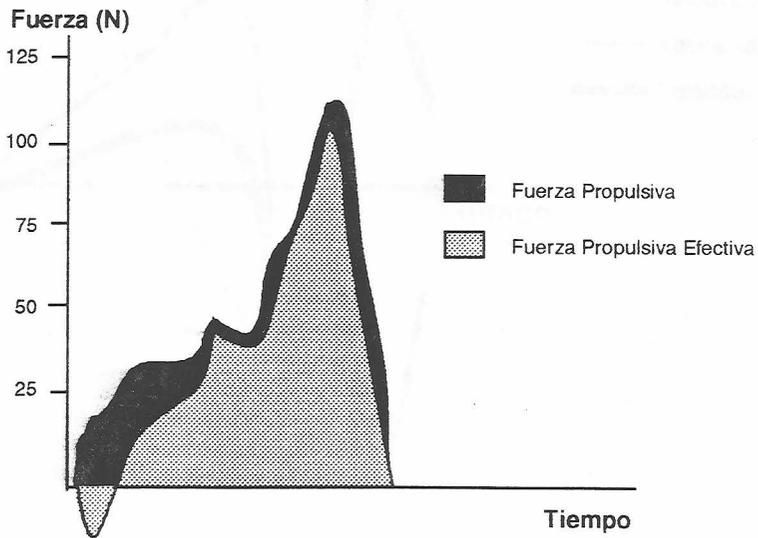


Figura 3.4.: Gráfica de fuerza propulsiva obtenida por medición indirecta en un nadador. Obsérvese la diferencia entre la fuerza propulsiva y la fuerza propulsiva efectiva y como los valores más altos de fuerza se obtienen al final del ciclo propulsivo (Schleihauf y col. 1983).

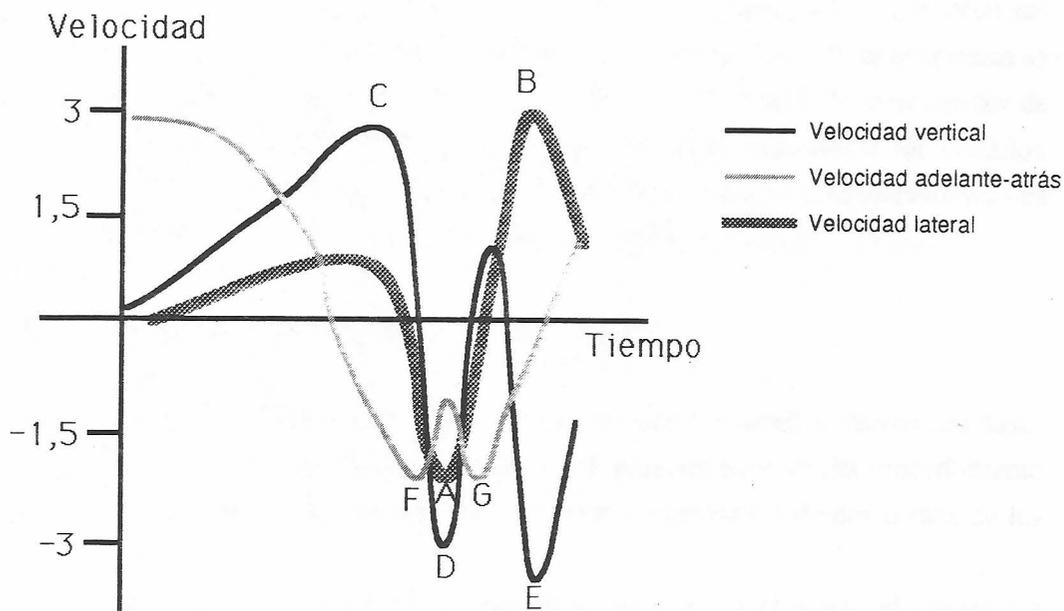
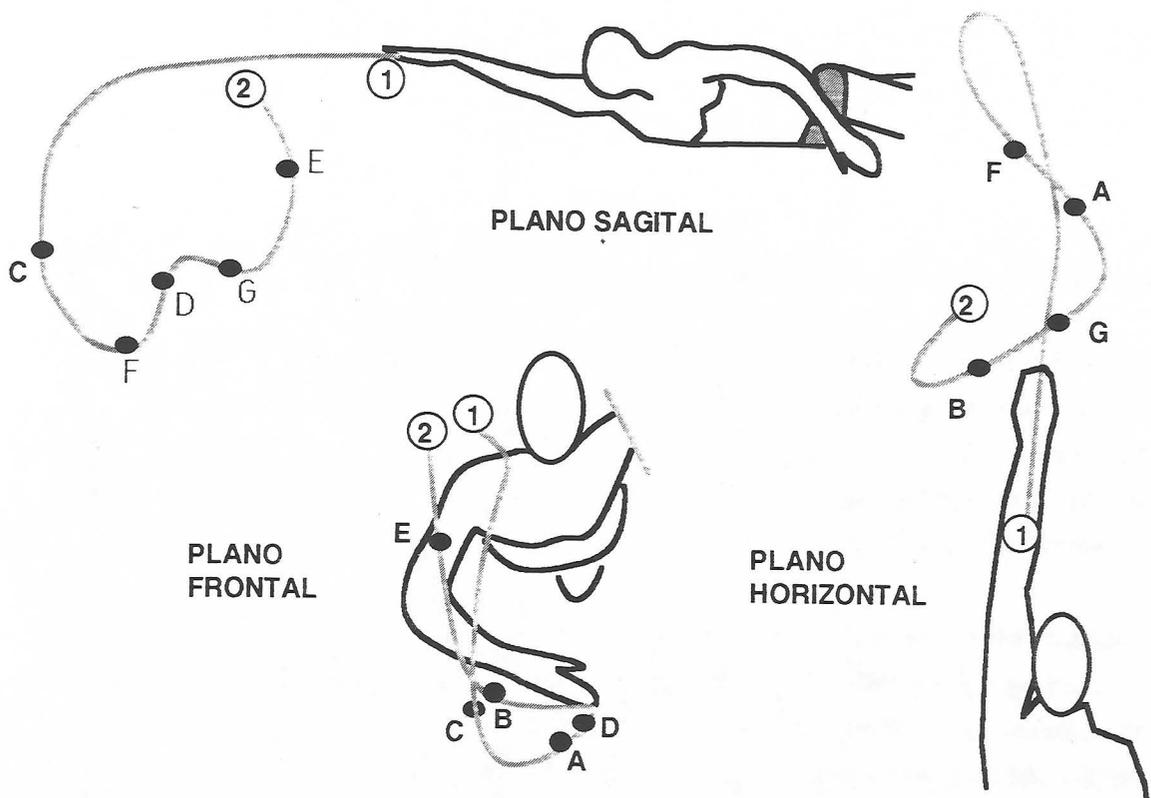


Figura 3. 5.: Gráfica de la proyección en los tres planos y de la velocidad de la mano, en la trayectoria propulsiva del estilo crol, siendo el nadador Mark Spitz. 1) Punto de entrada de la mano en el agua. 2) Punto de salida. (Según Schleihauf, 1974).

3. 2. Medición Directa de la Fuerza Propulsiva

Según Kemper, Clarys, Verschuur y Jiskoot (1983) el conocimiento de los valores de la fuerza propulsiva en natación puede realizarse a través de tres clases de aproximaciones: a) natación estática, registrando la fuerza propulsiva a velocidad cero; b) registro de la fuerza propulsiva a velocidades mayores que cero; c) medición del consumo energético durante la natación. A partir de ahora sólo tomaremos en cuenta aspectos relativos a los dos primeros métodos.

El método general consiste en conocer la fuerza propulsiva aplicada contra el agua o contra un sistema especial de registro, durante el desplazamiento natural del nadador o en una situación modificada. La captación de la señal se efectúa mediante un transductor (dinamómetro, piezocerámica, etc.) que conectado a un amplificador y éste a un oscilógrafo (polígrafo), registra en papel la señal enviada por el nadador. Gracias a este procedimiento se pueden conocer dentro del ciclo motor las variaciones de fuerza aplicada, las diferencias entre ciclos, la fuerza media producida durante un período de tiempo, etc. En la actualidad se puede conectar al sistema un ordenador personal que mediante un "interface" convertidor de señal analógica en digital puede almacenar los datos obtenidos, realizando los cálculos matemáticos o estadísticos de forma automática. Sin embargo, este procedimiento sólo es usado en investigaciones muy recientes (Costill, Rayfiels, Kirwan y Thomas, 1986).

3. 2. 1. Registro de la Fuerza Propulsiva a Velocidad Cero

Hace casi de cuatro décadas que Alley (1952) clasificó los estudios realizados hasta la época sobre resistencia y propulsión del hombre en el agua, en función del procedimiento que seguían, siendo uno de ellos el único, o utilizando la combinación de dos o más de los siguientes:

- Estudios en los que se medía la resistencia que ofrecía el sujeto al moverse a través del agua al ser desplazado por diferentes tipos de arrastre a distintas velocidades.
- Estudios en los que la fuerza propulsiva que el nadador puede ejercer contra un instrumento de medida es tomada como base para atacar el problema de la propulsión. La fuerza ejercida de esta manera es la fuerza propulsiva que el nadador puede generar a velocidad cero, ya que los aparatos utilizados no permiten al nadador moverse en el agua.

- Estudios en los que el nadador se desplaza a la máxima velocidad posible, siendo ésta la medida fundamental, relacionándose posteriormente con la resistencia y la propulsión.
- Estudios de naturaleza teórica, en los que las fórmulas de la hidrodinámica clásica son aplicadas a los movimientos del nadador o a los resultados del nadador.

Esta clasificación sigue estando vigente, teniendo en cuenta el correspondiente desarrollo tecnológico, pero los problemas a resolver son los mismos.

Dubois-Reymond (1905) hicieron que un nadador arrastrara una embarcación, sujetándolo a ella por medio de un dinamómetro. Fueron los primeros investigadores que se plantearon el problema de la medición de la fuerza propulsiva. Houssay unos años después estudió la natación a velocidad cero. (Citados por Lewillie, 1983).

Con el fin de conocer la fuerza propulsiva y la resistencia, Alley en 1952 ideó el aparato cuyo esquema aparece en la figura 3.6. Aunque el diseño del aparato se ajusta más a las necesidades de la medición de la resistencia, ya que disponía de un motor que permitía arrastrar al nadador, también servía para el registro de fuerza a velocidad cero. Utilizando un sólo sujeto en el experimento, se midieron distintos aspectos relacionados con diversas variaciones técnicas, resistencia, etc. De todo lo realizado, lo más interesante para nosotros fue la variable denominada "*Surplus-propulsive force*"² que el autor definió como "la fuerza que un nadador puede ejercer a una velocidad dada, por encima de la fuerza requerida para vencer la resistencia ofrecida por el agua a esa velocidad. Puede ser también considerada como la fuerza utilizada para acelerarse en cualquier velocidad." La fuerza efectiva se definió como la suma de la fuerza excedente y la fuerza de resistencia. Con este sistema el nadador se separaba del aparato a una velocidad constante marcada por el motor utilizado, registrándose la fuerza propulsiva excedente. Un ejemplo de los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 3.1. Como se puede ver en la tabla los valores de fuerza excedente tienden a disminuir a medida que aumenta la velocidad, concluyendo el autor que "este descenso es sin duda debido a una disminución de la efectividad de la tracción y a un incremento de la resistencia total del agua, siendo ambos causados por la naturaleza de los movimientos en natación."

Utilizando un sistema similar al usado por Alley, Counsilman en 1955 realizó un experimento con tres sujetos, con el fin de encontrar las diferencias entre dos formas de nadar el estilo crol usadas en competición en esa época, denominados crol continuo y crol con deslizamiento. La mejora fundamental, realizada al sistema, fue la sustitución del dinamómetro de muelle utilizado por Alley por dos soportes no elásticos a la pared del

² Este término será traducido a partir de ahora como fuerza propulsiva excedente.

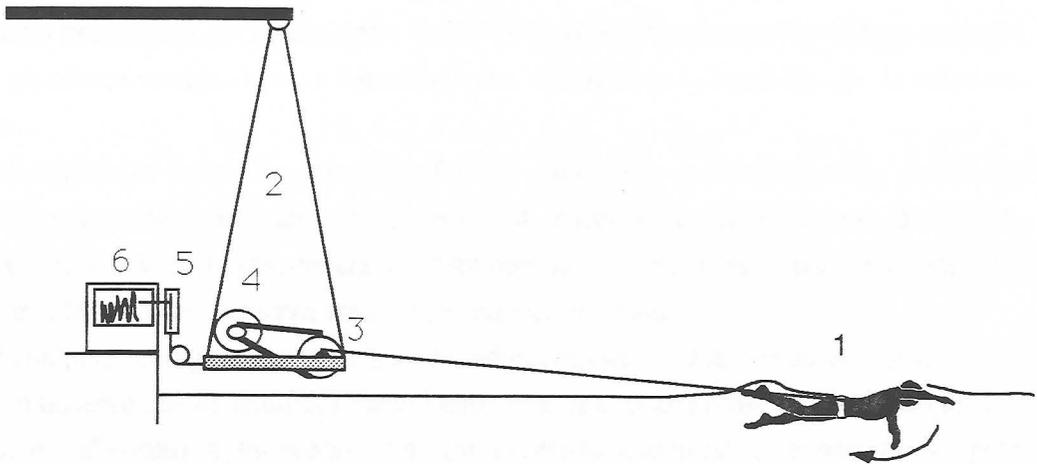


Figura 3.6.: Sistema utilizado por Alley (1952) para la medición de la fuerza de la resistencia y la fuerza propulsiva. 1) Sujeto nadando a crol. 2) Sujeción de la plataforma. 3) Poleas de distintos diámetros para modificar la velocidad de arrastre. 4) Motor eléctrico. 5) Dinamómetro de muelle. 6) Polígrafo.

TABLA 3.1
VALORES DE FUERZA PROPULSIVA EXCEDENTE
OBTENIDOS POR ALLEY (1952)*

Velocidad Aproximada (m/s)	Fuerza en Tracción Normal (N)	Tracción con el codo flexionado (N)
0,0	16,62	16,68
0,365	11,61	11,74
0,4572	13,92	8,85
0,64	11,25	4,76
0,792	7,11	3,69
1,005	7,20	5,33

* Las unidades originales eran pies y libras, siendo transformadas en m y N para este cuadro

vaso, colocando en ellos 4 bobinas "strain gauges" que hacían que la plataforma no oscilara tanto como en el estudio anterior y a la vez se registraban las deformaciones de los soportes, lo que añadió precisión a las mediciones. Como ocurrió anteriormente, los valores mayores de fuerza excedente se obtuvieron a velocidad cero, descendiendo a medida que la velocidad aumentaba.

Se puede observar como la fuerza efectiva mantiene un valor casi constante independientemente de que se aumente la velocidad, como la fuerza efectiva es la suma de la fuerza excedente y de la resistencia, al disminuir la primera al aumentar la velocidad e incrementarse la segunda, la fuerza efectiva permanece constante.

Al comparar el registro de fuerza a velocidad cero de las dos formas de nadar el crol, Counsilman observó que el estilo deslizante³ tenía una fase en que ninguno de los dos brazos contribuía en absoluto a la propulsión. En el estilo continuo el brazo no se para completamente en ninguna fase del movimiento. En cualquier caso los nadadores registraron más fuerza con el brazo del lado por el que respiraban, siendo diestros todos los sujetos y siendo este brazo el más fuerte según tests de fuerza realizados fuera del agua. Según esta observación el autor recomienda que el nadador respire por el lado contrario de su brazo más fuerte, ya que el momento de respirar es el instante en que el nadador ofrece más resistencia, debiendo en ese momento aplicar la máxima fuerza posible con el brazo propulsor. Así mismo, observó que el momento de máxima fuerza lo realizaron los nadadores, cuando el brazo se encontraba a 90° del eje longitudinal del cuerpo.

Entre las conclusiones de este estudio cabe destacar: a) el estilo continuo generó más fuerza propulsiva efectiva que el deslizante a igual velocidad y frecuencia; b) el estilo continuo fue más rápido en una distancia de 10 yardas (9,144 m); c) al igual que la fuerza excedente descendía al aumentar la velocidad, también lo hizo la cantidad de fluctuación entre la fuerza máxima y la mínima; d) el estilo deslizante creó más fluctuaciones en la fuerza de lo que lo hizo el estilo continuo a igual velocidad y frecuencia. e) cuando se utiliza el estilo continuo, la máxima fuerza excedente creada por el peor brazo era menor probablemente por dos factores: la pérdida de eficacia de la tracción debida a la existencia de un ángulo (de rotación del cuerpo sobre el eje longitudinal en el momento de respirar) que disminuye la eficiencia muscular y la presencia de un incremento en la resistencia del cuerpo en esta posición⁴, máxima rotación del cuerpo. Por tanto, el nadador debe respirar por el lado opuesto a su brazo más fuerte.

³ El nadador mantiene un brazo delante extendido mientras el otro completa un ciclo de movimiento, esta forma de nadar no se usa en la actualidad en competición y sirve fundamentalmente como ejercicio de entrenamiento denominándose "punto muerto de crol".

⁴ En este mismo estudio y con sólo un sujeto registró las diferencias de resistencia en diversas posiciones encontrando que el sujeto tendido lateralmente en el agua ofrecía más resistencia que tendido en posición prona. Este resultado ha sido cuestionado en investigaciones más recientes.

Magel (1970) midió la fuerza propulsiva media realizada durante tres minutos a velocidad cero a 26 nadadores entrenados en cada uno de los cuatro estilos de competición mediante un transductor dinamométrico. Los nadadores fueron atados a un sistema formado por una polea y pesas por medio de un cinturón. El transductor se colocó justo por encima del soporte de las pesas. (Ver figura 3.7). El test consistió en esfuerzos de 3 tres minutos seguidos de descansos de 3 a 5 minutos de duración. La carga se iba aumentando cada período en 1,14 Kg hasta que el nadador no podía soportar el peso durante el tiempo del test. La media de fuerza propulsiva registrada en crol, espalda y mariposa con este procedimiento no fueron diferentes. Los nadadores bracistas fueron capaces de ejecutar las mayores fuerzas a velocidad cero, probablemente debido a la potente patada que caracteriza este estilo. Aunque este estilo es el que produce más fuerza, sin embargo es el más lento, debido a los movimientos que realiza el nadador bajo el agua en sentido y dirección de desplazamiento, que hacen que aumente la resistencia con relación a los otros estilos. El estilo espalda mostró la propulsión de mayor continuidad, pero aunque su fuerza fue similar a la de crol y debiera por tanto nadarse más rápido, el ligero incremento de resistencia medido al deslizarse dorsalmente y el efecto de las salidas y las vueltas (beneficiadas reglamentariamente en el crol) hacen que este estilo sea más lento que el crol. El autor afirmó en su discusión que "la medición de la fuerza propulsiva a velocidad cero proporciona una buena estimación de la fuerza propulsiva que puede ser desarrollada en natación normal". (Ver tabla 3.2)

Goldfuss y Nelson. (1971) utilizaron simultáneamente el registro de fuerza en natación estática, con el nadador atado por la cintura a un cable, y la filmación subacuática, en un sistema sincronizado. Se utilizó exclusivamente la acción de los brazos, con dos nadadores de estilo crol. Dichos nadadores fueron entrenados previamente en natación estática seis semanas antes, cinco sesiones de 15 minutos a la semana. Sólo durante cuatro períodos diferentes en un tiempo total de 2 minutos fueron filmadas y registradas las tracciones, tomándose siempre como unidad el ciclo de dos brazadas, es decir, desde que la mano izquierda entra en el agua, hasta que la mano derecha entra por segunda vez, considerando sólo los ciclos en que se incluye la respiración. Se diferenciaron las siguientes fases: fase de entrada, desde que la mano entra en el agua hasta que llega al punto más adelantado, fase de tirón, desde el punto más adelantado hasta que se alcanza la máxima profundidad, fase de tirón-empuje, desde el punto más profundo hasta el punto que se aplica la fuerza máxima, fase de empuje, desde el punto de fuerza máxima hasta la salida del agua, fase de recobro, desde que la mano sale del agua hasta su entrada. Los resultados mostraron que la máxima fuerza producida por un brazo ocurre durante la fase de entrada del otro y la máxima profundidad de un brazo ocurre durante el recobro del contrario, así mismo, la entrada de un brazo se realiza siempre antes que ocurra el punto de máxima fuerza del contrario.

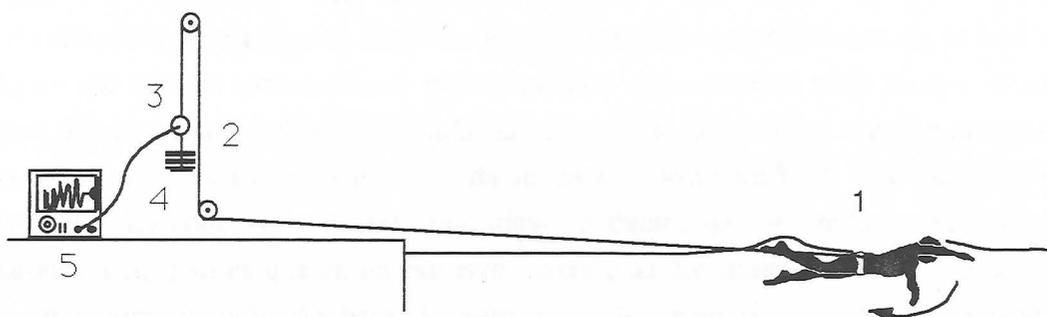


Figura 3.7.: Sistema utilizado por Magel (1970) para la medición de la fuerza propulsiva a velocidad cero. 1) Sujeto nadando a crol. 2) Poleas que sujetan al nadador con el sistema. 3) Dinamómetro analógico. 4) Pesas que mantienen al nadador sin desplazarse. 5) Amplificador y polígrafo.

TABLA 3.2
COMPARACION DE LA FUERZA PROPULSIVA MEDIA EJERCIDA POR NADADORES ENTRENADOS A VELOCIDAD CERO EN LOS DISTINTOS ESTILOS DE NATACION

Estilo	Fuerza en 20 s * (Kg)	Fuerza en 60 s* (Kg)	Fuerza en 180 s ** (Kg)
Crol	13,4 (12,1 - 14,6) n=5	10,3 (9,8 - 10,7) n=5	7,8 (6,6 - 9,1) n=11
Mariposa	13,1 (--) n=1	9,9 (--) n=1	8,0 (7,9 - 8,2) n=4
Espalda	14,1 (12,5 - 15,5) n=2	10,8 (9,5 - 12,1) n=2	8,6 (8,5 - 9,0) n=5
Braza	20,9 (18,1 - 22,7) n=3	16,0 (14,1 - 17,3) n=3	10,8 (9,1 - 11,7) n=6

* Datos citados por Magel (1970) y obtenidos por Mosterd y Jongbloed (1964)

** Datos obtenidos por Magel (1970)

La fuerza decrecía a lo largo de los dos minutos. La fuerza aplicada por el brazo del lado de respiración fue mayor que la del otro (respiraron por el lado izquierdo). El tiempo de duración del ciclo aumentó a lo largo de los dos minutos, especialmente en la fase de entrada. En esta fase era también donde más diferencias se encontraban entre los dos brazos del sujeto. La duración del ciclo de brazada, aumentaba a lo largo de los cuatro períodos de control, 13.4% y 14.5% respectivamente cada día en un sujeto y un 8.1% en los dos días en el otro sujeto. La conclusión de esta investigación dentro de sus limitaciones (sólo se analizaron dos sujetos) es que en un esfuerzo máximo de dos minutos a velocidad cero el tiempo que dura el ciclo de brazada aumenta a lo largo del tiempo de esfuerzo, disminuyendo la fuerza aplicada.

Wankow (1972) cita los trabajos de otros autores sobre la fuerza propulsiva obtenida en natación estática resumidos en las tablas 3.3 y 3.4. (debe tenerse la precaución, al observar los datos, de que no conocemos el protocolo de medición, por lo que los valores sólo se pueden comparar entre sí). En la tabla 3.3 podemos ver como los nadadores de clase superior tienen unos valores de fuerza mayores que los de inferior clase y en la tabla 3.4 los nadadores masculinos obtienen más fuerza que los femeninos. En cualquiera de los dos casos, el nado estilo completo produce más fuerza que el de sólo brazos y que el sólo piernas. El autor realizó el siguiente comentario en su artículo: "la fuerza medida durante la tracción estática, al nadar sólo con los brazos no ofrece, sin embargo, un cuadro completo, de la fuerza de la brazada del nadador, porque durante dichos movimientos también el mismo nadador se mueve hacia delante en la natación libre. Por esta razón los valores de fuerza de brazada indicados en las tablas, no pueden alcanzarse durante el nado. A primera vista, la fuerza del movimiento de la brazada parece proporcional al peso corporal del nadador".

Onoprienco y Bartaszuk (1973) por medio de un dinamómetro registraron la fuerza propulsiva y obtuvieron un índice de fuerza relativa (relación entre fuerza propulsiva y peso corporal) cuyos valores se pueden ver en la tabla 3.5. El peso específico se valoró por medio de un dinamómetro utilizando la fórmula de K. Chanin y R. Changovets (citados en el artículo):

$$Peso\ Específico = \frac{P (Kg)}{P(Kg) - P. A. (Kg) + V (l)} \quad (3.1)$$

Dónde P es el peso corporal, P.A. es el peso corporal en el agua y V es el volumen de aire de los pulmones. Encontraron una correlación significativa entre la fuerza de los movimientos natatorios y la velocidad en 50 metros ($r = 0,858$) y que el peso específico aumentaba al aumentar la fuerza relativa correspondiendo a un incremento de 0,01 Kg. de fuerza propulsiva un aumento de 0.0034 g./cm³ en el peso específico.

TABLA 3.3
INDICES DE FUERZA DESARROLLADA EN EL ESTILO CROL
OBTENIDOS POR ABSALIAMOV *

Nivel de los Nadadores	II Clase	I Clase	Clase Extra
Fuerza Estilo Completo	12,6	16,3	19,7
Fuerza sólo Brazos	9,8	12,7	13,9
Fuerza sólo Piernas	6,9	8,25	10,5

* Citado en Wankow (1972)

TABLA 3.4
INDICES DE FUERZA DESARROLLADA EN EL ESTILO CROL
OBTENIDOS POR BELOKOWKY Y GORDON **

	Hombres (Kg)	Mujeres (Kg)
Fuerza Estilo Completo	28,0	14,0
Fuerza sólo Brazos	20,1	12,8
Fuerza sólo Piernas	14,8	8,5

**Citado en Wankow (1972)

TABLA 3.5
VALORES DE FUERZA RELATIVA DE
NADADORES SOVIETICOS

Categoría Deportiva	n	Fuerza Relativa (\bar{x})	d.t.	Peso Especifico	d.t.
Maestros del Deporte	14	0,223	0,018	1,0850	0,0047
Candidatos a MD	23	0,209	0,021	1,0807	0,0048
1ª Categoría	38	0,194	0,016	1,0734	0,0051
2ª Categoría	34	0,162	0,028	1,0685	0,0063

Esta situación es contraria a la idea generalizada de que la flotabilidad es la cualidad predominante en la selección de nadadores. Concluyendo los autores: "Una buena flotabilidad del cuerpo es indiscutiblemente una cualidad positiva para el nadador. Dicha cualidad sobre todo favorece el aprendizaje en las primeras etapas. Se ha demostrado que una buena flotabilidad tiene una importancia singular en deportistas cuya velocidad de nado es baja. Gracias al alto grado de flotabilidad el cuerpo se mantiene sobre el agua, disminuye su superficie mojada y por tanto la fricción. Sin embargo, hay que tener en cuenta que junto con el incremento de la velocidad, aumenta la capacidad hidrodinámica de flotabilidad disminuyendo la influencia de las relaciones descritas anteriormente. Por eso, el papel principal en el incremento de la velocidad natatoria lo juegan las cualidades físicas, como la fuerza, que garantizan una fuerte y fluida brazada".

Abramson (1973) en una serie de artículos dedicados al análisis de la natación desde el punto de vista de la ciencia y la ingeniería recomienda el uso de un dinamómetro que por medio de un cable sujeto a la cintura del nadador mide la fuerza del nadador a velocidad cero, en estilo completo, sólo brazos y sólo piernas. Estas mediciones, según el autor, deberían utilizarse como guías para el trabajo de fortalecimiento en seco, utilizando el deportista cargas ligeramente superiores a las obtenidas en las observaciones.

Boicev y Tzvetkov (1975) en un trabajo en el que desarrollaron diversos métodos para evaluar al nadador tanto técnica como fisiológicamente, muestran en uno de sus ejemplos registros de fuerza a velocidad cero en el estilo mariposa, comparándola con la registrada en un aparato fuera del agua diseñado al efecto. El aparato hacía deslizar el cuerpo del nadador en unos railes inclinados al realizar la tracción.

Craig y Boomer (1980) midieron la velocidad máxima en nado libre (V), la fuerza desarrollada a velocidad cero (F) y las velocidades (V_w) que obtenían cuando el sujeto era frenado por distintas cargas (D). Todos los registros se realizaron en esfuerzos de 5 - 6 s. El grupo estaba compuesto por 12 hombres y 26 mujeres de nivel nacional (EE.UU.) y otros 9 hombres y 9 mujeres de nivel universitario. En las mediciones de nado parcialmente libre, la velocidad aumentaba a medida que las cargas disminuían, siendo la relación descrita por la ecuación $V_w = A(D) + B$. La velocidad calculada cuando $D = 0$ estuvo relacionada con la V . La carga (D) calculada cuando $V = 0$ correlacionaba con F . Gracias a la relación entre V_w y D se pudo calcular teóricamente la máxima capacidad de trabajo contra una carga externa. Esta capacidad máxima correlacionó con V y fue un 30% menor en las mujeres. Sin embargo, la velocidad máxima fue sólo un 10% menor en las mujeres que en los hombres. Esta aparente discrepancia es explicada por la observación de que las mujeres obtienen un mayor incremento en la V , a medida que D disminuía, mientras que en los hombres esto no ocurrió así. El factor A fue mayor para el grupo femenino. Este último resultado probablemente refleja las observaciones de otros estudios, en los cuales se demuestra que el consumo de oxígeno de la natación es menor en las mujeres que en los hombres.

Monpetit (1981) hizo un completo análisis de la utilidad y metodología del registro de fuerza en el agua. ¿Cuáles son las razones para medir esta fuerza? a) evaluar la condición física y la eficacia de los programas de entrenamiento; b) poder predecir el sobreentrenamiento; c) proporcionar una meta de mejora a los nadadores; d) objetivar el conocimiento por parte del nadador de su estado de forma. La metodología aplicada fue el test estandarizado de máxima fuerza propuesto por Caldwell para pruebas isométricas máximas, en el cual después de una fase de puesta en marcha de no más de dos segundos se intenta que el sujeto mantenga la máxima fuerza al menos tres segundos. El cable debe estar perpendicular a la pared. En el caso de la capacidad anaérobica se registra la fuerza media propulsiva durante 40 s a unas frecuencias de movimiento controladas. En el caso de la resistencia muscular se mide la fuerza durante tres minutos, estableciéndose un índice de fatiga fuerza vs. tiempo. ¿Qué tiene que ver la fuerza propulsiva medida así con el resultado en competición? La propulsión depende de la fuerza y de la técnica y se ha observado que existe un alto nivel de correlación entre la fuerza propulsiva máxima y los resultados en pruebas de velocidad. Sin embargo, en pruebas de 400 - 1500 m., esta correlación no existió. El estilo de menor fuerza propulsiva es la espalda. Técnicamente no se encontraron diferencias entre la natación atada o en movimiento, aunque las cargas a soportar por las extremidades superiores fueron mayores durante la natación dinámica. Diferentemente a otros autores encontraron que en nadadores de élite, las diferencias entre la braza y el crol en la fuerza propulsiva máxima a velocidad cero no eran significativas. El nadador al realizar los tests fue sujeto a un cable en crol y espalda, añadiéndole al mismo un muelle rígido en braza y mariposa con el fin de evitar las sacudidas que realizaba el nadador debido a la discontinuidad en la aplicación de las fuerzas de estos estilos. El autor citando a Yensen y Tihaniyi (1978) se plantea la cuestión de que si la técnica usada en natación estática es similar a la usada en natación libre, dichos autores encontraron que las dos condiciones no eran marcadamente diferentes, sin embargo las fuerzas aplicadas por las extremidades superiores fueron mucho más grandes en natación a velocidad cero que en nado libre. (Ver resultados obtenidos en este estudio en las tablas 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10).

TABLA 3.6
MEDIAS DE FUERZA PROPULSIVA EN NADADORES DE ELITE
HOMBRES

Estilo	Completo (N)	% Brazos	% Piernas
Crol (n=20)	191	83	66
Espalda (n=15)	165	80	66
Braza (n=16)	206	70	70
Mariposa (n=10)	171	83	80

TABLA 3.7
MEDIAS DE FUERZA PROPULSIVA EN NADADORES DE ELITE
MUJERES

Estilo	Completo (N)	% Brazos	% Piernas
Crol (n=20)	143	85	74
Espalda (n=15)	128	77	73
Braza (n=16)	144	72	74
Mariposa (n=10)	129	82	80

TABLA 3.8
MEDIAS DE FUERZA PROPULSIVA EN NADADORES DE
GRUPOS DE EDAD - ESTILO CROL (MASCULINOS)

Edad	Fuerza (N) ± d.t.
11	99 ± 10,8
12	116 ± 9,8
13	147 ± 45
14	162 ± 18
15	189 ± 27

TABLA 3.9
CORRELACION ENTRE FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
Y RESULTADOS EN COMPETICION EN NADADORES DE ELITE

	100 Libres	400 Libres	1500 Libres	100 Espalda	100 Mariposa	100 Braza
Estilo Completo	-0,78	n.s.	n.s.	-0,62	-0,82	-0,85
Sólo Brazos	-0,61	n.s.	n.s.	-0,47	-0,79	-0,55
Sólo Piernas	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-0,69	-0,81

TABLA 3.10
CORRELACION ENTRE FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
Y RESULTADOS EN COMPETICION ESTILO CROL (NADO LIBRE⁵)

Edad	50 m	100 m	200 m
13	-0,65	-0,68	-0,54
16	-0,61	-0,50	-0,35
Elite	-0,78	-0,77	-0,75

⁵ En competiciones el estilo crol no existe reglamentariamente, ya que la prueba se denomina "nado libre", es decir, el nadador puede utilizar cualquier técnica de nado. Al ser el estilo crol el más rápido, éste es el que se utiliza siempre en estas pruebas.

Yeater, Martin, White y Gilson (1981) midieron la fuerza propulsiva a velocidad cero en los estilos crol, espalda y braza, aislando la acción de los brazos y piernas en crol y braza. Así mismo, trataron de encontrar una relación entre esas fuerzas y las velocidades de competición. Utilizaron 18 nadadores (todos hombres) participantes en competiciones universitarias catalogados como velocistas ($n=7$), mediodondistas ($n=4$) y fondistas ($n=3$). El registro de fuerza se realizaba sujetando al nadador a un cable (ver figura 3.8) y ejecutando seis ciclos en crol y espalda y cinco en braza a la máxima intensidad. Se midió la fuerza máxima por ciclo y la fuerza media. Se registró la fuerza en distintas condiciones de frecuencia de ciclo con el fin de relacionar estas variables. Se evaluaron los tiempos en competición de 100 yardas libres, espalda, braza y 500 yardas libres. Igualmente se realizaron diversas medidas antropométricas (ver resultados en tabla 3.11). Existió una considerable variación en los registros de fuerza entre los nadadores en cada estilo, siendo estas variaciones reflejadas en los relativamente altos valores de las desviaciones típicas. Los valores de fuerza máxima por ciclo en braza fueron los más altos, aunque la media fue similar al crol. El estilo espalda fue el que con un valor significativamente menor de fuerza a velocidad cero. Un resultado ciertamente sorprendente fue que la media de fuerza en pies de crol fue mayor que en brazos de crol. Se encontró una alta correlación entre la media de fuerza propulsiva y la velocidad de competición en crol, especialmente en nadadores fondistas. Se obtuvo correlación negativa entre la velocidad del crol y la relación fuerza máxima y fuerza media. Los datos sugieren también que la acción de los pies contribuye significativamente en crol y braza. En ningún caso el estilo completo produce tanta fuerza como la suma de los brazos y piernas. Al analizar la relación entre frecuencia de brazada con la fuerza propulsiva a velocidad cero, se encontró que existía una frecuencia óptima a partir de la cual la fuerza declina. Se encontró para estos nadadores que la frecuencia óptima oscilaba entre 0,8 y 0,9 cic/s. Los mejores nadadores tenían significativamente más fuerza que los peores nadadores en crol y braza. Los autores indicaron que el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero ofrece la posibilidad al entrenador de utilizar medios para predecir el resultado en competición y diagnosticar problemas en la técnica, siempre teniendo en cuenta que la fuerza propulsiva a velocidad cero no es la misma que la aplicada en nado libre.

Martin, Yeater y White (1981) desarrollaron un modelo analítico del crol. El nadador se representó por un torso con brazos rotando como una rueda de palas en el agua. El modelo a partir de los datos de estudios previos relativos a la resistencia y anatomía humana se ajustó a la situación del nadador desplazándose libremente, a la del nadador atado en velocidad cero y a la del nadador atado nadando a velocidades inferiores a la de nado. La fuerza aplicada estáticamente es mucho mayor a la aplicada en natación a velocidad de nado libre. La fuerza propulsiva del modelo en natación libre es casi igual a la fuerza aplicada al nadar atado a $2/3$ de la velocidad de natación libre.

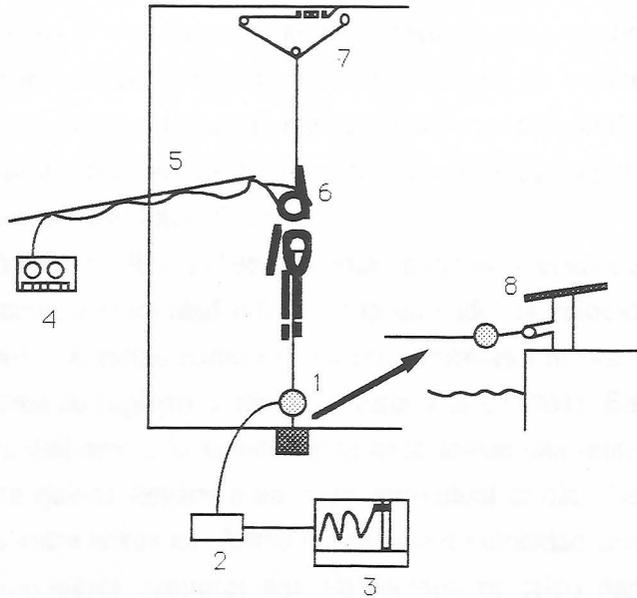


Figura 3.8.: Sistema utilizado por Yeater y col. (1981) para la medición de la fuerza propulsiva a velocidad cero. 1) Dinamómetro y cable de acero. 2) Amplificador. 3) Polígrafo. 4) Magnetófono 5) Pértiga para mantener el cable sin que moleste al nadador. 6) Auriculares. 7) Sistema para el ajuste de tensión a 50 N. 8) Detalle de la sujeción del dinamómetro.

TABLA 3.11
COMPARACION DE LA FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
ENTRE ESTILOS Y VARIACIONES TECNICAS

Edad	Estilo completo (N)	Brazos (N)	Piernas (N)
Crol	191,41 ± 41* (n=18)	97 ± 23 (n=18)	119 ± 35 (n=16)
Fuerza Máx.	384 ± 77		
Braza	188 ± 51 (n=15)	126 ± 38 (n=18)	138 ± 47 (n=16)
Fuerza Máx.	693 ± 231		
Espalda	156 ± 43 (n=15)		

* Desviación Típica

Yancher, Larsen y Baer (1984) utilizaron la metodología del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero al diseñar un ingenioso sistema para conocer el tiempo de recuperación necesaria para esfuerzos típicos del entrenamiento de velocidad en natación (entre 8 y 15 s). Conocida la fuerza media durante este tiempo se utilizan distintos intervalos de recuperación con el fin de conocer con cual de ellos se consigue que el nadador alcance los niveles de fuerza media de la prueba inicial.

Adams, Martin, Yeater y Gilson (1983) evaluaron las interrelaciones entre la fuerza propulsiva a velocidad cero, a velocidad inferior a la de nado, la velocidad de nado y la frecuencia de ciclo en crol, utilizando como sujetos experimentales nueve hombres y nueve mujeres y el mismo sistema de registro usado por Yeater y col. (1981). Encontraron que la fuerza propulsiva a velocidad cero y la velocidad de nado tenían una relación lineal con la frecuencia de ciclo, hasta que se llegaba a un valor individual crítico. No se encontraron diferencias significativas entre sexos en fuerza propulsiva a velocidad cero y velocidad de nado. Los gráficos individuales proporcionan un método práctico para determinar la frecuencia de ciclo ideal y las pruebas para las que el sujeto puede estar más adaptado. Se observó que las mujeres tenían una mayor capacidad que los hombres para elegir una frecuencia de ciclo que produzca más fuerza propulsiva a velocidad cero o velocidad de nado. No se encontraron relaciones entre la fuerza propulsiva a velocidad cero y la velocidad de nado, explicándose las causas por: 1) utilizarse una muestra muy reducida; 2) producirse variaciones en la mecánica del estilo; 3) las componentes de la fuerza propulsiva (fuerza de elevación y fuerza de arrastre) están en función de la velocidad, la cual es diferente en fuerza propulsiva a velocidad cero, 4) hay variaciones en la frecuencia. Por tanto la fuerza propulsiva a velocidad cero y fuerza propulsiva a velocidad inferior a la de nado servirán fundamentalmente para determinar la efectividad del programa de entrenamiento de fuerza utilizado con los nadadores.

Gullstrand y Holmer (1983) analizaron por medio de una batería de tests fisiológicos la evolución de los nadadores del equipo nacional de Suecia de natación en el período comprendido entre el año 1977 y el 1981. Entre los tests utilizados registraron la fuerza propulsiva a velocidad cero por medio de un dinamómetro sujeto al nadador por un cable. Se midió la fuerza estilo completo, sólo piernas y sólo brazos. El tiempo de esfuerzo fue de 10 s realizados a la máxima intensidad. Así mismo, se midió la fuerza propulsiva a una velocidad de fluido fija (1,1 m/s en mujeres y 1,2 m/s en hombres) en el "swimming flume"⁶. Los resultados mostraron un incremento en la fuerza en este período del 25% en el estilo completo, un 30% en sólo brazos, un 50% en sólo brazos contra el agua a una velocidad de 1,2 m/s y un 25% en sólo piernas en el grupo de hombres. En el caso de las mujeres los incrementos fueron similares pero un 10% más bajos en cada test, a excepción del registro

⁶Denominación anglosajona de una pequeña piscina equipada con un motor para mover el agua a determinadas velocidades. Su utilización se asemeja a la de un cicloergómetro, comunmente usado en los laboratorios de fisiología.

sólo piernas en que no hubo mejoras. Se observaron mejoras dentro de la temporada pero, coincidiendo con los momentos de puesta a punto⁷, la fuerza declinaba, mientras que los valores de lactato obtenidos en otro tipo de evaluaciones fisiológicas aumentaban. Se observó que la variación del máximo consumo de oxígeno durante este período prácticamente no existió, a pesar de que en este período se mejoraron de forma muy rápida los records suecos de natación. Los autores concluyen que los resultados en el registro de fuerza a velocidad cero indican claramente que el incremento en la fuerza al nadar es uno de los factores más importante en la mejora en los tiempos de competición conseguidos en este período. Esto ha sido, posiblemente, resultado de un aumento en la utilización de diferentes entrenamientos de fuerza, utilización de nuevos aparatos y un aumento en general del volumen de entrenamiento de fuerza. El descenso de la fuerza durante la puesta a punto es resultado de la forma habitual de realizarla en natación. En la mayor parte de los casos el nadador deja el entrenamiento de fuerza totalmente cuatro o cinco semanas antes de los campeonatos, recomendándose que esto no ocurra hasta 10 ó 14 días antes de la competición.

Platonov (1988)⁸ describe los sistemas utilizados en la U.R.S.S. para la evaluación de la fuerza específica máxima en natación. De forma general se utilizaron dos procedimientos de registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero: estando el nadador sujeto por un sistema elástico o por un sistema no elástico. En el primer caso, y teniendo en cuenta el papel amortiguador del sistema elástico, nadaba sujeto al aparato durante un tiempo de 10 a 12 s obteniéndose el valor de fuerza entre el segundo 5 y 8, lo que se considerará fuerza máxima. En el segundo se registra la fuerza aplicada en cada momento de la fase propulsiva, y las diferencias posibles entre brazos en cantidad y forma. Según el autor, estas gráficas se pueden relacionar con los valores de velocidad de desplazamiento en nado libre registrados por un nadador en cada una de las fases, realizándose un estudio muy completo de la situación técnica del nadador. Los procedimientos utilizados para evaluar la fuerza resistencia específica, utilizando un sistema de registro elástico, fueron tres: a) registrar durante 30 a 35 s a intensidad máxima; se calcula la diferencia entre el segundo 30 y el valor de fuerza máxima registrado; b) registrar durante un tiempo, que depende de la ejecución del ejercicio, a una intensidad submáxima, se le fija la intensidad previamente (50-70% de la fuerza máxima), una señal advierte al nadador si varía más de un 5% del objetivo previsto. La variable medida es la duración en la que el nadador puede soportar este esfuerzo. c) El nadador es arrastrado a una velocidad constante (p.ej.: 0,5 m/s), durante 40 s, sin tener en cuenta los primeros 5 m se registra la fuerza aplicada en los primeros 5 s (fuerza máxima del test) y los últimos 5 s, calculándose la diferencia.

⁷ Período final del ciclo de entrenamiento anual que precede a las competiciones más importantes.

⁸ A pesar de que se sigue un orden cronológico, este autor se coloca aquí, ya que la aparición de su libro original en ruso se produjo en el año 1984.

Fuerza (kgf)

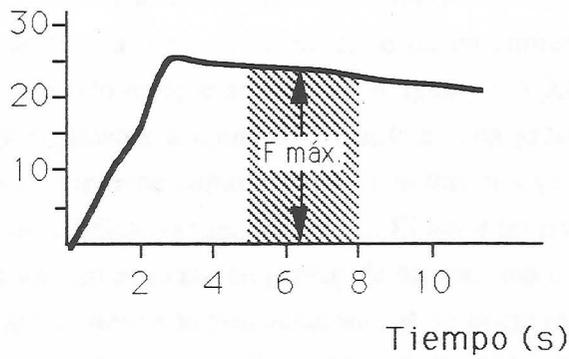


Figura.3.9.: Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero (con sujeción elástica), utilizado por Platonov (1988) para medir la fuerza específica en natación.

Fuerza (kgf)

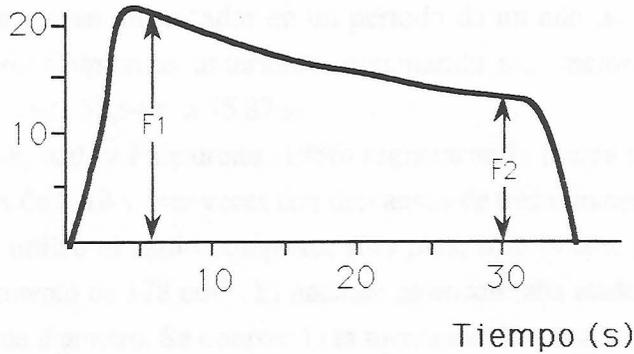


Figura.3.10.: Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero (con sujeción elástica), utilizado por Platonov (1988) para medir la fuerza resistencia específica en natación.

Rasulbekov, Fomin, Chulkov y Chudovsky (1986) haciéndose la pregunta ¿es importante la fuerza explosiva en natación?, investigaron su influencia en la eficiencia técnica y su posible entrenabilidad. Utilizando el registro de fuerza a velocidad cero y otros tipos de mediciones con aparatos utilizados en laboratorio, observaron el tiempo mínimo en alcanzar el pico de fuerza máxima en un ciclo de movimiento de brazos, resultando un tiempo de 1-1,5 s medido en aparatos fuera del agua y 0,5-0,8 en el agua. Sin embargo el nadador, no llega realmente a comenzar a utilizar una gran fuerza en la tracción hasta pasados 0,3-0,4 s lo que tiene como efecto que la tracción ya ha terminado cuando pasa el tiempo necesario para aplicar la fuerza máxima. El autor propone una forma de trabajo en la que se busque no sólo un aumento en el pico de fuerza, sino que además el nadador aplique la fuerza cuanto antes, siendo la pendiente inicial de la curva mucho mayor. La curva del registro de fuerza pasaría de ser triangular a trapezoidal si el entrenamiento sigue las siguientes premisas: a) entrenamiento isométrico de la primera fase de la tracción (movimiento hacia abajo o agarre), realizando contracciones máximas de uno a dos segundos con 10-12 s de recuperación en series de 6 a 8 repeticiones; b) utilizando una variante del aparato isocinético, realizar 8 a 10 movimientos a máxima velocidad (con la máxima fuerza posible), simulando el movimiento de la natación; c) realizar sprints de 12,5 a 25 m en el agua con palas concentrándose en un agarre instantáneo; d) para aumentar la velocidad de contracción de los brazos al facilitarse la situación, realizar el nado con aletas; e) trabajo de técnica de forma analítica concentrándose en el concepto agarre instantáneo en distancias de 25 a 50 m. En la figura 3.4 se puede observar la variación en el registro de fuerza en una tracción de mariposa en un nadador en un período de un año de entrenamiento donde se utilizaron los procedimientos anteriores, obteniendo una mejora en su tiempo en 100 mariposa de 3,07 s (de 58,94 s a 55,87 s).

Ria, Van-Praagh y Falgairrette (1986) registraron la fuerza propulsiva del estilo crol durante esfuerzos de 8-10 s, tres veces con descansos de tres minutos, considerándose sólo el valor medio. Se utilizó el estilo completo, sólo pies, sólo brazos y sólo brazos utilizando palas de entrenamiento de 178 cm². El nadador se encontraba atado a una cuerda elástica de 12.5 m y 9 mm de diámetro. Se obtuvo: 1) la fuerza máxima propulsiva de pies de crol; 2) la fuerza máxima propulsiva de brazos de crol; 3) la fuerza máxima propulsiva del crol completo; 4) relación fuerza propulsiva partido por peso corporal y 5) a partir de los datos anteriores y utilizando la ecuación siguiente se calculó el coeficiente de coordinación:

$$\text{Coef. Coordinación} = \frac{FMP (NC)}{FMP (P) + FMP (B)} \quad (3.2)$$

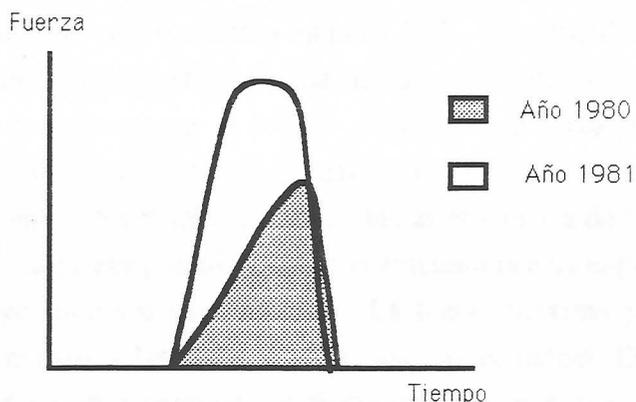


Figura 3.11.: Gráfica de los registros de fuerza de una tracción de mariposa antes y después de un año de entrenamiento según Rasulbekov y col. (1986)

TABLA 3.12
VALORES DE TIEMPO DE NADO Y FUERZA A VELOCIDAD CERO OBTENIDOS POR RIA Y COL. (1986)

	Suj.	Tiempo 25 m (s)	Sólo Piernas	Sólo Brazos	Sólo Br palas	Nado Compl.	Nado C. Palas	FMP/ P. g/Kg	Coef. Coord.
Chicas (11-14 años)	6	15,2 (1,9)*	3,5** (0,8)	5,4 (1,3)	5,6 (1,3)	6,5 (1,9)	6,72 (1,87)	0,153	0,729 (0,08)
Chicos (13-14 años)	4	13,8 (0,96)	3,9 (0,85)	6 (1,4)	6,3 (1,5)	7,25 (1,16)	7,26 (1,16)	0,164 (0,15)	0,723

*Desviación Típica

** Expresado en Kg

TABLA 3.13
**COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS DISTINTAS PRUEBAS
 ANALIZADAS POR RIA Y COL. (1986)**

	Tiempo 25 (m)	FMP (NC)	Coef. Coord.
FMP (NC)	- 0,88 *		
FMP (NC) relat.	- 0,79 *		
FMP (B)	- 0,83 *	0,94 *	0,24
FMP (P)	- 0,705 *	0,88 *	- 0,59

* p < 0,05

Así mismo se midieron parámetros antropométricos y el tiempo realizado en una distancia de 25 m (ver resultados en tabla 3.12), encontrándose una alta correlación entre la velocidad de nado en esta distancia, la fuerza máxima propulsiva a velocidad cero y el porcentaje de masa magra ($r = 0,82$ $p < 0,01$). La fuerza propulsiva a velocidad cero en estilo completo y sólo brazos es mayor en los chicos que en las chicas, no existiendo diferencias en la acción sólo brazos. La fuerza propulsiva de los brazos es el doble que la de las piernas. La fuerza propulsiva ganada gracias a la acción propulsiva con palas es sólo un 3,6 % mayor que sin su utilización. La fuerza máxima propulsiva relativa no aporta elementos nuevos a las correlaciones, sólo las confirma. El coeficiente de coordinación correlacionó particularmente con el tiempo en 25 m en el caso de las chicas cuyo valor es $r = 0,90$, $p < 0,05$. En conclusión el autor afirma que la fuerza propulsiva a velocidad cero es representativa del potencial anaeróbico del velocista.

Cabri, Annemans, Clarys, Bollen y Publie (1988) realizaron un estudio donde se intentaron relacionar la frecuencia de ciclo, la fuerza registrada a velocidad cero y el registro de EMG de los músculos que principalmente participan en la propulsión. Trece sujetos participaron en los experimentos, siendo los músculos en los que se registró el EMG los siguientes: tríceps braquial (porción larga), pectoral mayor, flexor largo de los dedos, dorsal ancho, recto femoral y gemelos (porción lateral externa). Se registró simultáneamente la fuerza propulsiva y el EMG de los músculos citados en tres condiciones de frecuencia de ciclo: 100%, 85% y 75%. El 100% se obtuvo de la medición de la frecuencia en un "sprint" de 15 m. También se realizaron registros utilizando sólo los brazos y sólo las piernas. Los resultados mostraron que los máximos niveles de fuerza se obtuvieron en la frecuencia del 100%. (10,75 Kg al 70%, 12,06 Kg al 85% y 13,3 al 100% $p < 0,01$). Al relacionar actividad muscular con la frecuencia se observó que en el pectoral mayor y el recto femoral, el aumento de la frecuencia significaba también un aumento de la relación intensidad actividad muscular/fuerza a velocidad cero, siendo 2,24 al 70%, 2,492 al 85% y 2,884 al 100% ($p < 0,01$) en el pectoral mayor, y 2,23 al 70%, 2,602 al 85% y 2,786 al 100% en el recto femoral. Esto podría implicar una pérdida de eficacia, ya que como se puede observar la frecuencia menor (70%) parece ser más eficiente en términos de producción de fuerza, probablemente porque existe más tiempo para realizar la tracción completa. Pero el hecho de que mayores frecuencias tienen que superar más resistencia implica que para las diferentes velocidades estudiadas, se obtendrá una mejora en los resultados deportivos en pruebas cortas y largas. A pesar de que en las frecuencias más altas se obtenía mayor intensidad en la actividad muscular, no se encontró una correlación significativa entre intensidad de actividad muscular y fuerza propulsiva a velocidad cero. Esto puede ser debido al crecimiento no lineal de la actividad muscular al aumentar la carga, aumentando la fuerza de forma lineal al aumentar las frecuencias. Los resultados dan a entender que con el incremento de la fuerza, es necesaria más actividad muscular para producir la fuerza a altas velocidades de

contracción (frecuencias de ciclo). Esto sugiere la eficacia del entrenamiento de fuerza usando una alta frecuencia de ciclo con diferentes duraciones.

Christensen y Smith (1987) realizaron un estudio para observar la posible relación entre la fuerza propulsiva máxima a velocidad cero (FPMV0) y la velocidad (VMAX) en 25 yardas saliendo desde el agua. Utilizaron 39 nadadores (24 hombres y 15 mujeres) con edades comprendidas entre los 14 y 20 años. Utilizaron el procedimiento de Caldwell (ya citado anteriormente) para medir la fuerza propulsiva a velocidad cero, utilizando un cable para sujetar al nadador al dinamómetro. Se encontraron correlaciones significativas entre FPMV0 y VMAX en hombres ($r = -0,685$, $p < 0,005$) y mujeres ($r = -0,576$, $p < 0,01$). Los valores de fuerza medios fueron en hombres de 352,7 N ($d.t. = 56,04$) y en mujeres de 244,2 N ($d.t. = 35,58$). Las diferencias entre sexos fueron significativas tanto en FPMV0 ($t = 6,67$, $p < 0,001$) como en VMAX ($t = 8,62$, $p < 0,01$). Apoyándose en los resultados anteriores los autores concluyen que la correlación significativa encontrada en hombres y en mujeres sugiere que mientras no pueda establecerse una relación causa efecto, la evaluación de la MFPV0 podría ser usada para medir los cambios debidos al entrenamiento. Las diferencias encontradas entre sexos pueden ser explicadas porque los hombres tienden a tener más masa muscular, y por tanto más fuerza que las mujeres de edad similar. Los resultados sugieren que este tipo de valoración de la fuerza puede ser más eficaz que utilizando el banco biocinético, ya que se miden las fuerzas al nadar con brazos y piernas, mientras que con este aparato sólo se mide la fuerza aplicada con los brazos. También permite medir separadamente la fuerza de brazos y piernas. Además este sistema podría ser utilizado para medir la fatiga o el sobreentrenamiento en nadadores durante los períodos de preparación. Así mismo, podría ser usado para motivar o proporcionar variedad en el programa de entrenamiento.

Martin (1989) en una revisión general de la problemática de la biomecánica de la natación, analiza la situación de la medición experimental de la fuerza propulsiva. El descuidar el equilibrio entre las fuerzas sustentación y arrastre que producen la fuerza propulsiva y que ésta, varía claramente en función de la velocidad del nadador, tal como lo es la resistencia que encuentra al avanzar, ha causado algunos problemas al investigador ya que una de las formas más habituales para el estudio de la fuerza propulsiva ha sido sujetar al nadador a un cable y éste a un dinamómetro, registrando la fuerza de esta manera. Estos registros son de considerable valor para comparar los estilos entre sí y los deportistas individualmente, pero la fuerza propulsiva no es la misma nadando a velocidad cero que a velocidad real. La fuerza propulsiva varía en función de la velocidad de la mano y otros segmentos del nadador en relación al agua, y esta decrece a medida que la velocidad del cuerpo del nadador aumenta. Si la fuerza que sujeta al nadador disminuye (sistemas en que al nadador se le frena su avance por cargas conocidas) este nada cada vez más rápido, siendo ésta una relación lineal. El problema está en que la fuerza propulsiva en natación libre no puede ser encontrada en el gráfico; no es la fuerza propulsiva a velocidad cero, ya que no es

la fuerza a velocidad normal de nado (siendo la carga de frenado igual cero). Esta situación crea un rompecabezas similar al del estudio de la resistencia activa. El problema de la medición de la fuerza propulsiva a velocidad de nado no ha sido resuelto todavía y sólo aproximaciones analíticas han sido llevadas a cabo. Si bien la medida de la fuerza propulsiva a velocidad cero no representa la fuerza propulsiva del nadador libre, es posible que tales medidas puedan correlacionar con la velocidad de nado o los resultados en competición, esta correlación puede ser significativa e incluso útil, pero no es lo suficientemente fuerte como para ser selectiva. Se sabe también que multitud de entrenadores utilizan el nado estático (normalmente sujeto el nadador por una cuerda elástica), como una forma de entrenamiento. El conseguir llegar más lejos en la piscina estirando el elástico es esencialmente una medida de la fuerza propulsiva. Dado el conocimiento de la dependencia de la fuerza propulsiva a velocidad cero y la resistencia activa con la velocidad del nadador, parece claro que mientras este ejercicio debería desarrollar la fuerza, puede no ofrecer la mejor situación para mejorar su técnica si tenemos en cuenta la hidrodinámica de la natación, incluso podría ayudar a que el nadador aprendiera hábitos técnicos inadecuados.

Keskinen, Tilli y Komi (1989) estudiaron las características biomecánicas de los ciclos motrices durante la realización de sprints, las posibles relaciones entre variables antropométricas y las características biomecánicas anteriores, y la relación entre fuerza máxima propulsiva a velocidad cero y la velocidad de nado en sprint. Los sujetos utilizados fueron 33 hombres competidores en estilo crol ($\bar{x} = 59.56 \text{ s} \pm 4.97 \text{ d.t.}; 52,66 - 68,00 \text{ s}$). El registro de fuerza se realizó por medio de un dinamómetro, estando el nadador sujeto a él por medio de una cuerda elástica. El sujeto tensaba la cuerda nadando suavemente, dándole una señal para empezar a nadar aplicando la mayor fuerza posible. El valor máximo de fuerza (N), que solía conseguirse entre los 5 y 10 s después de oír la señal fue llamado fuerza máxima en natación (FM). Durante este registro se midió también la frecuencia de ciclo (FCFM). El sistema de registro había sido calibrado anteriormente colgando del dinamómetro pesas (5, 10, 15 y 20 kg). La velocidad máxima (VM) en nado libre (estilo crol) se obtuvo en 10 m lanzados, así como las otras variables frecuencia de ciclo (FC), longitud de ciclo (LC), etc. Los resultados de las medidas se pueden observar en las tablas 3.14 y 3.15. En cuanto a las correlaciones, se obtuvo un alto valor entre VM y FM ($r = 0,86; p < 0,001$). Así mismo, la longitud de ciclo y el índice de ciclo ($LC \cdot VM$) correlacionaron significativamente ($p < 0,001$) con la FM ($r = 0,62$ y $r = 0,784$ respectivamente). La FC no correlacionó con VM en el nado libre y la FCFM no correlacionó con FM. El índice de ciclo y FM correlacionaron positivamente con todas las variables antropométricas. Los presentes resultados demuestran una relación no lineal positiva entre VM, LC y FM. Los resultados sugieren que una efectiva técnica propulsiva, la cual es fundamental para conseguir VM, podría ser obtenida como resultado de una LC lo mayor posible mientras la fuerza aplicada permanece cerca del máximo. Cuando la fuerza es medida a velocidad cero, la capacidad total de los segmentos propulsivos puede ser utilizada. Sin embargo, la fuerza

aplicada disminuye a medida que se incrementa la velocidad de nado. La posible explicación de esto podría ser que a altas velocidades no es fácil producir valores altos de fuerza, y la relación fuerza-velocidad del músculo esquelético debe ser considerada en este contexto. El presente estudio apoya las siguientes conclusiones: a) La natación de distancias cortas a máxima velocidad MV se caracterizó por una positiva correlación con LC, mientras que no fue así con la FC; b) La longitud de las extremidades superiores correlacionó positivamente con burnos resultados en los tests realizados en el experimento; c) La FM correlacionó positivamente con VM y LC, demostrando la relación entre la producción de fuerza y la técnica eficaz.

Rohrs, Mayhew, Arabas y Shelton (1990) compararon siete formas diferentes de medir la capacidad anaeróbica en nadadores relacionándolas con la velocidad de nado en distintas distancias. Utilizaron 32 nadadores (13 hombres con una edad media de 20 años y 19 mujeres con una edad media de 19,4) a los que se les realizaron las siguientes mediciones: medidas antropométricas básicas, densidad corporal, porcentaje de grasa, velocidad en 22,86 m, en 45,72 m y en 91,44 m., salto vertical, test de Margaria-Kalamen, lanzamiento de balón medicinal desde sentado, test de Wingate, tracción simulando el movimiento subacuático del brazo en el banco biocinético, medición de la potencia en 30 s en el banco biocinético y un test de 30 s de fuerza propulsiva a velocidad cero utilizando una cuerda elástica, observándose la fuerza media y la fuerza máxima. Los valores obtenidos de fuerza propulsiva máxima en relación al peso corporal (fuerza/kg) fueron de 0,173 (d.t. = 0,038) en hombres y 0,130 (d.t. = 0,025) en mujeres. Con relación a la fuerza media los valores fueron de 0,138 (d.t. = 0,034) en hombres y 0,116 (d.t. = 0,022) en mujeres. Los valores de fuerza fueron significativamente diferentes entre hombres y mujeres. Los valores de fuerza media propulsiva a velocidad cero durante 30 s correlacionaron significativamente con los tres tests de natación sólo en el caso de las mujeres ($r = 0,62^*$, $r = 0,47^{**}$ y $r = 0,44^{**}$ respectivamente), el valor máximo sólo correlacionó con la distancia de 22,86 ($r = 0,56^*$) y sólo también en el grupo femenino. Los autores explican las diferencias en la correlación (no existentes en el grupo masculino) porque en ese momento el equipo de natación estaba involucrado en un programa de entrenamiento predominantemente aeróbico, lo que disminuyó la posibilidad de aplicar una gran fuerza en los tests, no afectando tanto esta situación al grupo femenino. A pesar de todo el test de fuerza media propulsiva a velocidad cero parece ser un mejor indicador de la velocidad de nado en el grupo de mujeres que en el de hombres.

* $p < 0,01$

** $p < 0,05$

TABLA 3.14
VALORES ANTROPOMETRICOS MEDIDOS POR KESKINEN Y COL. (1989)

	Edad (años)	Altura (cm)	Enverg. (cm)	Long.Tot (cm)	Indice E:A	% Grasa	Peso (kg)
\bar{x}	17,89	176,9	182,8	243,6	1,033	6,35	66,9
d.t.	±3,69	±10,2	±12,79	±14,69	±0,022	±2,32	±13,17

TABLA 3.15
**VALORES DE VELOCIDAD DE NADO, FRECUENCIA Y LONGITUD DE CICLO, INDICE DE
 CICLO Y FUERZA MAXIMA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO OBTENIDOS POR KESKINEN
 Y COL. (1989)**

	Velocidad Máxima (m / s)	Frecuencia de Ciclo (Hz)	Longitud de Ciclo (m)	Indice de Ciclo (m ² / s)	Fuerza Máx. a Veloc.cero (N)	Frec. Cic. a Vel. Cero (Hz)
\bar{x}	1,755	1,004	1,763	3,110	144,4	1,069
d.t.	±0,132	±0,108	±0,226	±0,566	±34,5	±0,092

Estas diferencias, en su relación con la velocidad, entre sexos, no fueron encontradas en los otros tests. Una explicación podría encontrarse también en la homogeneidad del grupo femenino que en general eran mejores nadadores que el grupo masculino debido al sistema de selección llevado a cabo por la universidad a la que pertenecían en la que primaba el potencial del equipo femenino. Los autores advierten de la posible dependencia entre la utilización del test de fuerza y el grupo en concreto en el que se aplique.

Boulgakova (1990) publicó los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo en la U.R.S.S. de un gran número de nadadores en edades comprendidas entre 11 y 18 años con el fin de conseguir definir objetivamente los criterios de selección de nadadores de élite. Realizaron multitud de mediciones antropométricas y de cualidades físicas generales y específicas. En el caso de la fuerza, se utilizaron varios tests diferentes y mediciones combinadas. Se dividían en dos grupos los tipos de mediciones de fuerza: fuera del agua y dentro del agua. Fuera del agua se midió: a) fuerza isométrica de los músculos más importantes de la tracción en una posición del cuerpo, tendido prono en un banco horizontal que permitía adoptar posiciones similares a las de la natación, siendo las posiciones de medida coincidentes con los momentos de inicio, mitad y final de la tracción; b) relacionar los datos anteriores con el peso corporal en porcentaje; c) medida de la fuerza-velocidad por medio de un aparato isocinético en 30 s; d) medición de la resistencia de fuerza con el mismo aparato en 3 minutos. Dentro del agua se registró la fuerza a velocidad cero con sujeción elástica en los siguientes tests: a) acción propulsiva de los brazos; b) acción propulsiva de las piernas; c) acción propulsiva completa; d) relación entre la fuerza máxima en brazos y los valores de fuerza isométrica fuera del agua en las tres posiciones; e) coeficiente de coordinación o relación entre fuerza propulsiva a velocidad cero de brazos y piernas y la fuerza aplicada con el estilo completo. La correlación entre las medidas fuera del agua de la fuerza isométrica y en el agua fue alta ($r=0,734$). Se observó que la fuerza propulsiva a velocidad cero, al igual que otros tests de fuerza, tenía una evolución a lo largo del período comprendido entre 11 y 18 años, similar a la del peso corporal.

TABLA 3.16
VALORES PROMEDIO DE FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO OBTENIDOS POR
BOULGAKOVA (1990)

Estilo	Brazos (kgf)	Piernas (kgf)	Estilo Completo (kgf)
Crol (100 m)	15 ± 1,8	12 ± 2,0	19 ± 1,9
Crol (1500 m)	11 ± 1,6	8 ± 1,5	15 ± 2,0
Espalda	14 ± 0,5	10 ± 0,7	16,5 ± 1,0
Mariposa	15 ± 0,9	11 ± 0,7	17,5 ± 0,6
Braza	8 ± 0,8	20 ± 0,6	21 ± 0,5
Estilos Individual	13 ± 0,4	12 ± 0,08	15,5 ± 0,3

TABLA 3.17
VALORES PORCENTUALES RELATIVOS A LA FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
EN LA EDAD DE 18 AÑOS E INDICES DE
CRECIMIENTO ANUAL (BOULGAKOVA, 1990)

Edad	11	12	13	14	15	16	17
%	47,4	55,3	65,6	77,4	90,5	92,6	98,7
Indice	7,9	10,3	11,8	13,1	2,1	6,1	1,3

3. 2. 2. Registro de la Fuerza Propulsiva a Velocidad Distinta de Cero

En este caso se trata de medir la fuerza mientras el nadador se desplaza en el agua a velocidades similares a las del nado libre o a velocidades menores, debido a los aparatos que frenan su desplazamiento. En cualquier caso, este tipo de registro se diferencia de la situación anterior en que el nadador no se desplazaba en absoluto. Los primeros autores que registraron la fuerza a velocidades inferiores a las de nado libre fueron Alley (1952) y Consilman (1955), que fueron citados en el apartado anterior, ya que también registraron la fuerza a velocidad cero, no repitiéndose los detalles de su investigación en este apartado. Al igual que en el apartado anterior la metodología de registro de fuerza era muy similar. Sin embargo, al nadar a velocidades distintas de cero los procedimientos utilizados son más variados diferenciándose fundamentalmente: la utilización de transductores de presión en manos y pies, el registro de fuerza estando el nadador sujeto a un aparato que sólo le permite desplazarse a una velocidad constante, calcular la fuerza suspendiendo pesos diferentes mediante un sistema de poleas, etc.

Miyashita (1971) diseñó un aparato para registrar simultáneamente, la fuerza propulsiva y la variación de velocidad de desplazamiento del nadador. Para la fuerza propulsiva utilizó un disco de plástico rodeado de una pieza metálica colocando en su parte posterior un transductor extensiométrico de sistema puente ("strain gauge"). Dichos discos estaban sujetos a las dos palmas de las manos. Un sistema de dos poleas colocadas a los lados de la piscina con un cable que las unía y con una cuerda sujeta a la cintura del nadador permitía medir las variaciones de velocidad (las poleas estaban agujereadas de manera que cuando un haz de luz pasaba a través del agujero cada 5 cm, una célula fotoeléctrica, originaba un cambio en el voltaje que era amplificado y transmitido a un registrador visual: visirecorder). En ese momento una película sensible registraba la señal. La película se desplazaba a 1 m por segundo. Ocho nadadores entrenados y uno desentrenado fueron los sujetos experimentales. Se les hizo nadar 100 m haciendo el menor tiempo posible con los aparatos colocados. La velocidad y la fuerza fueron registradas durante la distancia de 15 a 20 m en tres ciclos completos. La velocidad de natación varió cada ciclo de brazada, repitiéndose en ciclos de duración media de 1,6 s. La máxima velocidad se obtuvo cuando el brazo derecho está recobrando y el izquierdo está traccionando. La velocidad menor se observa cuando el brazo derecho tracciona y el izquierdo recobra. Aunque la variación de velocidad sigue un ciclo fijo, no existe una relación definitiva en todos los nadadores entre el momento de máxima velocidad y el movimiento de los brazos. La media más alta de velocidad la consiguió el mejor nadador japonés de 100 libras y la menor el nadador no entrenado. La cantidad de fluctuación de la velocidad varió entre 0.5 y 0.8 m./sg.

Belokovsky (1971) intentó clasificar diferentes tipos de presión contra la mano del nadador en el crol. La presión se midió por medio de transductores colocados en la palma, los cuales tenían membranas piezocerámicas fijadas en cajas metálicas sumergibles. Los 57 sujetos con el equipamiento colocado realizaron dos veces 25 m. El tiempo del ciclo de brazada era determinado por medio del registro obtenido. El registro simultáneo de ambos brazos permite observar la coordinación entre ellos. Los registros obtenidos de la fuerza permiten dividir los tipos de curvas de fuerza en tres grandes grupos: Exponenciales, trapezoidales y sinusoidales (ver figura 3.12). Se puede observar en todos los casos que la mayor fuerza propulsiva tiende a aplicarse al final del movimiento propulsivo.

Zaciorsky y Safarian (1972) define dos métodos para la medición de la fuerza propulsiva en natación en función de las investigaciones publicadas hasta ese momento: estático y en movimiento. Los valores obtenidos de fuerza por diversos autores citados oscilaron para la natación estática de 9,6 kp hasta 28,0 kp y en la natación en movimiento a velocidad máxima de 5,6 hasta 12-15 kp. Los autores afirmaron que es de suponer que el segundo método sea más ventajoso, porque el nadador durante la medición de la fuerza en movimiento está expuesto a unas condiciones parecidas a las que ofrece la natación natural. En un estudio bastante completo analizaron la resistencia hidrodinámica, la fuerza propulsiva en distintas condiciones, características antropométricas, fuerza dinamométrica en seco, los tiempos en 50 y 100 libres y las correspondientes correlaciones. El sistema utilizado para medir la fuerza fue similar al utilizado por Counsilman (1955). Encontraron una fuerza media a velocidad cero de 16,6 kp en nadadores de una media de edad de 18,5 años. Al diferenciar en subgrupos los nadadores, los nadadores de máxima categoría obtuvieron valores medios por encima de 21 kp, los nadadores de primera clase alrededor de 16 kp y los nadadores de segunda clase aproximadamente 14 kp. A una velocidad de 0,85 m/s la fuerza registrada fue de 10,16 kp, a 1,35 m/s de 8,51 y a 1,60 m/s de 8,27. La fuerza a velocidad cero relativa al peso corporal fue de 0,23. Los tiempos medios fueron en 50 m de 28,4 s y de 63,3 s en 100 m. En los nadadores de máxima categoría la fuerza propulsiva al nadar a 0,85 m/s se reducía un 35% con relación a la fuerza a velocidad cero, un 52% a 1,35 m/s y un 55% a 1,60 m/s. Encontraron valores de correlación altos entre la fuerza propulsiva y las velocidades en 50 y 100 m, aunque los valores eran ligeramente inferiores en la distancia más larga. Por ejemplo, en la distancia de 50 m la velocidad correlacionó con los siguientes valores: la fuerza a velocidad cero ($r=0,82$), la relación fuerza/peso ($r=88$), la fuerza total a 1,60 m/s ($r=0,92$). En los 100 m la velocidad correlacionó con: la fuerza a velocidad cero ($r=0,74$), la relación fuerza/peso ($r=86$) y la fuerza total a 1,60 m/s ($r=0,88$).

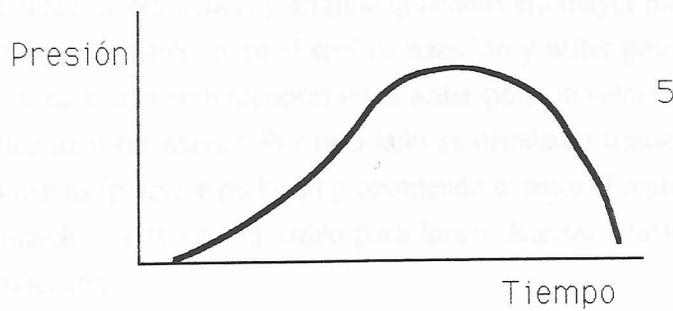
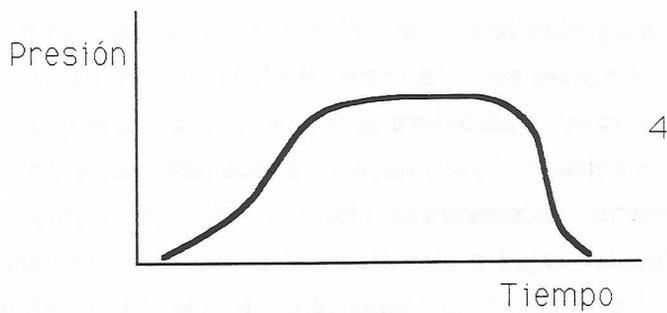
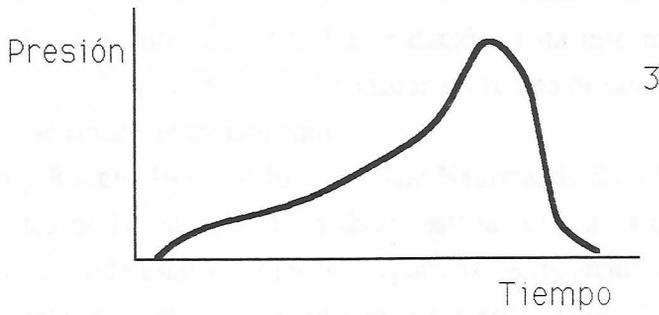
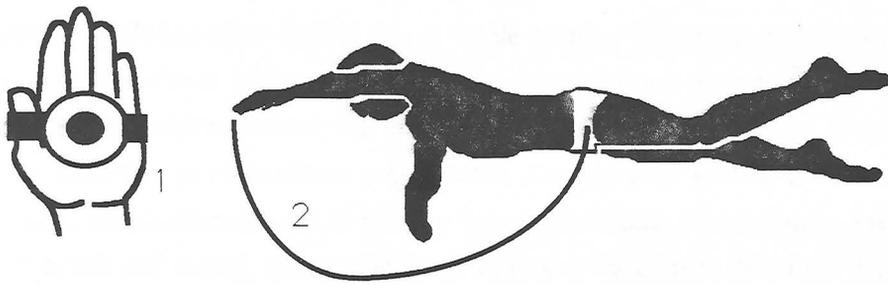


Figura 3.12.: Registros de presión obtenidos por Belokovsky (1971).

- 1) Transductor de presión colocado en la mano.
- 2) Trayectoria propulsiva del nadador.
- 3) Curva de registro con tendencia a ser "exponencial".
- 4) Curva de registro con tendencia a ser "trapezoidal"
- 5) Curva de registro con tendencia a ser "sinusoidal".

Glukhov y Bratkovskiy (1974) con el fin de estudiar la estructura de coordinación del movimiento en nadadores utilizaron un método complejo que obtenía simultáneamente el registro de variables biomecánicas con el registro de variables fisiológicas. El equipamiento consistió en sensores, amplificadores y polígrafos. Se colocaron transductores de presión en manos y pies, un goniómetro en el codo y un acelerómetro en la mano. Así mismo, se registró el EMG del dorsal ancho, pectoral mayor y la cabeza acromial del deltoides. Durante el proceso el nadador era filmado subacuáticamente y también se registraba su frecuencia cardíaca. El uso de todos estos sistemas de medición hace posible la obtención de una gran cantidad de información útil en natación. Esta información es necesaria para estudiar las técnicas de movimiento del nadador sobre una distancia y dirigir efectivamente el proceso de enseñanza y entrenamiento.

Manen y Rijken (1975) utilizando "The Nederlands Ship Model Basin" estudiaron distintos aspectos de la natación. El nadador estaba sujetado a una barra vertical que se movía en un riel donde estaban colocados aparatos de medición (transductores de fuerza, medidores de velocidad, etc), como se puede ver en la figura 3.13. Uno de los aspectos medidos por medio del aparato fué la fuerza utilizada para propulsarse a diversas velocidades, el dinamómetro señaló la fuerza aplicada excedente cuando se desplazaba a bajas velocidades y la resistencia cuando se trasladaba a velocidades mayores, utilizándose el método para conseguir establecer diferencias entre la natación estilo completo, sólo pies y sólo brazos. Se observó que utilizando sólo las extremidades inferiores era el procedimiento que más rápidamente aumentaba la resistencia a bajas velocidades, encontrándose lo contrario cuando se utilizaba el estilo completo. Cuando se intentó diferenciar ambos procedimientos con nadadores de distintos niveles se pudo observar que la velocidad máxima en el punto de resistencia y empuje igualados era mayor para los nadadores de más nivel. Al comparar lo mismo entre el crol de natación y water-polo, aunque la amplitud de las oscilaciones de fuerza eran menores en el water-polo, la velocidad media era menor y el gasto energético total era mayor. Por otro lado se diseñaron transductores de presión para colocar en las manos (pressure pick-up) proponiendo el autor el registro de la fuerza aplicada con ellos, filmándose a la vez en vídeo para luego detectar posiciones incorrectas de la mano en la propulsión.

Boicev y Tzvetkov (1974) colocaron piezocerámicas en las manos y pies del nadador registrando simultáneamente las presiones en ellos, de manera que luego se podían establecer diagramas de coordinación de la aplicación de las fuerzas propulsivas de los distintos miembros. Así mismo era posible establecer, los tiempos utilizados en cada fase del ciclo motor mientras se nadaba.

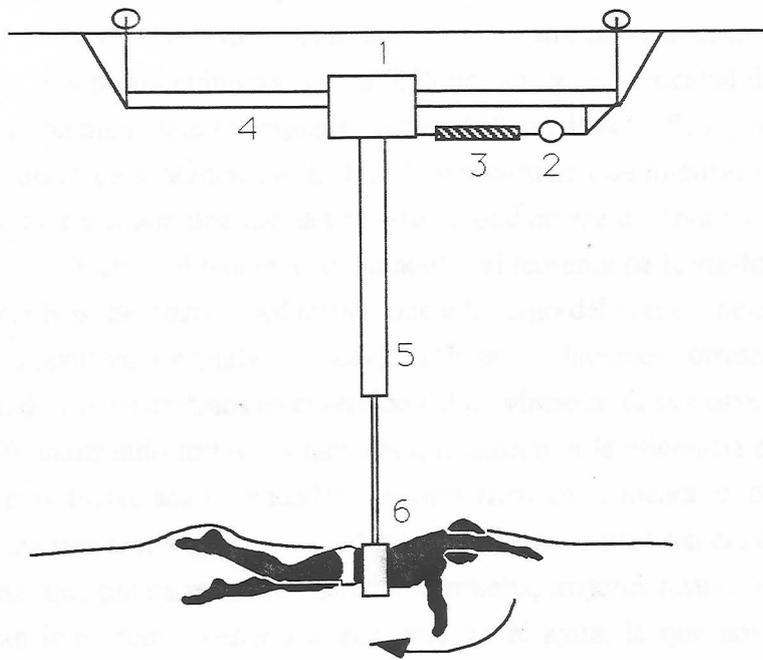


Figura 3.13.: Sistema utilizado por Manen y Rijken (1974) en el "Nederlands Ship Model Basin". 1) Transportador del remolque. 2) Dinamómetro. 3) Muelle amortiguador. 4) Eje horizontal de acero. 5) Varilla vertical regulable en altura. 6) Cinturón.

Redondo y Cano (1979) estudiaron las variaciones de fuerza propulsiva por medio de un transductor de presión piezocerámico colocado en diferentes puntos del perfil de la mano del nadador durante el nado de crol. Utilizó cuatro sujetos nadadores de crol con tiempos comprendidos entre 57 y 60 s. El método permitió obtener la distribución de presiones en el perfil de la mano, mediante registros de presión que proporcionaban las variaciones de potencial inducido en una pizocerámica, calibrada previamente. Los resultados fueron muy reveladores, pues se evaluaron las fuerzas de sustentación e impulso, encontrándose una explicación, al menos parcial, al hecho de que los nadadores muevan sus manos en zig-zag para avanzar. En el momento correspondiente a la parte media de la tracción, la presión media medida en las seis piezocerámicas fue de $0,55 \text{ kg/cm}^2$ y su velocidad de $4,23 \text{ m/s}$. Para un caso dado de una mano que se desplaza a 3 m/s , 160 cm de superficie y un ángulo de ataque de 45° , una fuerza de sustentación de $35,3 \text{ N}$ y una fuerza de impulso (arrastre) de $70,6 \text{ N}$, lo que da como resultado una fuerza propulsiva total en ese instante de $78,9 \text{ N}$. Los cálculos se realizaron aplicando el teorema de Bernoulli, el teorema de Kutta-Joukowski y el teorema de los impulsos. Se observó así mismo que a lo largo del registro de una brazada, la presión variaba de positiva a negativa y viceversa. Estas variaciones correspondieron al comienzo de la brazada y a los cambios en el sentido del movimiento de la mano.

Troup (1980) analizando todos los factores que afectan a la eficiencia en natación, afirma que cuanto más fuerte sea un nadador, mejores tiempos realizará en competición, asumiendo que realiza una técnica correcta. Así mismo, cuanto mayor sea el porcentaje de dicha fuerza máxima, que pueda mantener durante la prueba, mejores resultados obtendrá. Siendo la fuerza tan importante, debería examinarse en el agua, lo que nos ayudaría a observar también la eficiencia mecánica de la técnica. Para hacer esto debe de observarse la fuerza realizada a través de cada fase de la tracción. Esto incluye la entrada, tirón, empuje y salida de la mano del agua⁹. Con los sistemas de medición de la fuerza en el agua podemos examinar la fuerza aplicada, medir el tiempo en cada fase y determinar la potencia. Las curvas obtenidas representan en sus "picos" las fuerzas máximas obtenidas y el área por debajo de la curva el trabajo. Si las partes superiores de la curva son más planas, y existen menos depresiones en la misma entre cada entrada del brazo, esto significa una mayor eficacia de la tracción. Utilizó para el registro un aparato denominado Aquakinetics, que es una modificación de un aparato isocinético¹⁰ que se conecta a un dinamómetro y éste a un polígrafo u ordenador.

Svec (1982) por medio de un transductor de presión montado en una pala colocada en la mano registró la fuerza propulsiva en nadadores. Afirmó que este método es más simple que el cinematográfico (el problema en este método es el de la digitalización de las

⁹ Esta denominación de las fases utilizada tradicionalmente ha sido sustituida en la actualidad por la división de la tracción en fases que definen los movimientos realizados desde un punto de vista tridimensional y basándose en el tipo de movimiento propulsivo predominante. Se ampliarán más detalles en el próximo capítulo.

¹⁰ Aparatos isocinéticos son los utilizados para entrenar la fuerza y la fuerza explosiva, basándose en la ejecución de los movimientos siempre con la misma velocidad.

coordenadas que introduce un error considerable en la apreciación de aspectos tan finos como los ángulos de ataque de la mano, ya que necesitan para su obtención numerosos puntos a digitalizar en las manos) y sobre todo da información inmediata de la fuerza aplicada, cosa que con el cinematográfico es imposible en la actualidad. El problema está en la definición de modelos técnicos que permitan realizar una rápida diagnosis de las curvas obtenidas. Durante este estudio se obtuvieron visibles modificaciones en la fuerza propulsiva ante instrucciones concretas de modificación del movimiento del brazo para conseguir más propulsión. El autor concluye que este tipo de sistema tiene las siguientes ventajas: a) diagnóstico visual inmediato ya que las curvas de presión propulsiva pueden ser inmediatamente analizadas usando características conocidas de las curvas o la experiencia del investigador; b) interacción nadador-instructor, ya que las reacciones del sujeto a las instrucciones para mejorar la tracción pueden ser observadas, administrándose instrucciones apropiadas en base al proceso ensayo-error; c) progresión segura, los resultados son evidentes en un corto período de tiempo y la facilidad en la observación ayuda a que estos progresos puedan ser fácilmente observables; d) observación continua, revela la consistencia del esfuerzo del nadador por mejorar; e) coordinación, la curva de presión propulsiva muestra la coordinación y la curva de esfuerzo efectivo de cada brazada separadamente.

Hopper, Hadley, Piva y Bambauer (1983) basándose en que, aunque la potencia desarrollada por un nadador es muy difícil de medir, es posible evaluar la potencia transmitida a una carga externa, utilizaron un sistema de poleas en el que se suspendían cargas cuantificables, registrando tanto la velocidad que conseguía el nadador con cada carga como la velocidad que imprimía a las propias cargas. Como se puede observar en la figura 3.14, se utilizó una triple polea lo que daba al sistema un ventaja mecánica de 5:1. Las medidas utilizadas fueron la distancia nadada, el peso levantado, tiempo tardado en levantar la carga y el número de ciclos utilizado para levantar la carga con lo que se calculó un valor similar a la potencia llamado "potencia/ciclo" ($P/C = \text{trabajo} / \text{tiempo} / \text{ciclos}$). Este valor no es realmente la potencia desarrollada por el nadador, más bien es la potencia aplicada a una carga externa por el nadador. El cálculo se realizaría de la siguiente manera: si la carga es de 45 kg, al ser la ventaja mecánica 5:1 la carga real que frena al nadador es de 9 kg. Si por otra parte, el nadador recorre 8,7 m en 10 s y usa 15 ciclos, el valor de P/S ($P/S = \text{fuerza} \cdot \text{distancia} / \text{tiempo} / \text{n}^\circ \text{ de ciclos}$), sería: $P/S = 9 \text{ kg} \cdot 8,7 \text{ m} / 10 \text{ s} / 15 \text{ cic}$, siendo el resultado final: $P/S = 0,522 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s} / \text{cic}$. Los sujetos experimentales fueron nadadores con posibilidades de asistir a los Juegos Olímpicos del equipo norteamericano y nadadores de un nivel inferior. Cada nadador realizó tres intentos para medir P/S con un minuto de descanso y después de 30 minutos realizó 50 m a la máxima velocidad posible.

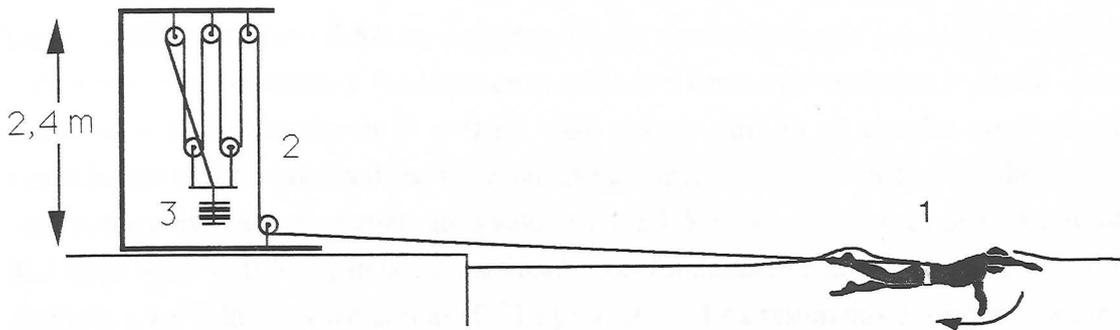


Figura 3.14.: Sistema de poleas utilizado por Hopper y col. (1983) para medir la potencia transmitida a una carga externa por un nadador. 1) Nadador desplazándose en el agua siendo frenado por el sistema. 2) Sistema de poleas que permite que el nadador recorra una gran distancia mientras la carga recorre una distancia pequeña. 3) Cargas utilizadas.

TABLA 3.18
MEDIAS Y D.T. EN LOS VALORES DE P/S EN HOMBRES Y MUJERES EN LOS GRUPOS ESTUDIADOS POR HOPPER Y COL. (1983)

Grupo	Estilo	Hombres			Mujeres		
		n	P/S (kg·m /s/cic)	d.t	n	P/S (kg·m /s/cic)	d.t
Nivel Medio	Mariposa	3	0,84	0,07	5		0,11
	Espalda	3	0,44	0,01	5		0,03
	Braza	3	0,53	0,08	7	0,27	0,02
	Crol	-			-		
Elite	Mariposa	10	0,93	0,17	9	0,49	0,15
	Espalda	7	0,51	0,10	8	0,29	0,04
	Braza	4	0,54	0,07	13	0,28	0,03
	Crol	9	0,54	0,15	6	0,27	0,04

El test se realizó a los distintos estilos. Las correlaciones demostraban que existía una relación negativa entre el tiempo en 50 m y el P/S obtenido ($r = -0,89$ en mariposa, $-0,90$ en braza, $-0,80$ en crol y $-0,84$ en espalda). En un estudio anterior en el que analizó las diferencias entre velocistas y fondistas en el estilo crol con un procedimiento similar el autor encontró una correlación de $r = 0,87$, algo mayor que en el estudio aquí referido, explicándolo el autor por las diferencias en las muestras de sujetos. En este estudio encontró que los mejores velocistas tenían unos valores entre 1,5 a 2 veces mayores que los fondistas ($0,7 \text{ kg}\cdot\text{m /s/cic}$ vs $0,37 \text{ kg}\cdot\text{m /s/cic}$), los nadadores fondistas masculinos tenían unos valores similares a las velocistas femeninas ($0,31 \text{ kg}\cdot\text{m /s/cic}$). Los resultados del estudio realizado se presentan en la tabla 3.18. Los autores concluyen que este aparato (el cual esta disponible comercialmente) es una herramienta eficaz y barata para el investigador, entrenador y nadador.

Costill, King, Holdren y Hargreaves (1983) desarrollaron un sistema biocinético para medir la fuerza propulsiva, el trabajo y la potencia en el estilo crol. Estando sujeto el nadador al sistema y desplazándose a $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ de velocidad se registraba la tensión que desarrollaba en el cable que era medida por el transductor de fuerza que lleva el sistema biocinético. Antes de cada sesión de registro el sistema era calibrado dejando caer a esa velocidad fija cargas que oscilaron entre 2 y 15 kg. Además del registro se podía saber el tiempo de duración del test conociendo la velocidad de salida del papel del polígrafo (en segundos). El trabajo realizado ($\text{N}\cdot\text{m}$) era mostrado en una pantalla digital del propio aparato en tiempo real. Como se registró la cantidad de trabajo y la duración del test, fue posible calcular la potencia del nadador ($\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$), siendo transformados estos datos en vatios (W). La fuerza máxima se calculó obteniendo la media de los picos de las cinco curvas que mostraron un tamaño mayor. La velocidad de nado libre se obtuvo cronometrando 25 yardas (22,86 m) de nado de crol con salida desde el agua. Encontraron una correlación significativa entre la potencia desarrollada y la velocidad de nado ($r = 0,82$). La correlación entre fuerza máxima y velocidad de nado fue también significativa ($r = 0,84$). Así mismo, se observó que ocho semanas de entrenamiento de natación y de fuerza en seco incrementaron de forma significativa la velocidad de nado y la potencia. Los nadadores mostraron diferencias entre los puntos de fuerza máxima conseguidos con cada brazo, siendo resultado de las diferencias en la forma de la trayectoria propulsiva de los nadadores.

Costill, Rayfield, Kirwan y Thomas (1986) utilizando un sistema computarizado para el registro de fuerza propulsiva en natación midieron por medio de un sistema biocinético la variaciones en el registro de fuerza en natación a velocidad de 0,93 y 0,62 m/s (sensiblemente inferiores a las de nado). Utilizó 76 nadadores universitarios (46 hombres y 30 mujeres, de 17 a 22 años). La fuerza así registrada correlacionó 0,24 con la fuerza medida fuera del agua simulando el movimiento propulsivo en un banco biocinético, y 0,84 con la velocidad máxima en sprint. La baja correlación observada en la fuerza medida en seco es contradictoria con estudios realizados anteriormente incluso por el mismo autor. Esto se

puede explicar por el hecho de que en aquellos estudios el rango tanto en velocidad como en fuerza de los sujetos fue muy grande. En este estudio sin embargo, la muestra fue mucho más homogénea. Los resultados mostraron una diferencia significativa entre hombres y mujeres ($p < 0,01$) en fuerza propulsiva medida con el sistema y en velocidad máxima de nado. Si la fuerza se calcula en relación al peso corporal, los hombres son todavía un 28% más fuertes que las mujeres. Los nadadores velocistas fueron más fuertes que los nadadores fondistas. Los resultados hacen concluir al autor que sólo las medidas de fuerza en el agua son específicas a la fuerza propulsiva utilizada en el estilo crol. El sistema proporciona un método fiable y sensible para la medición de una de las variables más importantes en el resultado deportivo, la fuerza.

Toussaint, Groot, Savelberg, Vervoorn, Hollander, van Ingen, Schenau (1988) al realizar estudios para conocer los valores de resistencia que ofrece el nadador al desplazarse, desarrollaron un sistema que permitía realizar registro de la fuerza propulsiva (ver figura 3.15). Un cable colocado a una profundidad de la superficie del agua permitía al nadador asirse a unos soportes especiales en cada brazada. El cable en un lado está sujeto a la pared y en el otro sujeto a un dinamómetro. El nadador al tirar del cable ejercía una fuerza sobre él que variaba en función del tiempo a distintas velocidades de nado se obtuvieron valores entre 66,3 N a 1,55 m/sg. y 53,2 N a una media de 1,48 m/sg. Estos valores son considerablemente más pequeños que los obtenidos por otros autores al medir la resistencia del agua y en los estudios relacionados con la fuerza propulsiva a velocidad cero. Téngase en cuenta que aquí sólo se mide la fuerza aplicada para vencer la resistencia que opone el cuerpo al agua, y que parte de la fuerza aplicada también se utiliza para mover el agua que choca directamente con la mano al propulsar. Esto es algo no deseable pero inevitable (recuérdese lo explicado sobre este problema en el capítulo anterior).

Chollet, Micallef y Rabischong (1988) desarrollaron un sistema de biofeedback que, por medio de un medidor de presión colocado en una pala sujeta a la mano (de las dimensiones de ésta) y un pequeño amplificador, devolvía una señal auditiva al variar la presión aplicada. El nadador oía la señal por medio de unos auriculares acuáticos (ver figura 3.16). En los experimentos realizados el sistema no demostró unas mejoras palpables en cuanto a velocidad de nado pero sí en la disminución del número de ciclos, lo cual se puede considerar una mejora en la eficacia propulsiva. El experimento planteado no fue suficiente para demostrar la eficacia del sistema. Hubiera sido necesario más tiempo de aplicación del bio-feedback para conseguir mejoras sustanciales.

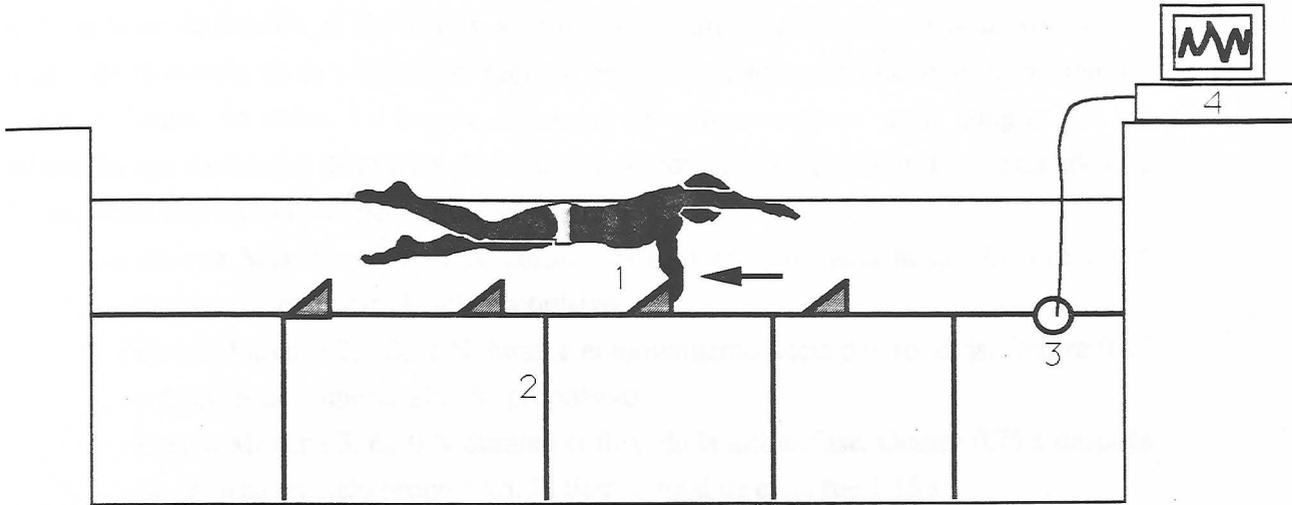


Figura 3.15.: Sistema desarrollado por Toussaint y col.(1988) para la valoración de la resistencia activa. 1) Nadador aplicando fuerza sobre una de las placas verticales fijas. 2) sistema de sujeción de las placas al fondo y paredes de la piscina. 3) Dinamómetro. 4) Sistema de amplificación conectado por medio de un convertidor analógico-digital a un ordenador personal.

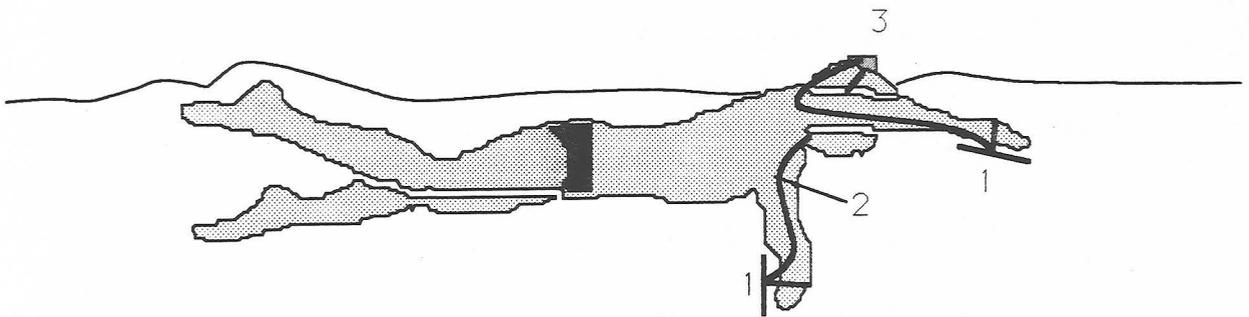


Figura 3.16.: Procedimiento de Biofeedback aplicado por Chollet y col. (1988). 1) Palas colocadas en las manos con los transductores de presión. 2) Conexión. 3) Amplificador y módulo de feed-back sonoro con auriculares.

Loetz, Reischle y Schmitt (1988) utilizaron transductores de presión para medir las fluctuaciones de presión en las manos, sincronizados con los movimientos propulsivos, por medio de la mezcla de la imagen del registro en un ordenador personal con la imagen del nadador filmada en vídeo. Utilizaron nadadores del equipo nacional de la antigua R.F. de Alemania que realizaron distancias de 25 m a velocidad de competición. Los resultados de los registros en el estilo crol para hombres fueron:

- Fuerza Máxima 1: 78,5 N durante el movimiento hacia abajo. Ocurre 0,4 s después de empezar el ciclo propulsivo.
- Fuerza Máxima 2: 126,2 N durante el movimiento hacia dentro-atrás. Ocurre 0,55 s después de empezar el ciclo propulsivo.
- Fuerza Máxima 3: 60,0 N durante el final de la última fase. Ocurre 0,75 s después de empezar el ciclo propulsivo. El tiempo total de ciclo fue 1,15 s.

3.3. Otras Investigaciones Relacionadas con el Problema

El problema de la evaluación de la fuerza en natación se ha abordado desde otros puntos de vista diferentes a los ya expuestos. Es el caso cuando la propia medición de la fuerza no se realiza en el agua, sino por medio de simuladores fuera del agua. También puede ser que el problema principal no sea cuantificar la propia fuerza sino observar cómo otras variables se modifican al utilizar los aparatos de medición en seco o en el agua como, por ejemplo las variables cinemáticas, variables electromiográficas, etc.. Por otro lado se pueden relacionar aquí la aplicación de los propios sistemas para evaluar la fuerza directamente o modificados para entrenarla. Por fin la descripción de métodos para el análisis de las curvas de registro de una forma cualitativa.

3.3.1. Otras variables relacionadas con la medición de la fuerza propulsiva

Bollens, Annemans, Vaes y Clarys (1988) utilizando electromiografía superficial, buscaron las posibles diferencias entre el registro de EMG en natación libre y natación a velocidad cero. Se registraron cinco músculos: a) tríceps (porción larga); b) pectoral mayor; c) dorsal ancho; d) recto femoral; e) porción lateral del gemelo. Trece nadadores masculinos con una media de 56,9 s en 100 m libres fueron utilizados como sujetos. Los resultados mostraron que aunque la tendencia era que los músculos exhibían más intensidad de actividad durante la natación a velocidad cero, el ANOVA realizado no mostró diferencias significativas. Sin embargo, analizando cualitativamente los registros de EMG normalizado (observando variables como amplitud, correspondencia o su combinación entre los registros, ver apartado 3.3.2) y estableciendo una escala diferencial desde cero (sin diferencias entre registros) a 12 (registros completamente diferentes), se pudo comprobar que si la frecuencia de ciclo disminuía, las diferencias entre las dos situaciones de natación descendía en los músculos de las extremidades superiores. En el caso de los músculos de las extremidades inferiores la tendencia era justo al contrario. Los autores concluyen que en cuanto al registro del EMG de los músculos anteriormente citados, la natación a velocidad cero y el nado libre normal son similares. Esta afirmación es sólo cierta para los músculos de los brazos estudiados, donde un descenso en la frecuencia induce a un incremento en la similitud de los registros de EMG, siendo la influencia de la frecuencia considerable.

Otro aspecto a relacionar con la fuerza propulsiva a velocidad cero o la natación en situación de frenado o parcialmente sujeto es el análisis cinemático de las trayectorias

propulsivas. Las posibles modificaciones de las trayectorias propulsivas en diferentes situaciones fueron analizadas por Maglischo C., Maglischo E., Sharp, Zier y Katz (1984). Su propósito fue comparar la mecánica del estilo crol al nadar libremente y al utilizar un sistema que disminuía la velocidad normal del nadador. Los sujetos fueron participantes en las pruebas de fondo de los campeonatos de EEUU de Invierno, cuatro nadadores y cinco nadadoras con una edad entre 16 y 19 años. Cada sujeto fue filmado en las dos situaciones, por medio de dos cámaras colocadas frontal y lateralmente de forma sincronizada. El sujeto era frenado por un sistema biocinético que permitía ajustar la velocidad a la que se desplazaba el nadador. Se utilizó la velocidad cero. Los cambios significativos observados en la técnica al nadar siendo frenado fueron los siguientes:

- Es necesario más tiempo para realizar el movimiento propulsivo, la diferencia media fue de 0,09 s.
- La velocidad angular de las manos de los sujetos fue menor.
- Se utilizó menos tiempo para realizar el movimiento inicial hacia abajo de la tracción de crol.
- Los sujetos necesitaron más tiempo para completar el movimiento hacia arriba de la parte final de la tracción.
- Los sujetos realizaron el batido con los pies a mayor profundidad.
- Los sujetos flexionaron más las muñecas en su fase propulsiva.
- Los sujetos tendían a llevar su movimiento hacia abajo a menor profundidad.
- La velocidad hacia atrás de las manos en la trayectoria propulsiva fue menor.
- Los sujetos realizaron menos movimientos laterales con sus manos durante el movimiento hacia abajo y hacia dentro de la tracción. Existió una flexión mayor del codo.

Las diferencias observadas sugieren que el método de usar la natación estática como test o forma de entrenamiento sea cuestionable.

Los mismos autores un año después analizaron una situación similar en el estilo mariposa, donde realizaron esfuerzos a velocidad máxima en nado libre, siendo frenado (sprint-resistido) y siendo acelerado (sprint asistido). Los resultados mostraron que en natación resistida las tracciones fueron más cortas y lentas, en natación asistida se aumentó la frecuencia, pero normalmente gracias a un acortamiento del ciclo los sujetos tienden a cambiar de propulsión predominantemente basada en la sustentación a propulsión predominantemente basada en el arrastre. La flexión del codo fue diferente en todos los casos. En conclusión, el uso de la natación asistida y la natación resistida puede cambiar la mecánica del estilo en direcciones no deseables. Sin embargo, es muy dudoso que esos cambios ocurran, debido a la pequeña parte del programa de entrenamiento que está constituida por estos ejercicios. Sin embargo, pueden tener ventajas, ya que ambos métodos es posible que sirvan para mejorar la fuerza, que aunque no pueda ser transferida totalmente, si lo será en una cantidad mayor que por otros métodos. Por otro lado se observó que algunos nadadores mejoraban errores durante los intentos con natación asistida.

3.3.2. Procedimientos para la evaluación cualitativa de registros de fuerza y de variables cinemáticas.

Bollens y Clarys (1984) desarrollaron un sistema de comparación cualitativa entre registros, motivado por la necesidad de desarrollar un método de valoración del nivel de analogía entre registros que los procedimientos estadísticos usuales sólo podían valorar en unos niveles muy básicos o sin tener en cuenta información importante en el análisis (como, por ejemplo, aquella relativa a la forma del trazado de la curva). Los niveles de comparación vienen definidos en una escala de 0 a 12, siendo doce el valor para las diferencias máximas entre dos curvas y cero el valor que expresa que dos curvas son aproximadamente idénticas. La escala completa es la siguiente:

- 0: Idéntica (sin diferencias en sincronización y amplitud)
- 1: Idéntica con diferencias en amplitud
- 2: Idéntica con diferencias en sincronización
- 3: Idéntica con diferencias en sincronización y amplitud
- 4: Análoga con diferencias en amplitud
- 5: Análoga con diferencias en sincronización
- 6: Análoga con diferencias en sincronización y amplitud
- 7: Análoga con diferencias en sincronización y amplitud, y proporciones de los picos de las curvas iguales.
- 8: Ajustado con diferencias en amplitud
- 9: Ajustado con diferencias en sincronización
- 10: Ajustado con diferencias en sincronización y amplitud
- 11: Ajustado con diferencias en sincronización y amplitud, y el número de picos es igual
- 12: Diferente de forma no específica.

En la figura 3.17 se pueden observar ejemplos de curvas en las cuatro diferentes situaciones observadas desde el punto de vista cualitativo. En la primera las curvas son prácticamente iguales (sus trazos se corresponden prácticamente). En la segunda las curvas son idénticas pero puede haber diferencias en amplitud (como, por ejemplo, en el segundo ciclo de la segunda gráfica). En el tercer caso, las diferencias afectan a la sincronización. En el cuarto caso las curvas son completamente diferentes.

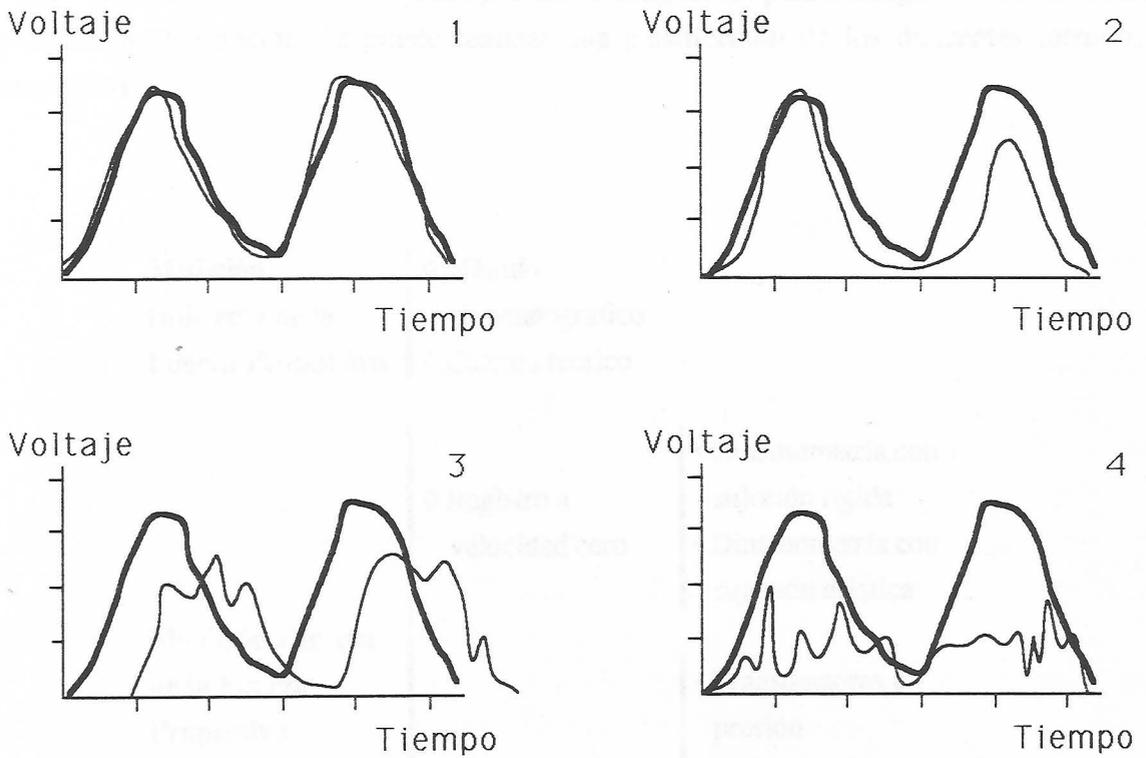


Figura 3.17.: Análisis cualitativo de la similitud entre dos registros, trazo grueso registro base, trazo fino registro a comparar. Niveles básicos de comparación: 1) registros idénticos; 2) registros análogos; 3) registros ajustados; 4) registros diferentes. (Bollens y Clarys, 1984)

3.4. Aspectos más importantes tratados en el presente capítulo.

Una vez revisado el proceso seguido por los investigadores para conseguir medir la fuerza propulsiva en natación, se puede realizar una clasificación de los diferentes métodos empleados:

Medición Indirecta de la Fuerza Propulsiva	◇ Método cinematográfico	
	◇ Cálculo teórico	
Medición Directa de la Fuerza Propulsiva	◇ Registro a velocidad cero	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamometría con sujeción rígida • Dinamometría con sujeción elástica
	◇ Registro a velocidad distinta de cero	<ul style="list-style-type: none"> • Transductores de presión • Natación con cargas de frenado externas • Dinamometría a velocidad constante • Medición de la resistencia activa

En los diversos estudios se han definido variables que trataban de ser una medida más o menos precisa de la fuerza propulsiva:

- Fuerza propulsiva a velocidad cero (FPV0) la cual podía ser medida con una sujeción elástica o rígida entre el dinamómetro con el que se medía la fuerza del

nadador. Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Alley (1952), Counsilman (1955), Magel (1970), Goldfuss y Nelson (1971), Wankow (1972), Zaciorskiy y Safarian (1972), Abramson (1973), Craig y Boomer (1980), Montpetit (1981), Yeater y col. (1981), Adams y col. (1983), Gullstrand y Holmer (1983), Platonov (1988), Rasulbekov y col. (1986), Ría y col. (1986), Cabri y col. (1988), Cristensen y Smith (1987), Keskinen y col. (1989), Rohrs y col. (1990) y Boulgakova (1990).

- Fuerza propulsiva a velocidad cero relativa al peso corporal (FPV0/P). Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Wankow (1972), Zaciorskiy y Safarian (1972), Onoprienko y Bartaszuk (1973).
- Fuerza propulsiva medida a velocidad constante o fuerza propulsiva excedente (FPEXC). Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Alley (1952), Counsilman (1955), Zaciorskiy y Safarian (1972), Manen y Rijken (1975), Troup (1980), Costill y col. (1983) y Costill (1986).
- Presión aplicada contra la mano (FPP) o medición por medio de transductores de la presión por unidad de superficie en la palma de la mano. Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Miyashita (1971), Belokosky (1971), Glukhov y Bratkovsky (1974), Boicev y Tzvetkov (1975), Redondo y Cano (1979), Svec (1982), Chollet y col. (1988) y Loetz y col. (1988).
- Fuerza propulsiva teorica (FPT) obtenida gracias a la simulación matemática del sujeto y las fuerzas que aplica al agua. Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Martin y col. (1981).
- Fuerza para vencer la resistencia (FR) o la fuerza que debe aplicar el nadador para moverse hacia delante superando la resistencia activa que ofrece su cuerpo. Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Craig y Boomer (1980) y Hopper y col. (1983).
- Fuerza propulsiva resultante (Fp) o la fuerza obtenida por medio de un procedimiento indirecto, resultado de la suma vectorial de la fuerza de arrastre y la fuerza de sustentación. Los autores que utilizaron este procedimiento fueron Schleihauf (1974, 1979), Schleihauf y col. (1983, 1988) y Maglischo y col. (1984, 1986).

Los distintos autores no siempre expresaron la fuerza con las mismas unidades, utilizando kilogramos-fuerza (kgf), kilopondios (kp), libras y Newtons (N).

Dentro de los estudios descritos nos encontramos con otras variables que han tratado de ser relacionadas con alguna de las medidas de fuerza anteriormente descritas:

- Velocidad de nado máxima (VMAX), medida en distancias comprendidas entre 10 y 25 m, desplazándose el sujeto a la máxima velocidad posible, se expresó en m/s.
- Velocidad de competición (VC), velocidad media que consigue el nadador en una distancia de competición. Estas pueden ser 100, 200, 400, 800 y 1500 m, y actualmente 50 m libres. En la mayor parte de los casos se consideraba como variable directamente el tiempo de competición (TC).
- Longitud de ciclo (LC), o distancia que recorre el nadador al realizar un ciclo de brazada. Se expresó en m.
- Frecuencia de ciclo (FC), o número de ciclos realizados por el nadador por unidad de tiempo. Se expresó en ciclos/s (Hz) o ciclos/minuto.
- La variable sexo fue utilizada con sus dos niveles (masc. y fem.).
- La variable nivel de ejecución se aplicó de diversas maneras. En el caso de nadadores se compararon nadadores de categoría internacional, regional, universitarios, etc. En el caso de poblaciones se compararon nadadores con otros deportistas o practicantes de natación no competitiva.
- La variable estilo es utilizada por distintos autores diferenciando el valor de la variable dependiente en cada una de las técnicas aplicadas. Los posibles niveles son crol, espalda, braza y mariposa.
- Diferencias en las pruebas de especialización de los nadadores. Esto ocurre fundamentalmente en el estilo crol, donde se pueden diferenciar los nadadores que se dedican a las pruebas de velocidad (50 y 100 m), mediofondo (200 y 400 m) y los fondistas (800 y 1500 m).
- La variable brazo ejecutor fue utilizada para comparar las medidas obtenidas entre brazos.
- La variable edad ha sido utilizada para comparar sujetos en distinto nivel de maduración.
- La intensidad de actividad electromiográfica ha sido utilizada también para comparar la actividad muscular en distintas situaciones de nado.
- Las variables cinemáticas de la trayectoria propulsiva se midieron para encontrar posibles diferencias en distintas situaciones de nado.
- Las medidas de ciertas variables pudieron ser utilizadas directamente para proporcionar feed-back.
- Así mismo se trató de utilizar las variables para evaluar la progresión debida al entrenamiento y compararla con los resultados competitivos.

En este capítulo se ha tratado de dar una visión general y cronológica de los procedimientos empleados para cuantificar la fuerza propulsiva. En cualquier caso la situación del problema es muy parecida actualmente a la que se tenía cuando los primeros autores comenzaron a investigar este tema. Una tecnología más moderna y una mayor rigurosidad en los procedimientos científicos han permitido fundamentalmente una precisión mayor en las mediciones y un acercamiento a la realidad del problema, pero no su completa solución.

CAPÍTULO IV
EL ESTILO COMO MEDIO
DE DESPLAZAMIENTO DURANTE EL AGUA

CAPITULO IV

**EL ESTILO CROL COMO MEDIO
DE DESPLAZAMIENTO HUMANO EN EL AGUA**

4.1. Antecedentes Históricos

La natación deportiva tal como se conoce en la actualidad, es decir, una actividad reglamentada y definida, en que las diversas formas de desplazamiento se encuadran en una normativa que las limita a una serie de movimientos en unas posiciones determinadas, no tiene mucho más de un siglo de vida, coincidiendo prácticamente con la celebración de los primeros Juegos Olímpicos (Atenas, 1896).

Sin embargo, la natación como actividad humana se remonta mucha más atrás. Los primeros dibujos donde se puede observar al hombre nadando datan de 5000 años a.de J.C. Siglos después en jeroglíficos egipcios aparecen nuevamente este tipo de representaciones. En muchos casos las necesidades del desplazamiento acuático tuvieron que ver con intereses militares, por lo que la natación era facilitada por medio de elementos de flotación que permitían a los soldados nadar con sus pesados equipamientos militares.

Los historiadores no se ponen de acuerdo sobre qué estilo (comparándolo con los actuales) se nadaba entonces. El jeroglífico encontrado en Nagoda en torno al año 3000 a.de J.C. muestra una posible alternancia en la acción propulsiva de los brazos y piernas. Lo mismo ocurre con bajorrelieves babilónicos en torno al año 1000 a. de J.C. y en vasos y monedas griegos y romanos. Estos sencillos dibujos no nos dan información suficiente sobre cómo se nadaba, pero desde luego esa forma de nadar se parece más a lo que actualmente denominamos "estilo crol". La posible evolución lógica hacia este estilo actual, que debía haberse llevado a cabo en Europa, de una forma inexplicable no sucedió. En las distintas menciones que algunos autores hacen en la Edad Media y en lo que se considera el primer libro escrito sobre natación, "Colymbetes" de Nicolaus Wynman, sólo se habla de un estilo: la braza, en sus variantes de pecho y dorsal. Esta situación se repite hasta finales del siglo XIX, donde se realizó por primera vez la travesía a nado del Canal de la Mancha, utilizándose el estilo braza (el personaje que lo llevó a cabo fue el Capitan Webb, 1875). Por esas fechas ya empezaron a aparecer en Europa (principalmente en Inglaterra donde se realizaron por primera vez pruebas de natación en piscinas) personas procedentes de otros continentes que nadaban de forma muy diferente a lo que se consideraba nadar a la europea (o estilo braza). Fueron dos norteamericanos (autóctonos) los que primero participaron en una competición de este tipo (en 1844) describiendo en su libro José Iguarán (1972) los movimientos utilizados: "nadaban golpeando

violentamente el agua con sus brazos, como aspas de molino, y batiendo⁰ con sus pies hacia abajo....". En Inglaterra se comenzó a nadar el "over-sencillo", una forma de nadar la braza de costado con patada de tijera, que posteriormente evolucionó en el "doble-over" también denominado "trudgen" (nombre del nadador que observando a indígenas sudamericanos trajo esa "nueva" forma de nadar a Europa). Este estilo se puso rápidamente de moda gracias a la mejora de velocidad que se experimentaba comparado con la braza. Se realizaban unos movimientos respiratorios y de brazos similares al crol actual pero con tijera en la acción de las piernas. En los últimos años del siglo XIX, personas procedentes de Australia enseñarían un nuevo estilo el "crawl australiano", en el cual la acción de las piernas de tijera se sustituyó por un batido corto y continuo. Algunos historiadores piensan que lo que Trudgen vió realmente en Sudamerica fue este estilo, pero que no interpretó correctamente los movimientos. En 1902 se bate el record del mundo en 100 yardas con esta nueva forma de nadar y a partir de aquí no ha dejado de evolucionar consolidándose como el estilo más rápido. En este capítulo describiremos sus características y variantes.

4.2. El estilo crol

El estilo crol podría definirse como: una forma de desplazamiento humano en el agua caracterizada por una posición ventral¹ del cuerpo y el movimiento alternativo y coordinado de las extremidades superiores e inferiores, siendo el movimiento de las primeras una circunducción completa y en el de las segundas un batido, con una rotación de la cabeza, coordinada con los miembros superiores para realizar la inspiración.

Desde el punto de vista reglamentario es un estilo que no existe como tal, es actualmente la forma más rápida de nadar y es la utilizada en las pruebas "estilo libre", donde el nadador puede participar utilizando la técnica que desee. En la literatura está generalmente aceptado utilizar el término estilo libre como sinónimo de estilo crol.

Un ciclo consiste en un movimiento completo realizado con una de las extremidades superiores, derecha o izquierda, y un número variable de batidos realizados con las extremidades inferiores. Normalmente se señala como comienzo del ciclo el momento en que la mano entra en el agua y el final cuando la mano vuelve a hacerlo. Debe tenerse en cuenta que mientras consideramos esto con un brazo el otro realiza su propio ciclo pero de forma simultánea. Por lo tanto, considerar el movimiento de un único brazo suele ser suficiente para

⁰ Batido: Acción realizada con las extremidades inferiores, para propulsarse en los estilos crol, espalda y mariposa, caracterizado por un movimiento de flexo-extensión de cadera y rodilla, manteniendo el pie en flexión plantar.

¹ Desde el punto de vista anatómico una posición ventral supondría que la parte anterior del tórax se encontrara sobre la dorsal cuando el sujeto se encuentra tendido en el suelo. En el ámbito de la natación posición ventral se identifica con aquella en que la parte anterior del tronco se dirige hacia el agua.

un análisis técnico donde sea necesario el conocimiento de las fases de que se componen los ciclos.

El modelo técnico del estilo crol es uno de los que menos modificaciones ha tenido en los últimos años. La descripción de este modelo ha sido llevada a cabo por muy diversos autores que en general han descrito los movimientos que realizaban los mejores nadadores del momento. Dentro de los distintos autores que han descrito el estilo crol, cabe destacar aquellos que han basado sus descripciones en fundamentos científicos o en la observación de un número elevado de nadadores. En la tabla 4.1 se resumen las denominaciones que emplean estos autores para nombrar las fases que componen el ciclo motor del estilo crol. Se ha respetado el idioma original ya que en muchos casos es difícil traducir directamente un término que en castellano puede tener un significado muy diferente y nada relacionado con la natación. La terminología utilizada por Navarro (1978) puede servir como botón de muestra de la terminología a emplear. En esta tesis utilizaremos la denominación de fases descrita por Costill, Maglischo y Richardson (1992) por las siguientes razones: a) los autores denominan las fases aprovechando los diferentes movimientos de la mano en el agua, según los principios hidrodinámicos explicados en el capítulo segundo de esta tesis; b) al utilizar verbos que describen esos movimientos, la traducción es más precisa que la utilizada con anterioridad; c) es la más reciente publicación en el ámbito de la natación deportiva y sus autores son de reconocido prestigio.

4.2.1. Descripción de los movimientos realizados por las extremidades superiores

El ciclo de movimiento realizado por un brazo se divide en dos fases generales: una subacuática y otra aérea. En la primera el nadador mueve sus brazos hacia atrás por debajo del nivel del agua para conseguir aplicar fuerza propulsiva y avanzar hacia delante. En la segunda mueve sus brazos por fuera del agua hacia delante minimizando el esfuerzo realizado para colocar su brazo otra vez en posición adecuada para iniciar la fase subacuática.

TABLA 4.1
FASES DEL CICLO DE CROL QUE DESCRIBEN DIFERENTES AUTORES

<p>Councilman (1968)</p> <p>1. Recovery (1) Recovery (2)</p> <p>2. Arm Pull</p> <p style="padding-left: 20px;">Entry</p> <p style="padding-left: 20px;">Downward Press</p> <p style="padding-left: 20px;">Pull (1)</p> <p style="padding-left: 20px;">Pull (2)</p>	<p>Vaday y Nemesury (1971)</p> <p>Propulsive</p> <p>Release</p> <p>Recovery</p> <p>Gliding</p>	<p>Persyn (1974)</p> <p>Entry</p> <p>Press</p> <p>Pull</p> <p>Push</p> <p>Upward Lift</p> <p>Recovery</p>
<p>Firby (1975)</p> <p>Catch</p> <p>Forearm sweeps down</p> <p>Upper arm joins in and the whole arm sweeps rearward</p> <p>Pull-Push</p> <p>Recovery</p>	<p>Councilman (1977)</p> <p>Arm Recovery</p> <p>Hand Entry</p> <p>Beginning of the arm pull with wrist flexión</p> <p>Elbow bend during th pull</p> <p>Elbow extensión</p> <p>Elbow extensión wrist extensión</p>	<p>Navarro (1978)</p> <p>Fase Propulsiva o de Tracción</p> <p style="padding-left: 20px;">Entrada</p> <p style="padding-left: 20px;">Agarre</p> <p style="padding-left: 20px;">Tirón</p> <p style="padding-left: 20px;">Empuje</p> <p>Fase de Recobro</p>
<p>Maglischo (1982)</p> <p>Entry</p> <p>Stretch</p> <p>Catch</p> <p>Downsweep</p> <p>Insweep</p> <p>Upsweep</p> <p>Release</p> <p>Recovery</p>	<p>Haljand (1984)</p> <p>First half-cycle</p> <p>Phase I: catch while opposite arm leaves water</p> <p>Phase II: Pull while opposite arm is recovered</p> <p>Phase III: Push while opposite arm is recovered</p> <p>Phase IV: Push with support of opposite arm</p>	<p>Hay (1986)</p> <p>1. Pull phase</p> <p style="padding-left: 20px;">initial press</p> <p style="padding-left: 20px;">inward scull</p> <p style="padding-left: 20px;">outward scull</p> <p>2. Recovery phase</p>
<p>Reischle (1988)</p> <p>Ruckholhase</p> <p>Wasserrassen/zug</p> <p>Abdruck</p>	<p>Chollet (1990)</p> <p>Sortie de la main de l'eau</p> <p>Retour du bras</p> <p>Prisse d'appui</p> <p>Phases propulsives</p> <p style="padding-left: 20px;">Traction</p> <p style="padding-left: 20px;">Poussée</p>	<p>Costill y col. (1992)</p> <p>Entry and strech</p> <p>Downseep and catch</p> <p>Insweep</p> <p>Upsweep</p> <p>Release and recovery</p>

4.2.1.1. Entrada y Extensión:

La entrada del brazo en el agua se produce delante del hombro del nadador con el codo ligeramente flexionado y la palma de la mano dirigida hacia fuera. La inclinación del plano de la mano con respecto al agua es aproximadamente de 45° (Counsilman, 1977) en el momento del contacto. El grado de flexión del codo (en posición más alta que la mano) será tal que la extremidad distal de los dedos toque el agua a una distancia que corresponde a la longitud del brazo medido hasta la muñeca. Esta posición se consigue gracias a la rotación interna del húmero estando el brazo en una posición alineada con el tronco. El que entren primeramente los dedos, para seguir mano, muñeca, antebrazo y codo garantiza la disminución de la turbulencia que pudiera crearse alrededor de la mano (lo que disminuiría la eficacia propulsiva en las siguientes fases) y aumentaría la resistencia. Debe tenerse en cuenta que el aumento de la resistencia se debe a la forma y fricción del brazo contra el agua que se ve aumentada por moverse el brazo hacia adelante a una velocidad relativa mayor que la del cuerpo y por la posible creación de oleaje que aumentaría la resistencia creada por el propio cuerpo (Maglischo, 1982). El brazo debe dirigir su extensión hacia delante hasta que consiga la máxima distancia recorrida (cualquier punto en que la mano se encuentre entre la mitad del hombro y de la cabeza podrá considerarse adecuado). En este punto hay dos factores que deben ser controlados por el nadador: a) evitar que el brazo se extienda cruzándose por delante de la cabeza (Costill y col., 1992) lo que produciría desplazamientos laterales del tronco, y b) evitar el excesivo desplazamiento de la mano hacia adelante fruto de una elevación del brazo y el hombro (con máximo desplazamiento lateral de la escápula) (Counsilman, 1968) lo que produciría un efecto similar al anterior.

El brazo se extiende hacia adelante justo por debajo de la superficie del agua (a profundidad suficiente para no producir turbulencia u oleaje). Durante ese movimiento la palma de la mano se encuentra dirigida hacia el fondo y prácticamente horizontal, esto genera una cierta sustentación que es utilizada por el nadador para mantenerse cerca de la superficie del agua. Esta fase debe continuar hasta que el brazo contrario finaliza su fase propulsiva (Haljand, 1984).

La fase finalizaría con el hombro y el codo a la misma profundidad y la mano ligeramente más hundida (Haljand, 1984). La profundidad máxima no debe ser superior a la de la parte más profunda del tronco en su zona ventral (lo que aumentaría la resistencia de forma del nadador al no ser una fase propulsiva). La profundidad de la mano debería ser de unos 20 - 30 cm y es similar a la del pie contrario que se encuentra en ese momento en la fase descendente del batido. Esto asegura la coordinación cruzada entre brazos y piernas similar a la que ocurre al lanzar un balón (Persyn, 1974), con lo que permanece el equilibrio en las fuerzas internas del nadador permaneciendo la dirección de desplazamiento en un plano horizontal. La posición de los hombros es horizontal al finalizar esta fase (Persyn, Hoeven y Daly 1979).

4.2.1.2. Movimiento hacia abajo:

Comienza justo al finalizar la propulsión del brazo contrario. El brazo colocado delante comienza a moverse hacia abajo predominantemente a la vez que se realiza una gradual flexión de la muñeca y el codo, rotando internamente el húmero, de manera que la mano desciende con más velocidad que el codo lo que hace que el brazo adopte una posición de "codo alto", tal como la denominó Counsilman (1968). Esta posición hace que tanto la superficie de la palma de la mano como la del antebrazo se dirijan hacia atrás, haciendo que el agua circule por delante y detrás de la mano y antebrazo con lo que se genera sustentación, aunque los valores son muy pequeños para la fuerza propulsiva eficaz como se puede ver en la figura 2.7, pág 23. El agua, por tanto, se mueve relativa a la mano desde las extremidades distales de los dedos a la muñeca y antebrazo. La mano realiza una ligera pronación por efecto de la rotación citada anteriormente del húmero a la vez que además de moverse hacia abajo se dirige ligeramente hacia fuera (Costil y col., 1992), con lo que el hombro se desplaza describiendo un arco por efecto de la rotación que comienza a hacer el tronco. Esta fase se puede considerar como preparatoria para las que prosiguen donde la fuerza aplicada comenzará a ser mucho más importante. El que el nadador intente aplicar mucha fuerza en esta fase sólo tendrá efectos contraproducentes por ser una fuerza orientada principalmente hacia arriba, lo que originará movimientos verticales en el cuerpo que producirán en la mayor parte de los casos un aumento de la resistencia. Este punto es crucial, una mala posición del codo con relación a la mano no permitirá una buena propulsión posteriormente. Según Firby (1975) este problema es más frecuente en el brazo contrario al de la respiración en el momento en que se realiza ésta.

4.2.1.3. Movimiento hacia dentro:

Es la fase donde el nadador comienza realmente a aplicar una fuerza propulsiva notable. Es un movimiento semicircular de la mano (Maglischo, 1982) comenzando en el final de la fase anterior en la que el brazo se encontraba delante de su propio hombro. Ahora realiza un movimiento diagonal hacia adentro de manera que el brazo se coloca debajo de la línea media del cuerpo. La mano que se encontraba con la palma ligeramente orientada hacia afuera (en pronación) realiza inicialmente una supinación que hace que su palma se oriente ahora hacia adentro y atrás. Esta orientación permite que el agua circule por el dorso y la palma de la mano desde el pulgar al dedo meñique, que con un ángulo de ataque adecuado hace posible conseguir una orientación de la fuerza propulsiva hacia delante.

Lo que en la fase anterior se caracterizó por un movimiento casi aislado de la mano y antebrazo, ahora se convierte en un movimiento conjunto de la extremidad superior interviniendo los grandes músculos del hombro fundamentalmente pectoral mayor y dorsal ancho, manteniendo la posición de "codo alto" (rotación interna del húmero) el músculo deltoides (porción media principalmente).

Este desplazamiento lateral (hacia adentro) de la mano, antebrazo y brazo, permite que la mano se desplace muy poco hacia atrás, lo que al contraerse los músculos anteriormente

citados produce un desplazamiento del tronco hacia adelante. Se produce un efecto similar al de apoyarse en un soporte fijo bajo el agua. El codo durante este movimiento se flexiona progresivamente alcanzando al final entre 90° y 120° (Haljand, 1984). Los nadadores especializados en distancias de competición cortas (50 y 100 m) se caracterizan por valores de flexión menores (mayores ángulos en el codo) que los nadadores especializados en distancias más largas (800 y 1500 m) (Wilke, 1991).

El nadador acelera progresivamente su mano a lo largo de esta fase, sin llegar a alcanzar los valores que conseguirá en la siguiente fase. El nadador debe de guardar energía para la siguiente fase donde la propulsión es todavía más eficaz (Maglischo, 1991).

El problema que nos encontramos es que la mano cruza por debajo del cuerpo de diferentes maneras: cruza hasta sobrepasar con claridad la línea media del cuerpo, cruza hasta llegar a la línea media o cruza sin alcanzar la línea media. Esto es algo que ya describió Counsilman (1968) observando a nadadores de élite y que en la actualidad seguimos observando. Si analizamos el problema sólo desde el punto de vista teórico, un recorrido mayor hacia adentro proporcionaría más propulsión, pero en algunos nadadores sobrepasar ciertos límites les supone la imposibilidad de aplicar fuerza eficazmente (su mano pierde el ángulo de ataque idóneo) con lo que ello no le produce más propulsión pero sí fuerzas laterales que desalinean su cuerpo. Sin embargo, otros nadadores consiguen fuerzas de gran amplitud en este punto, consiguiendo al final los dos nadadores valores de fuerza totales y velocidades de desplazamiento similares. En general, parece que lo adecuado es que la mano se aproxime a la línea media del cuerpo. Este es uno de los aspectos donde nos encontramos con grandes diferencias entre los brazos de un mismo nadador. Esto se debe fundamentalmente a:

- el nadador respira habitualmente por un solo lado lo que provoca una rotación mayor hacia ese sentido del tronco con lo que el brazo del lado por donde se respira cruza por debajo del tronco menos de lo que lo hace el otro brazo.
- las diferencias debidas a la lateralidad dominante producen una mayor capacidad para sentir la presión del agua en un brazo sobre el otro, lo que produce también diferencias en el grado de movimiento hacia adentro que realiza cada brazo, sin hablar de las diferencias en la propia fuerza muscular.

Este detalle se observa principalmente en la posición rígida en que debe mantenerse la muñeca con el fin de que la presión a la que es sometida la palma de la mano no haga cambiar la posición de la misma y disminuya su capacidad propulsiva (Haljand, 1984). La flexión del codo hace que al acortarse la distancia con el punto de aplicación de la fuerza (la mano) el momento disminuya ($f \cdot d$) con lo que puede aplicarse más fuerza (Counsilman, 1968, 1977; Firby, 1975).

El brazo cruza más hacia adentro en los nadadores que al realizar la transición (abajo y adentro) tardan más tiempo en orientar su mano y por tanto pierden apoyo en el agua que hace que comience el movimiento hacia dentro (propulsivo) más tarde con lo que esta fase finaliza más hacia dentro. En el caso contrario el nadador aplica su fuerza desde antes y puede cambiar

a la siguiente fase también antes.

Debe tenerse en cuenta que la mano en esta fase aunque se mueve ligeramente hacia adentro también lo hace hacia atrás (en menor medida) y algo hacia arriba al final en los nadadores que más flexionan sus codos. Hay que tener precaución para no acercar la mano demasiado al cuerpo lo que produciría el lanzamiento de agua en movimiento contra el cuerpo (tronco) lo que aumentaría la resistencia localmente (Counsilman, 1977). La fuerza propulsiva actúa en una dirección muy próxima a la del desplazamiento del nadador (Hay, 1986).

4.2.1.4. Movimiento hacia arriba

El movimiento hacia arriba es la segunda y última fase propulsiva del estilo crol (Costill, 1992). La mano se movía en la fase anterior cruzando o llegando a la línea media del cuerpo, ahora la mano vuelve a dirigirse hacia fuera. Este movimiento inicialmente es en realidad hacia fuera, atrás y ligeramente hacia arriba (como se puede ver en la figura 4.1, los puntos 18 a 21), para luego predominar el movimiento hacia arriba con componentes hacia atrás y arriba, pero de mucha menor importancia (figura 4.1, los puntos 22 a 24) La mano comienza esta fase debajo del abdomen a una cierta profundidad. La mano se mueve hacia la parte lateral externa de la cadera, primero lateralmente y luego con gran predominio del movimiento hacia arriba. Para que esta dirección de desplazamiento sea eficaz, desde el punto de vista propulsivo, la mano debe realizar una pronación, para colocar un ángulo de azimut adecuado, de manera que el agua ahora circule desde la eminencia hipotenar hasta el pulgar al desplazarse la mano hacia fuera y atrás, y desde la muñeca hacia la yema de los dedos, al desplazarse la mano hacia arriba, atrás y afuera. (ver figuras en la tabla 4.2).

En esta fase el brazo se extiende, pero sin llegar a la completa extensión (tal como se cree popularmente). El hacerlo supondría que la dirección de la mano cambiara y disminuyera su capacidad propulsiva. La mano alcanza en esta fase la máxima velocidad tanto con relación al cuerpo (Counsilman, 1981) como con relación al espacio (Schleihauf, 1986). Este hecho junto con el ángulo de ataque adecuado hace que en esta fase se alcance el punto de máxima fuerza propulsiva. La fuerza muscular aplicada por los músculos que mueven el brazo propulsor, junto con la rotación sobre el eje longitudinal del tronco, hace que se consigan los citados valores de velocidad. Los valores tan altos de velocidad junto con un correcto ángulo de ataque hace que se consigan los valores máximos de fuerza.

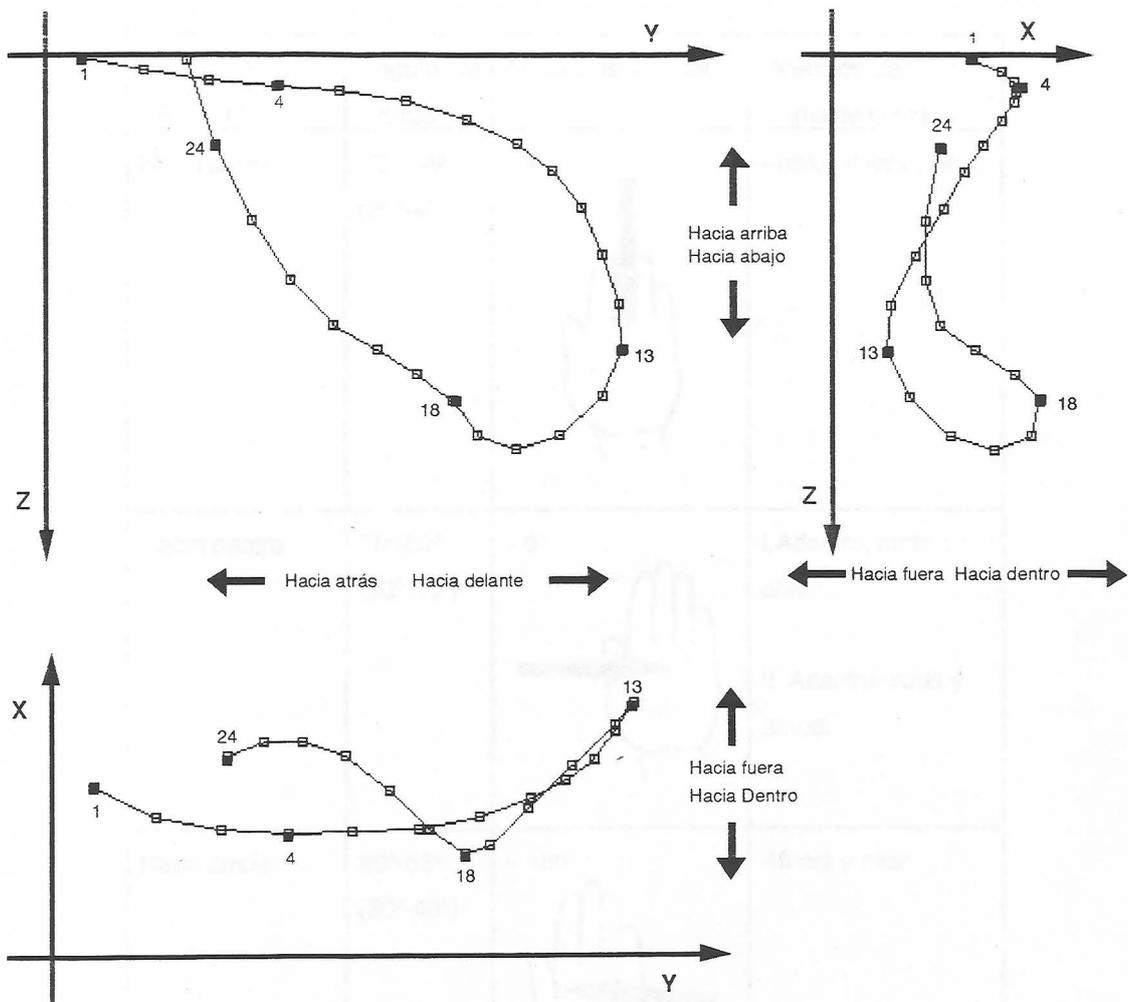
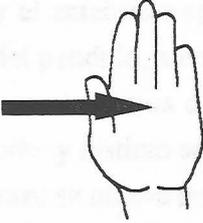
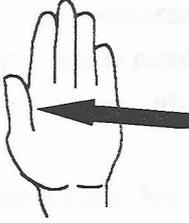


Figura 4.1.: Proyección de las trayectorias propulsivas en los distintos planos de una nadadora del equipo nacional de natación (según Arellano y Pardillo, 1990) Planos: (Y,Z) Sagital, (X,Z) Frontal; (X,Y) Horizontal. Cada punto se digitalizó en intervalos de 1/25 s. Fase de Entrada: 1-4. Fase de Extensión: 5-8. Fase hacia abajo: 9-13. Fase hacia dentro: 13-18. Fase hacia arriba: 18-24.

TABLA 4.2.
CARACTERÍSTICAS DE LOS MOVIMIENTOS PROPULSIVOS
UTILIZADOS EN EL ESTILO CROL (Adaptado de Maglisco, 1982)

FASE DEL ESTILO CROL	Angulo de ataque *	Angulo de Azimut	Dirección de la palma de la mano
Hacia abajo	32° - 49° (30°-40°)	≈ 90° 	Abajo, afuera y atrás
Hacia dentro	30°-60° (30°-50°)	≈ 0° 	I. Adentro, atrás y abajo. II. Adentro, atrás y arriba.
Hacia arriba	20°-83° (30°-40°) 24°-63° (30°-40°)	≈ 180°  ≈ 270° 	Afuera y atrás Afuera, arriba y atrás

* Angulos observados en nadadores y entre paréntesis ángulos recomendados por el autor

4.2.1.5. Movimiento de recobro.

El recobro propiamente dicho comienza antes de que la mano salga del agua, justo en el momento en que el codo lo hace. En este momento la mano se relaja (deja de sentir presión en la palma), de manera que trata de ofrecer la menor resistencia posible. Si el nadador intentara aplicar fuerza en esta fase, ésta para lo único que serviría es para empujar agua hacia arriba (salpicar), produciendo una reacción en el cuerpo de hundimiento. El nadador para evitarlo además de relajar los músculos que flexionan la muñeca, gira la palma de la mano (realizando una supinación), de tal manera que la palma se dirige al muslo (Counsilman, 1977), con lo que se reduce notablemente la resistencia de forma de la misma mano. En esta posición es el dedo meñique el primero que sale del agua.

Al salir el codo del agua, éste comienza a flexionarse y elevarse. Debe tenerse en cuenta que el hombro por efecto de la rotación longitudinal del tronco, ya salió del agua al final de la fase anterior, facilitando este hecho todo el recobro, ya que durante toda la fase el hombro se mantendrá fuera del agua. Los músculos del hombro son realmente los motores de esta fase, desplazarán el brazo y antebrazo hacia delante. El brazo se traslada hacia delante describiendo un arco en un plano próximo al vertical, y el antebrazo se desplaza de una forma relajada adelante, pero con movimiento similar al del péndulo, siendo el centro de giro el codo y la mano el extremo inferior del mismo. Por tanto los arcos descritos por los dos movimientos tienen distintos centros de giro (hombro y codo) y distinto sentido de giro.

En la primera mitad del recobro, el brazo se mueve por delante del antebrazo, en la zona media brazo y antebrazo se mueven casi paralelamente, y en la fase final el antebrazo se adelanta al brazo, preparándose para la entrada en el agua. Para ello el codo se mantiene por encima del antebrazo y mano, y la mano rota hacia fuera (realiza una pronación).

De cualquier manera debe recordarse que el recobro es una fase sólo preparatoria y no propulsiva con lo que la actividad muscular y energía utilizados para su realización deben de ser mínimos.

Se puede observar una ligera asimetría entre los brazos, en esta fase, debido a la realización de la respiración lateral. Normalmente el brazo del lado por el que se respira recobra más alto que el del brazo contrario. La rotación de los hombros sobre el eje longitudinal aumenta para permitir la inspiración sin un excesivo giro del cuello. Aunque Costill y col. (1991) recomiendan la mejora en la frecuencia de ciclo por medio del incremento de la velocidad de desplazamiento de la mano durante la fase propulsiva, estudios realizados por Jahng (1987) demuestran que cuando un nadador aumenta su frecuencia las fases propulsivas mantienen su duración constante, disminuyendo el tiempo de las fases de recobro, entrada y extensión.

4.2.1.6. Coordinación entre extremidades superiores

La máxima eficiencia al desplazarse a través del agua se obtiene por medio de una uniformidad propulsiva óptima junto con una adecuada posición hidrodinámica del cuerpo. La coordinación de los movimientos de las extremidades superiores entre sí, sincronizada con la rotación longitudinal del tronco, posibilita la citada eficiencia. Un brazo debe entrar en el agua en el momento que el otro se encuentra en la mitad de su movimiento hacia dentro (Costill y col.,1992). ¿Qué se consigue coordinando estas dos acciones? Los hombros parten de una posición horizontal. Antes que la mano correspondiente comience su movimiento hacia arriba, el hombro del mismo lado se levanta (rota el tronco en ese sentido), de manera que mientras que el brazo que entró en el agua se desplaza hacia delante, el otro realiza el movimiento hacia arriba. Esto permite que la fuerza aplicada por el brazo en este momento sea muy eficaz, ya que el brazo propulsor aplica una gran fuerza en una dirección adecuada, y el brazo que entró en el agua se desplaza hacia delante generando sustentación, lo que sirve de "apoyo" para que el cuerpo mantenga una posición elevada en el agua y por tanto de menor resistencia.

En la figura 4.2. se puede observar la manera de cuantificar el ángulo que forman los dos brazos cuando uno de ellos ha finalizado la entrada. Este ángulo es variable en función de las características de la técnica del nadador. Por ejemplo, los nadadores de pruebas de velocidad tienden a un ángulo entre brazos menor de 90° y los nadadores de pruebas de fondo tienden a valores mayores de 90° . La media de nadadores obtiene valores próximos a 90° , independientemente de la especialidad. Daly (1984) en su tesis doctoral analizó un numeroso grupo de nadadoras de nivel internacional, relacionando el ángulo citado anteriormente con la coordinación entre las extremidades superiores e inferiores y obtuvo los siguientes resultados: 1) coordinación de dos tiempos ($117^\circ \pm 11^\circ$); 2) seis tiempos ($106^\circ \pm 14^\circ$); 3) combinada (4 tiempos) ($87^\circ \pm 10^\circ$).

Las diferencias observadas anteriormente, por el hecho de que por uno de los lados el nadador gira la cabeza para respirar, también se pueden producir en el ángulo que forman los dos brazos. Cuando el brazo del lado de la respiración está finalizando su movimiento hacia arriba, el ángulo obtenido es más abierto que cuando lo realiza el brazo del lado por el que no se respira.

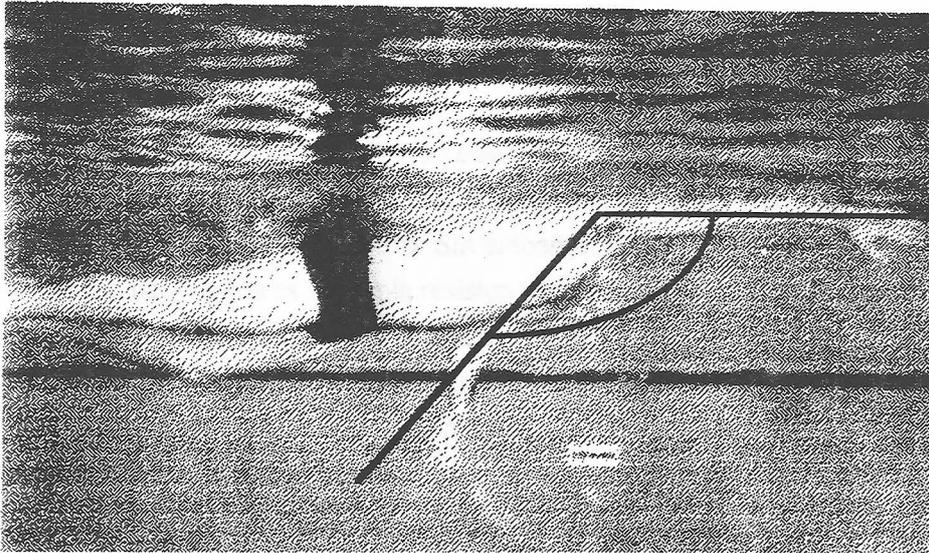


Figura 4.2.: Angulo formado por las extremidades superiores, que ayuda a definir la sincronización existente entre los brazos.

4.2.2. Descripción de los movimientos de las extremidades inferiores.

El movimiento realizado por las extremidades inferiores cuando se nada estilo crol se denomina batido y es una sucesión alternada de desplazamientos diagonales de los pies. Aunque la rotación de las caderas produce algunos desplazamientos laterales de los pies, los principales movimientos son hacia abajo y hacia arriba. Esto diferencia dos fases en el movimiento: descendente y ascendente. Dichas fases suceden simultáneamente en las dos extremidades inferiores, cuando una baja la otra sube y viceversa, como se puede ver en la figura 4.3. El movimiento fue denominado por Counsilman (1968) batido aleteado ("the flutter kick").

4.2.2.1. Fase descendente

El movimiento comienza con un descenso del muslo (anteversión) a la vez que se flexiona la rodilla. En este movimiento los músculos ejecutan esta anteversión (principalmente el músculo psoas ilíaco) de una forma activa. Sin embargo, la flexión de la rodilla se realiza sin apenas acción muscular, ya que es la propia resistencia del agua en pierna y pie la que flexiona la rodilla al estar los músculos extensores relajados. La rodilla alcanza la máxima profundidad y el pie todavía se encuentra cerca de la superficie del agua. En este momento, se produce una extensión violenta de la rodilla (gracias a la contracción del músculo cuádriceps), haciendo que descendan pierna y pie, mantenido este en flexión plantar y supinado. El movimiento visto de forma global se parece a un latigazo, una pequeña oscilación a nivel de la cadera produce un amplio y rápido recorrido en el extremo distal de la extremidad inferior (el pie).

Un alto grado de flexibilidad en la articulación del tobillo propicia una mejor posición del pie en flexión plantar, lo que proporcionará un mejor ángulo de ataque que producirá una propulsión mejor orientada. La amplitud de este movimiento descendente depende del tamaño de las extremidades inferiores y oscila entre 0,50 y 0,80 m (Costill y col., 1991).

4.2.2.2 Fase ascendente

La extremidad inferior se encuentra extendida a la máxima profundidad. A partir de este momento comienza a ascender por medio de una retroversión del muslo, lo que produce una elevación de toda la pierna. La pierna se mantiene extendida por la propia resistencia del agua. El pie debe relajarse de manera que al subir, la resistencia del agua lo coloca en una posición óptima para este movimiento. Aunque no existen mediciones precisas de este hecho parece ser que el movimiento descendente es menos propulsivo que el ascendente. La extremidad inferior sube extendida hasta que el talón sobrepasa la superficie del agua. Por acción de la flexión de rodilla inicial en la fase descendente, la planta del pie aflora sobre la superficie del agua.

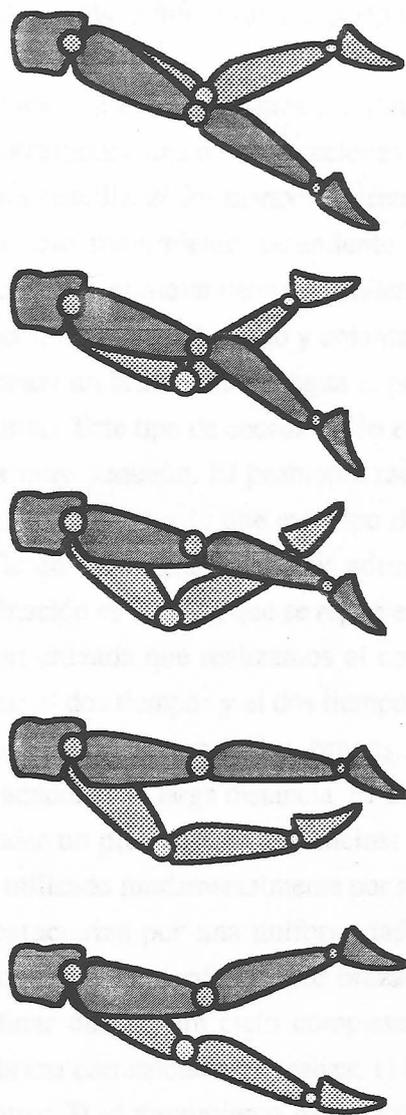


Figura 4.3.: Acción propulsiva del batido de crol durante su ejecución aislada.

4.2.3. Coordinación entre los miembros inferiores y superiores, y la coordinación respiratoria.

Es el estilo de competición que más variantes coordinativas tiene. A cada acción de las extremidades superiores le corresponde una o varias acciones de las extremidades inferiores.

En la coordinación más sencilla: *el dos tiempos*; mientras el brazo realiza un ciclo, el pie del mismo lado realiza un solo movimiento ascendente y descendente. El movimiento descendente de un pie coincide con el movimiento ascendente propulsivo final del brazo del mismo lado (ver figura 4.4, columna dos, fila cinco y columna tres, línea dos). Si observamos la coordinación cruzada, cuando un brazo sale del agua el pie contrario también lo hace (ver figura 4.4, fila segunda y quinta). Este tipo de coordinación es muy económica ya que el gasto energético de las piernas es muy pequeño. El problema radica en que no todos los sujetos tienen el mismo nivel de flotabilidad, por lo que este tipo de coordinación es recomendable sólo para nadadores que floten fácilmente. Es muy adecuada para las pruebas de larga distancia. Este tipo de coordinación es la única que se repite en los modelos técnicos siguientes y es similar a la coordinación cruzada que realizamos al caminar sobre suelo firme. El dos tiempos tiene dos variaciones: el dos tiempos y el dos tiempos cruzado. En el primero los pies se mueven arriba y abajo coordinados con los brazos. Este tipo de coordinación es mayormente usada por las nadadoras de larga distancia. El dos tiempos cruzado se caracteriza por que el nadador al ascender un pie se cruza por encima del otro, compensando posibles desalineaciones laterales. Es utilizado fundamentalmente por nadadores de larga distancia.

El *seis tiempos* se caracteriza por una uniformidad propulsiva muy alta debido al número tan elevado de ciclos de batido realizado por brazada. En la figura 4.4 se observan todos los aspectos a coordinar durante un ciclo completo. Cuando una pierna realiza el movimiento descendente el brazo correspondiente realiza: 1) la entrada en el agua y extensión; 2) el movimiento hacia dentro; 3) el movimiento hacia arriba y salida del agua. Se utiliza fundamentalmente por nadadores de pruebas cortas o velocistas.

El *cuatro tiempos* es una coordinación intermedia entre las dos anteriores. Hemos observado cómo nadadores cuando se desplazan sin respirar nadan ejecutando el seis tiempos y cuando respiran realizan sólo el cuatro tiempos. En este caso el nadador sólo coordina dos momentos de su acción de brazos con el movimiento descendente del pie correspondiente: 1) la entrada en el agua y extensión; 2) el movimiento hacia arriba y salida del agua. Costill y col. (1992) citan otra posible variación del cuatro tiempos observando cómo existen nadadores que realizan tres tiempos con una pierna y un tiempo con la otra, siendo ésta última la del lado de la respiración.

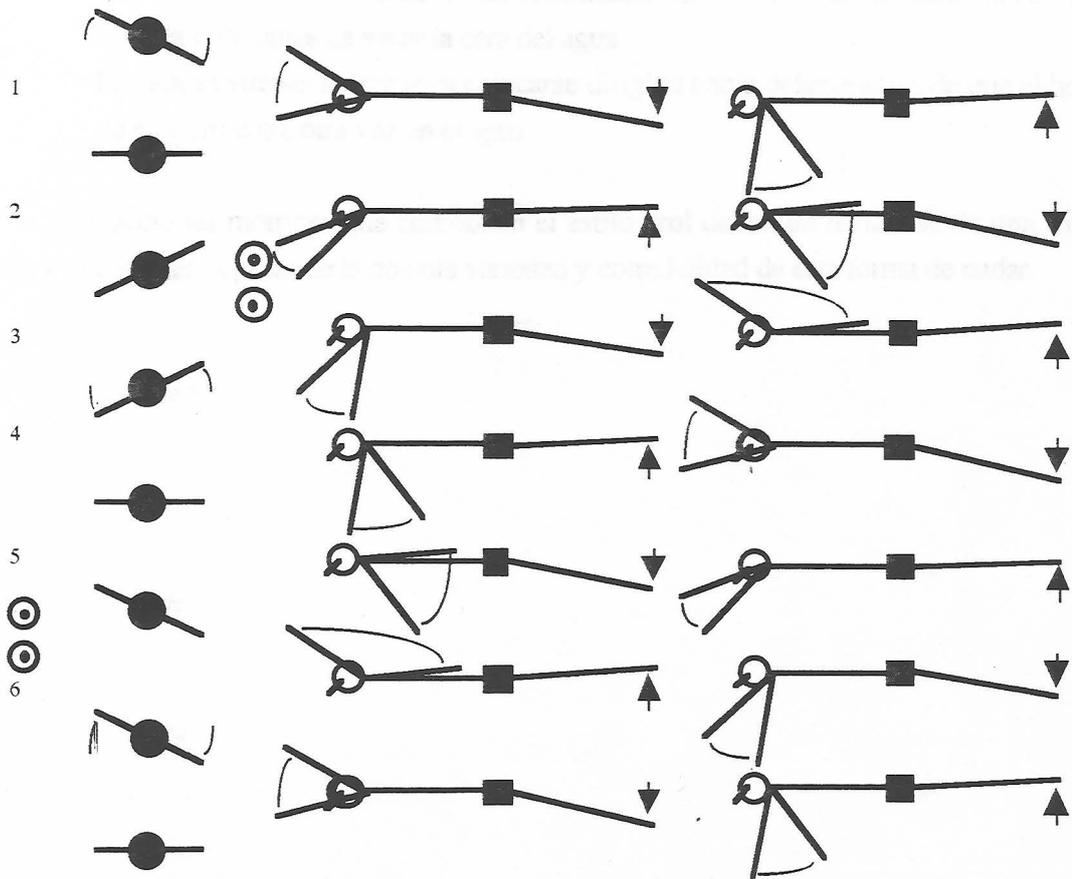


Figura 4.4.: Diagrama de coordinación entre brazos y piernas en un ciclo del estilo crol. La primera columna representa la rotación de los hombros, junto con los momentos en que se realiza la inspiración (representados por círculos). La segunda columna representa la posición relativa del brazo y pierna derecha. La tercera columna representa la posición relativa del brazo y pierna izquierda.

La acción respiratoria se coordina de la siguiente manera:

- La cabeza comienza el giro para sacar la boca del agua cuando el brazo contrario al de la respiración entra en el agua.
- La inspiración se produce en los primeros instantes del recobro.
- La espiración se realiza de forma continuada durante el resto del ciclo siendo más intensa justo antes de sacar la cara del agua.
- La cabeza vuelve a girar para colocarse dirigida hacia delante antes de que el brazo de recobro entre otra vez en el agua.

Las acciones motrices que componen el estilo crol deben de realizarse de una forma fluida y económica, a pesar de la posible variedad y complejidad de esta forma de nadar.

CAPITULO V
METODOS

CAPITULO V METODO

El realizar una tesis como la que aquí nos ocupa suele necesitar de la utilización de dos procesos diferenciados: Uno es el aprendizaje del uso, modificación y en algún caso la construcción de aparatos que permitan medir las variables a estudiar. Por otro lado, la realización de los experimentos que permitan llegar a verificar las hipótesis planteadas.

En nuestro caso las técnicas utilizadas tienen que ver con el registro computarizado de señales fisiológicas, procedimiento utilizado en psicología y medicina; la digitalización de trayectorias, utilizado en biomecánica; la medición de variables antropométricas básicas siguiendo la metodología de la cineantropometría y la evaluación de la ejecución utilizando medios de registro basados en la observación utilizados con frecuencia en educación física.

Estos procedimientos han sido utilizados todos o algunos de ellos en los tres experimentos cuyo método se va a explicar en este capítulo. Dichos experimentos, cuya denominación de primero, segundo o tercero se refiere exclusivamente a la cronología de la realización, se diferencian fundamentalmente en tres aspectos:

- 1) El número de sujetos y sus características. El primero se realizó con sólo cuatro ex-nadadores. El segundo y el tercero con más de veinte nadadores en período de entrenamiento.
- 2) Las medidas. En el primer caso sólo hubo una medición, en los demás se realizaron diferentes mediciones al finalizar los períodos de entrenamiento.
- 3) Comparaciones entre grupos de distinta edad y experiencia en natación. Se realizó durante el tercer experimento.

A continuación pasamos a describir el método con sus dos grandes subapartados: aparatos y diseño.

5.1. Aparatos:

En este apartado se describen todos los aparatos y sistemas utilizados en cada uno de los experimentos realizados. Cada una de las variables estudiadas se ha medido utilizando un procedimiento que dependía de los medios de que disponíamos en los laboratorios del Instituto Nacional de Educación Física de Granada. En algunos casos la misma variable se midió en diferentes experimentos, modificando en parte el sistema, como ha ocurrido con la fuerza propulsiva en velocidad cero. Los aparatos cuyas marcas se especifican están sujetos a patentes y marcas registradas que no enumeramos ya que en la mayor parte de los casos no se citan explícitamente en las instrucciones. En el caso de los programas comerciales utilizados se encuentra detalle de los mismos en la bibliografía de la presente tesis.

5.1.1. Registro de la Fuerza Propulsiva:

La utilización del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero es uno de los medios que nos permite aproximarnos a la valoración de la fuerza propulsiva. Como ya se ha explicado en anteriores capítulos, este método aunque no mide la fuerza en la situación real de nado, sí ha sido utilizado por diversos autores con el fin de medir esta cualidad en nadadores. En nuestro caso hemos utilizado, además de la metodología normalmente empleada, un sistema computarizado que nos ha permitido analizar los resultados con más facilidad, permitiendo que los datos sean conservados como ficheros, facilitándose tanto el análisis estadístico posterior, como la representación gráfica o simplemente el conocer de forma inmediata el resultado obtenido. En todos los casos el procedimiento utilizado ha sido: calibración y posterior registro de los nadadores. De esta manera aspectos como, la temperatura ambiental, humedad, las ganancias utilizadas por el amplificador o por la propia tarjeta convertidora, etc., que pueden modificar el valor de la señal por estar el dinamómetro compuesto por elementos muy sensibles, serán controlados en cada sesión experimental. Todos los aparatos hasta ahora mencionados serán descritos con detalle en los siguientes apartados.

5.1.1.1. Dinamómetro:

Para las medidas de fuerza propulsiva se utilizó un dinamómetro analógico fabricado por el Instituto Biomecánico de Valencia (transductor de sistema puente de cuatro galgas extensiométricas).

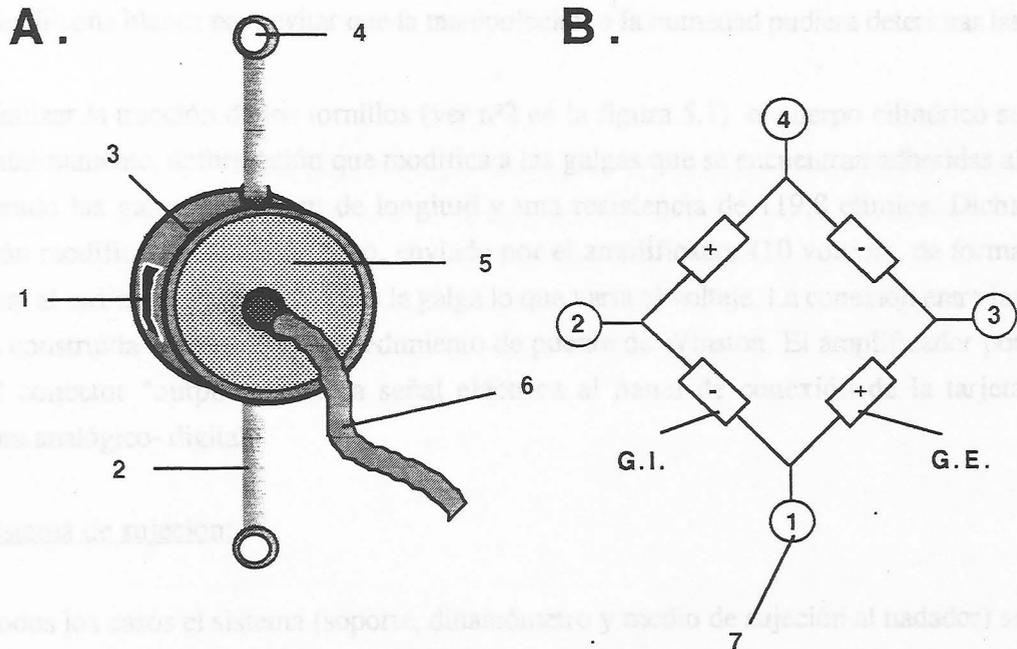


Figura 5.1.: A. Dinamómetro: 1) Galga extensiométrica; 2) tornillo de sujeción al cuerpo del dinamómetro; 3) cuerpo cilíndrico del dinamómetro; 4) anilla para sujetar el sistema con el nadador; 5) base con el conector y 6) cable de conexión con el amplificador. B. Esquema de conexiones en el sistema puente de cuatro galgas extensiométricas (G.I. galgas internas, G.E. galgas externas). 7) Conexiones del cable (entrada y salida del voltaje).

El aparato consta de un cilindro hueco, cuyas bases se cierran herméticamente por dos superficies circulares, estando todo él construido de acero inoxidable. En una de sus bases se encuentra el conector del cable, con cuatro tomas. En el cuerpo del cilindro se encuentran dos tornillos sujetos al mismo, alineados y en partes opuestas, de manera que podemos realizar una fuerza de tracción tirando de cada uno de ellos. En el mismo cuerpo, pero perpendicular a los tornillos, se encuentran cuatro galgas extensiométricas adheridas a la cara interna y externa del cuerpo cilíndrico. En su parte externa se encuentran cubiertas por una capa de silicona blanca para evitar que la manipulación o la humedad pudiera deteriorar las galgas.

Al realizar la tracción de los tornillos (ver nº2 en la figura 5.1) el cuerpo cilíndrico se deforma mínimamente, deformación que modifica a las galgas que se encuentran adheridas al mismo, siendo las galgas de 5 mm de longitud y una resistencia de 119,8 ohmios. Dicha deformación modifica el voltaje de paso, enviado por el amplificador (10 voltios), de forma proporcional al estiramiento producido en la galga lo que varía el voltaje. La conexión entre las galgas fue construida siguiendo el procedimiento de puente de Winston. El amplificador por medio del conector "output" envía la señal eléctrica al panel de conexión de la tarjeta convertidora analógico- digital.

5.1.1.2. Sistema de sujeción:

En todos los casos el sistema (soporte, dinamómetro y medio de sujeción al nadador) se sujetó a una de las agarraderas de salida de espalda que se encuentra en los poyetes de la piscina del Instituto Nacional de Educación Física de Granada, éstos se encuentran firmemente sujetos al suelo que rodea el vaso (ver figura 5.2).

En cada uno de los experimentos el sistema de sujeción entre dinamómetro y nadador fue diferente:

Experimento 1: Se conectó por medio de un cable de acero trenzado de 0,003 m. de diámetro y una longitud de 8,295 m.

Experimento 2: Se sujetó por medio de una barra hueca y rígida de hierro, con un diámetro de 0,015 m y una longitud de 2,91 m, forrada con plástico.

Experimento 3: Una goma elástica de 4 m de longitud, hueca y con un diámetro de 0,02 m, deformándose hasta llegar a 15 m en algunos de los registros.

El utilizar entre el sistema de registro y el nadador diferentes formas de sujeción se debió a que las señales que se registraban eran de diferentes características. En el primero y segundo la señal obtenida permitió representar una gráfica que en función de la modalidad técnica

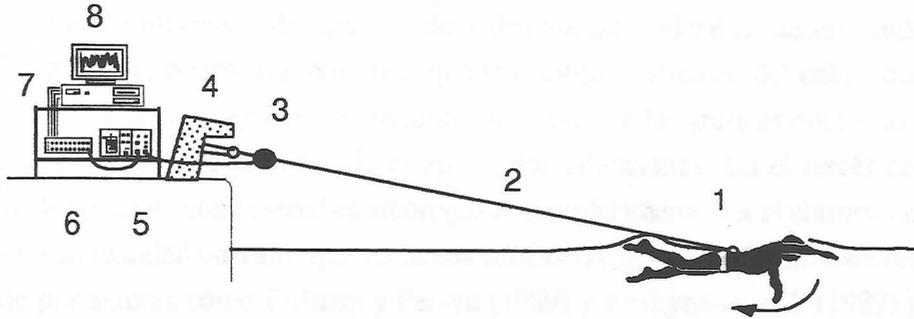


Figura 5.2.: Sistema utilizado para el registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero. 1. El nadador y el cinturón con mosquetón para sujetarse al sistema. 2. Cable, barra o elástico utilizado para sujetarse al sistema. 3. Dinamómetro analógico sujeto a la agarradera de salidas de espalda. 4. Poyete de salida de piedra artificial. 5. Amplificador y polígrafo. 6. Panel de Conexión. 7. Computador con interface convertidor analógico digital. 8. Pantalla del ordenador donde se observaba la gráfica obtenida por el nadador.

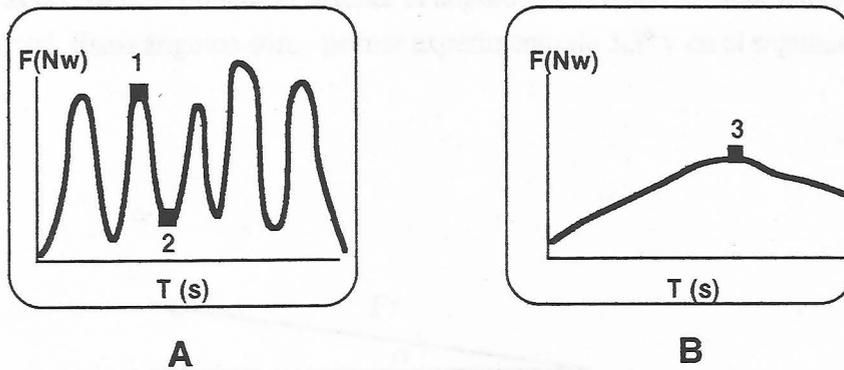


Figura 5.3.: Diferencias entre los registros obtenidos utilizando el procedimiento de sujeción no elástico (A) y el sistema de sujeción elástico (B). En el primer caso es posible obtener el máximo de fuerza y la media de fuerza utilizada por brazada. En el segundo se obtiene el máximo de fuerza media en un período de tiempo, así como la fuerza media parcial durante el esfuerzo.

utilizada solía representar una curva de características sinusoidales. El cable fue sustituido por una barra en el segundo experimento, por creer que la posible elasticidad del cable, pudiera enmascarar algunos valores del registro. Posteriormente a tenor de las gráficas obtenidas en el segundo caso, observamos que eran similares en las dos situaciones. En el tercer caso la situación es muy diferente ya que la señal es amortiguada completamente por el elástico que los sujeta, obteniendo en realidad un valor que podemos considerar la fuerza media. Este método ha sido utilizado por autores como Colman y Persyn (1989) y Keskyneen y col. (1989) y nos permite conocer durante un tiempo de esfuerzo aplicando fuerza en el agua a velocidad cero el valor máximo de la fuerza media (ver figura 5.3).

La altura entre el soporte del dinamómetro en la agarradera de salidas y la superficie del agua varió entre el primer experimento y los demás, en el primer caso fue de 0.517 m y en el segundo fue de 0.470 m.

Al existir la altura antedicha entre la superficie del agua y sistema de sujeción, necesaria para conseguir que los pies del nadador no choquen con el sistema, será necesario obtener la componente horizontal de la fuerza aplicada.

Por el teorema de Pitágoras, y conociendo la hipotenusa (sistema de sujeción) y uno de los catetos (altura desde el agua), podemos conocer la distancia entre lugar de sujeción y cinturón en el nadador, en la horizontal. Al ser un triángulo rectángulo y conociendo la hipotenusa y los dos catetos podemos obtener el ángulo que forman la hipotenusa y el cateto mayor u horizontal. Estos ángulos son: primer experimento de $3,5^\circ$ y en el segundo de $9,3^\circ$.

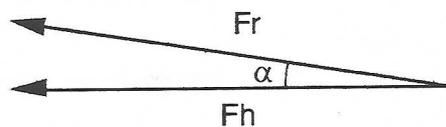


Figura 5.4.: Dirección de la fuerza registrada por el sistema, fuerza de registro (F_r) y fuerza horizontal (F_h) obtenida conociendo el ángulo formado entre dichas fuerzas (α).

Para conocer el valor de la fuerza se multiplicará la fuerza por el coseno del ángulo α que forman el cateto mayor (Fh) y la hipotenusa (Fr), siendo el coseno para el primer experimento de 0.998 y en el segundo de 0.986.

En el tercer experimento estos ángulos varían continuamente, al ser un elástico el medio de soporte, estando, por término medio, los nadadores a mayor distancia que la del primer experimento. Al ser el coseno en ese caso muy próximo a uno y ante la imposibilidad de conocer esta distancia con la suficiente exactitud, cada instante del experimento, se decidió dejar el resultado de fuerza obtenido sin corregirlo, sabiendo que existirá una muy pequeña variación en los resultados (la de multiplicar el resultado por un número entre 1 y 0,998), siendo la diferencia menor cuanto mayor es la fuerza aplicada por el nadador.

5.1.1.3. Amplificador:

Las variaciones en voltaje del dinamómetro son registradas por un amplificador Leticia ISO - 505 para transductores. En los ensayos previos se utilizó solamente el amplificador junto con un polígrafo de la misma marca. En el amplificador se ajustaron los controles de ganancia (ganancia y factor de ganancia), polaridad y no utilizándose ningún filtro.

5.1.1.4. Computador y tarjeta convertidora de señales analógicas a digitales:

Por medio de una interface convertidora A-D (12 bit) con reloj interno de alta frecuencia marca Data-Translation modelo DT-2801-A, se pudieron leer las variaciones de voltaje amplificadas en un computador Olivetti M-24 (compatible MS-DOS) o un computador portátil Toshiba T1600 (también compatible) equipado con una caja externa de conectores para tarjetas. La tarjeta tiene una resolución de 12 bits con lo cual el rango que pueden alcanzar los datos del registro oscilará entre cero y 4095 en valores digitales.

5.1.1.5. Programas utilizados en el registro:

Se utilizó el software de control de registro denominado Asysant a altas velocidades de muestreo. Los resultados eran representados gráficamente de forma inmediata y archivados en soporte magnético (diskettes) con el fin de luego procesar los datos con programas estadísticos y programas en BASIC realizados al efecto.

El programa Asysant, por medio de una serie de menús, permite seleccionar la frecuencia, duración del registro, número de canales a utilizar, ganancia del programa y si los datos se registrarán magnéticamente en diskette de forma automática, pidiendo el nombre del archivo donde se guardarán. Se utilizó la opción de alta velocidad, la cual sólo permite ver

el resultado en forma gráfica y su grabación, una vez finalizado el tiempo de registro, lo cual no fue problema ya que la duración de los esfuerzos no era mayor de 10 s en el primer experimento o hasta 30 s en el segundo. Por medio de ciertas funciones gráficas se pudieron comprobar los datos, o bien cambiar las escalas de las gráficas de forma automática.

5.1.1.6. Calibración:

Previamente al registro experimental, se calibró el dinamómetro con las siguientes cargas: 0 kg, 0,5 kg, 10,5 kg, 20,5 kg, 30,5 kg. A estos valores les correspondieron unos valores digitales, gracias a los cuales y por medio del cálculo de la ecuación de la recta más próxima a esos puntos, utilizando programas estadísticos o gráficos, se obtuvo la ecuación de calibración de cada uno de los experimentos, siendo un ejemplo la que aparece en la figura 5.5.

Las calibraciones se efectuaron momentos antes de empezar los registros en el recinto de la piscina y con los aparatos colocados en el mismo lugar, de manera que la temperatura ambiente, humedad, fuentes de corriente, etc. fueran similares a las del experimento (ver tabla 5.1).

5.1.1.7. Programas informáticos:

Los datos una vez registrados durante el primer experimento eran transformados de valores digitales a valores de fuerza gracias a la ecuación obtenida en la calibración y corrigiendo estos datos según la inclinación del sistema de sujeción. Por medio de una opción de calculadora del programa Asystant, se multiplicaron todos los datos de los registros por esta cantidad con lo cual se transformaron los datos en valores de la componente horizontal de la fuerza. Una vez efectuados los cálculos los archivos se transformaron en archivos ASCII, de manera que pudieran ser leídos por otros programas estadísticos u otros desarrollados en BASIC para conseguir las gráficas.

Dado que el programa utilizado de registro era demasiado general para el segundo y tercer experimento se desarrollaron programas en BASIC para permitir que el proceso fuera más específico y automático, con lo que se pudieron realizar los registros en un menor período de tiempo y con un mayor número de sujetos por jornada experimental. Dado que el BASIC normalmente utilizado en los ordenadores personales GWBASIC no tiene instrucciones para el control de tarjetas convertidoras, fue necesario utilizar unas rutinas en lenguaje de máquina para este tipo de control cuyo nombre comercial es PC-LAB y que se instalan en el sistema operativo del computador antes de comenzar los experimentos, permitiendo al GWBASIC controlar la tarjeta convertidora.

$$Y = 225,443746 + 66,110472(X) \quad R = 1,00$$

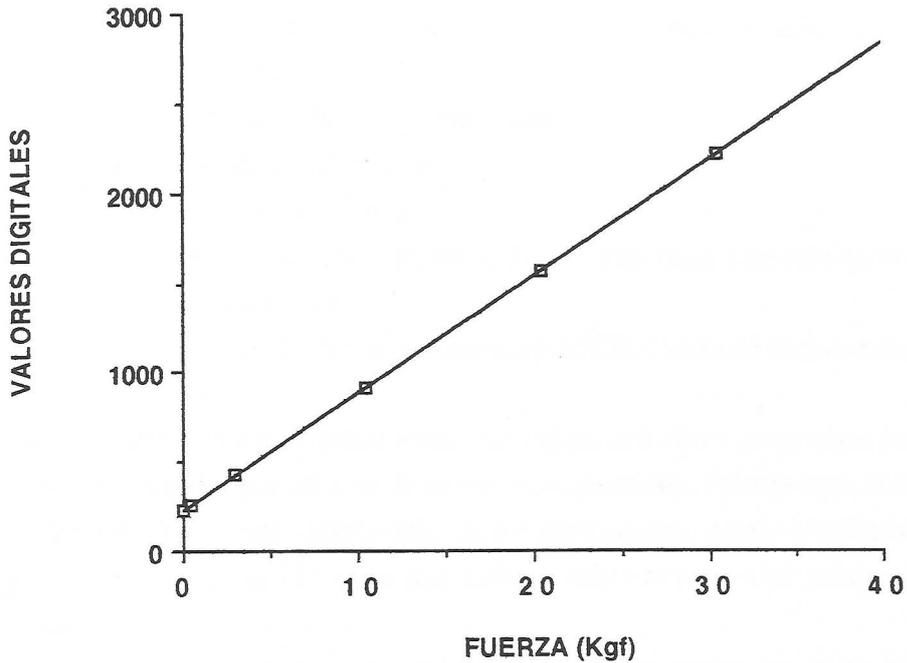


Figura 5.5.: Recta de calibración con su correspondiente ecuación obtenida en el primer experimento. Para los demás experimentos se obtuvieron rectas similares.

TABLA 5.1.
ECUACIONES DE CALIBRACION DE LOS DIFERENTES EXPERIMENTOS

	Ecuación	Unidades
Experimento I	$Y = 66,11 (X) + 225,44$ **	kgf
Experimento II - Registro1	$Y = 0,15 (X) - 84,92$	N
Experimento II - Registro 2	$Y = 0,15 (X) - 84,59$	N
Experimento II - Registro 3	$Y = 1,22 (X) - 2283,85$ **	N
Experimento III - Registro1	$Y = 0,15 (X) - 103,51$	N
Experimento III - Registro2	$Y = 0,15 (X) - 92,94$	N
Experimento III - Registro 3	$Y = 0,15 (X) - 91,91$	N

Nota: Las ecuaciones marcadas con ** tienen valores muy diferentes debido a que se obtuvieron los registros utilizando el programa Asystant, que tiene sus propios valores de ganancia, el resto se realizó por medio de programas en BASIC.

De forma general los programas utilizados, que se fueron mejorando de experimento en experimento, tenían la siguiente estructura:

1. Entrada de datos del experimento: frecuencia, duración del registro, datos generales.
2. Entrada de datos de cada sujeto.
3. Comienzo del registro.
4. Gráfica del registro.
5. Obtención del máximo y las medias cada segundo (sólo en el tercer experimento).
6. Archivo del fichero en formato ASCII o texto en el diskette o disco duro.

Una vez obtenidos los ficheros hubo que desarrollar otros programas para el análisis gráfico y obtención de los parámetros de interés para el estudio. En este caso la mayor parte se realizó utilizando Microsoft QuickBasic en un computador Apple Macintosh SE/30 con pantalla externa en color de 13", cuya plataforma gráfica es muy adecuada para este tipo de representaciones.

Con estos programas se obtuvieron las gráficas en las que se comparan los registros de cada sujeto a lo largo de los períodos de entrenamiento, calculando las medias generales así como las medias por intervalo de tiempo o por ciclo. Dichas gráficas serán utilizadas en el capítulo de resultados de la presente tesis pudiéndose observar todas ellas en el anexo adjunto.

5.1.2. Análisis de las trayectorias propulsivas:

Como ya se vió en el capítulo tercero en el que se describió la técnica del estilo crol, las trayectorias propulsivas se definen por desplazamientos tridimensionales de la mano (principal elemento propulsor) en el agua. Es sólo en el segundo experimento donde esta variable se estudia analizando la proyección de la trayectoria en el plano sagital, donde pueden observarse tanto los desplazamientos de la mano hacia delante y atrás junto con los movimientos hacia arriba y abajo. La curva de desplazamiento de la mano tiene una forma característica para el estilo crol en este plano y es muy similar a la que se puede ver en la figura 5.10 (pág. 115).

5.1.2.1. Sistema de filmación subacuático

Para analizar el desplazamiento de la mano en el plano sagital, desarrollamos inicialmente un sistema de filmación adaptado al tipo de análisis que queríamos realizar así como a las

características de la instalación donde se realizaron los experimentos, la piscina cubierta del Instituto Nacional de Educación Física de Granada.

Características de la piscina:

- Vaso de 6 calles.
- Longitud: 25 m
- Anchura de 12,5 m.
- La profundidad varía de 1,10 m a 2,6 m. El nivel del agua está separado del borde del vaso por una altura de 0,3 m
- En los laterales del vaso existe un rebosadero a lo largo de toda la longitud.

En la figura 5.6 se describe gráficamente el sistema utilizado que constaba de los siguientes aparatos:

- Cámara de vídeo sistema PAL, marca SONY, modelo V88, con cinta de 8 mm, objetivo de 46 mm, obturador de 1/50 a 1/4000 utilizándose en las filmaciones un tiempo de obturación 1/250, suficiente para las velocidades de desplazamiento de las manos de un nadador, en la mayor parte de los casos y limitado por la pérdida de luz que ocurre al filmar bajo el agua.
- Carcasa para la filmación subacuática, donde se colocó la cámara en posición vertical por medio de un sistema de sujeción desarrollado al efecto. En la parte inferior de la carcasa se colocó un espejo con 45° de inclinación que permitía observar el interior del vaso bajo el agua. La carcasa se construyó especialmente para el experimento en PVC gris en los laterales, pared posterior e inferior y en PVC transparente en su pared frontal. Se sumergía lo suficiente como para que el fondo estuviera completamente bajo el agua de manera que la imagen obtenida fuera subacuática en su totalidad.
- El soporte lo constituían dos piezas, una para sujetar el sistema al borde del vaso por medio de unos tornillos que lo mantenían firmemente después de haber sido nivelado adecuadamente. Esta pieza además tenía un pivote vertical sobre el que giraba todo el sistema. La segunda pieza móvil constaba de una parte vertical donde se sujetaron los tornillos de soporte de la carcasa y otra horizontal que rota sobre un tubo hueco vertical que se colocaba en el tubo vertical del soporte fijo. Esto permitía al sistema girar libremente cuando el filmador aplicaba fuerza sobre el extremo libre del tubo horizontal. Todo el sistema se realizó con tubos de sección cuadrado (40x40mm) de hierro cromado.

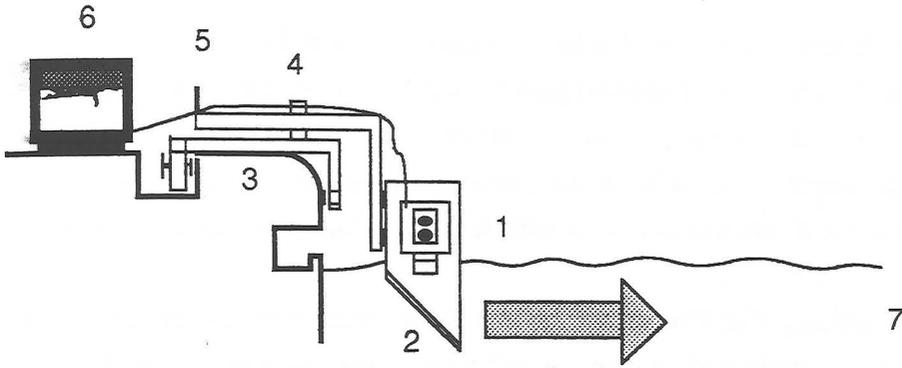


Figura 5.6. Componentes del sistema de filmación subacuática. 1) Cámara de vídeo. 2) Espejo colocado a 45°. 3) Soporte del sistema en el borde del vaso. 4) Eje de giro del sistema. 5) Asidera para mover la cámara durante la filmación siguiendo el desplazamiento del nadador. 6) Monitor para observar el centrado del nadador en espacio de filmación y para seguirlo en su desplazamiento. 7) Zona por donde se desplazaba el nadador.

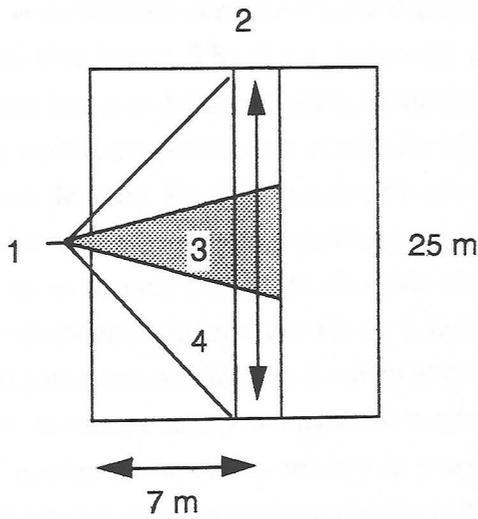


Figura 5.7.: Diagrama de la piscina donde se realizaron las filmaciones subacuáticas.

- Monitor SONY P14 de catorce pulgadas color Trinitron con toma directa frontal de vídeo externo, que permitió seguir el desplazamiento del nadador durante todo el recorrido y comprobar si las condiciones de luz, foco, velocidad de obturación, etc. eran las adecuadas para las filmaciones, ya que al estar la cámara bajo el agua era imposible observar al nadador por el objetivo de que dispone la cámara.

El sujeto realizaba 50 m nadando estilo crol por la calle nº4 de la piscina, saliendo desde el agua y estando solo en el vaso. Antes de las filmaciones que se realizaron por la mañana, se mantuvo toda la noche anterior funcionando continuamente el sistema de depuración y filtrado de manera que la transparencia del agua fuera la mayor posible.

En la figura 5.7 se puede observar la calle por donde se desplazaba el nadador, estando el centro de la calle a 7 metros de la pared lateral de la piscina donde se colocó el sistema de filmación. Dicho sistema (1) estaba en la mitad del borde lateral (12,5 m del frontal) y desde él se podía conseguir que el nadador tuviera casi el tamaño del fotograma de manera que fuera lo más grande posible pudiéndolo observar así con más detalle. Esto ocurría cuando el nadador se desplazaba por el sector más perpendicular a la cámara, el sector (3), que luego era utilizado para la digitalización. Como el "zoom" estaba fijo al mínimo, el nadador al salirse de este sector y pasar al 4 perdía la perpendicularidad y cada vez era más pequeño, con lo que la situación no era la óptima para digitalizar. (La escala se modificaba).

La calle por donde se desplazaba el nadador tenía a ambos lados dos líneas separadoras en la superficie del agua (ver figura 5.8). En el lado más alejado de la cámara la línea separadora era una corchera anti olas de las utilizadas habitualmente en competición con cable de acero, que evitaba que las olas producidas por el nadador al desplazarse se propagasen con facilidad en toda la lámina de agua. En el lado más próximo se colocó una cable de acero también en la superficie del agua en el que se sujetaron unas placas de metacrilato blanco de 100x100 mm cada metro en un número de 9 partiendo desde el dentro de la piscina, de manera que cuando el nadador se desplazaba por el sector (3) de la figura 5.7 eran claramente visibles en todo el recorrido. En la pared opuesta del vaso y a un metro de profundidad y justo enfrente del punto de colocación de la cámara se colocó una señal que permitía saber cuándo la cámara estaba filmando en el fotograma medio del recorrido o lo que es lo mismo, justo el momento en que la cámara se encontraba perfectamente perpendicular al nadador.

Las referencias cada metro servían para conocer en qué lugar de la piscina se encontraba el nadador en cada momento, junto con la posición de la superficie del agua y la referencia de la pared lateral enfrente de la cámara servía para conocer el ángulo que formaba la cámara con la dirección de desplazamiento del nadador.

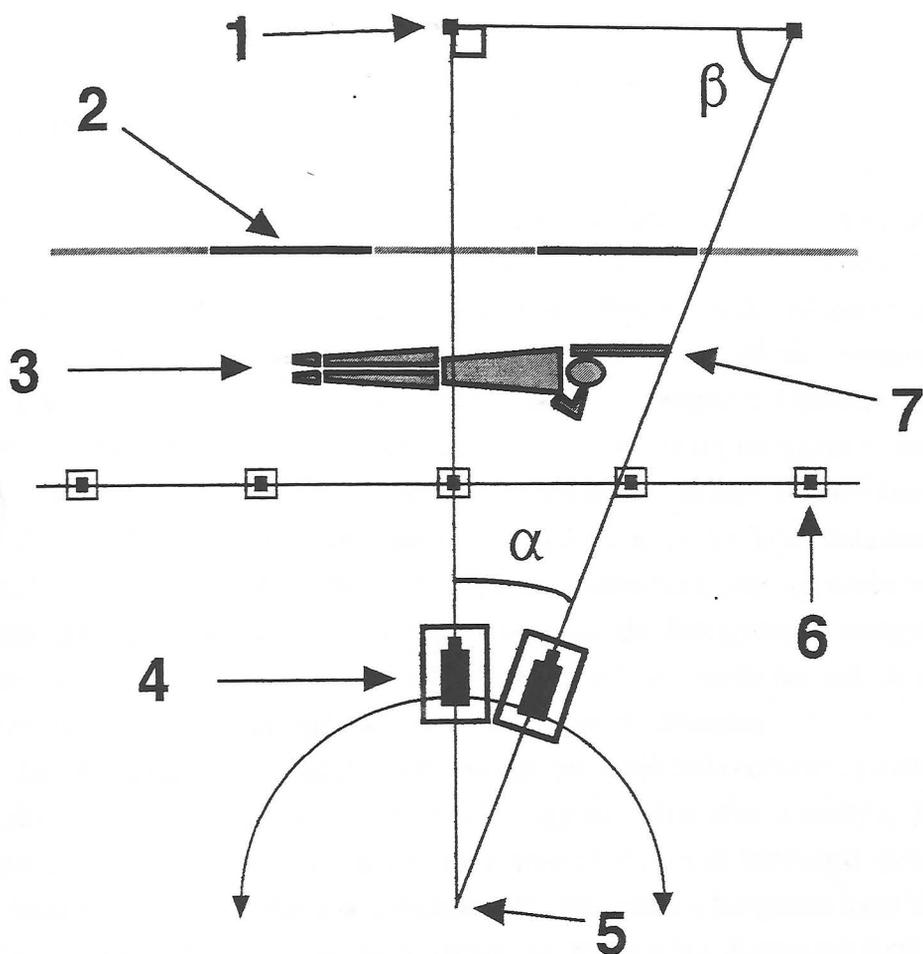


Figura 5.8. Vista superior del desplazamiento del nadador durante las filmaciones. 1) Punto de referencia del centro del vaso; 2) corchera; 3) dirección de desplazamiento del nadador; 4) carcasa y cámara con capacidad para rotar sobre el eje (5); 5) centro de giro del sistema; 6) sistema de referencia; 7) punto digitalizado de la trayectoria; α y β) ángulos utilizados para realizar las correcciones debidas a la rotación de la cámara.

Previamente a la filmación de los nadadores se registraba en vídeo un objeto de dimensiones conocidas en la misma dirección y distancia de desplazamiento. Esto permitía hacer el cálculo de la escala así como comprobar si las ecuaciones utilizadas para corregir la variación en las trayectorias debidas al desplazamiento de la cámara en rotación fueron correctamente elegidas.

5.1.2.2. Digitalización de las trayectorias.

Una vez filmados los nadadores se procedió a la digitalización de las trayectorias de los elementos propulsivos de sus brazos. Para ello fue necesario proyectar las imágenes registradas en un monitor SONY P14, colocando sobre él un digitalizador sónico S.A.C. GP7, que conectado a la puerta de comunicaciones asíncronas de un computador Toshiba 1600 portátil nos permitía que a partir de un punto de la pantalla del monitor señalado por el estilete del digitalizador, fueran conocidas sus coordenadas en ese plano y recogidas por el programa desarrollado en GWBASIC para el control de toda la digitalización (ver figura 5.9).

El paso de fotograma a fotograma se realizaba por medio de un magnetoscopio 8mm marca SONY modelo EV-S850PS. El sistema de vídeo utilizado registraba un total de 25 fotogramas por segundo, el controlador de paso de fotograma a fotograma de este magnetoscopio permitía parar en cada fotograma con la suficiente calidad de imagen como para realizar la digitalización del punto seleccionado en el fotograma.

El punto a digitalizar elegido fue el extremo distal del dedo corazón de cada mano, punto elegido por otros autores (Schleihauf, Higgins, Hinrichs, Luedtke, Maglischo y Thayer,1988). Se comenzó a digitalizar la trayectoria en el momento que ese dedo se introducía en el agua y continuaba la digitalización fotograma a fotograma hasta el momento en que la mano del nadador salía del agua o hasta que la mano se colocaba por detrás de la cadera en el brazo más alejado de la cámara.

Se elegían los ciclos más centrados de cada brazo durante el primer largo de nado de los 50 m. En cada fotograma se digitalizaba dicho punto, el punto central de la piscina y un punto de la referencia del cable horizontal colocado entre el nadador y la cámara. Las trayectorias obtenidas son similares a la que se observa en la figura 5.10. Una vez digitalizadas las trayectorias se obtenían los valores de las siguientes variables que según Reischle (1979) tienen relación con la eficacia propulsiva:

- Distancia entre el punto de entrada de la mano y el punto más adelantado de la tracción. Esta medida está relacionada con la variación técnica utilizada al nadar el estilo crol. En el crol de dos tiempos esta distancia tiende a ser más corta que en el crol de 6 tiempos.

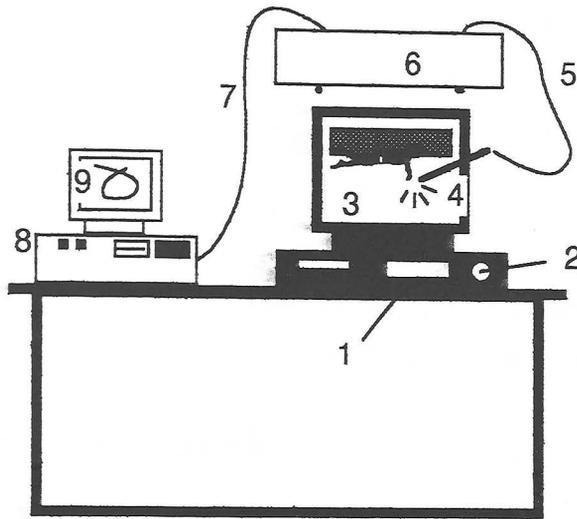


Figura 5.9.: Sistema de digitalización de la trayectoria subacuática de la mano del nadador. 1) Magnetoscopio con parada de imagen fotograma a fotograma; 2) controlador del paso de fotograma; 3) pantalla del monitor de vídeo; 4) estilete del digitalizador; 5) cable de conexión al digitalizador; 6) digitalizador; 7) conexión a la puerta RS-232 del computador; 8) ordenador personal; 9) imagen de la trayectoria digitalizada.

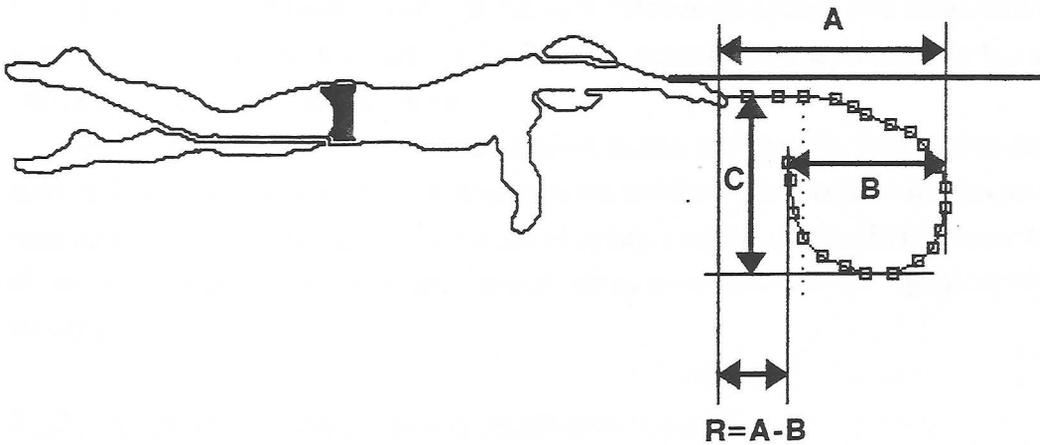


Figura 5.10.: Ejemplo de trayectoria digitalizada en el plano de proyección sagital una vez corregidos la escala y la rotación de la cámara. Las variables analizadas son: A. distancia entre el punto de entrada de la mano y el punto más adelantado que alcanza en la trayectoria. B. Distancia entre el punto más adelantado de la mano y el punto más atrasado. C. Distancia entre la altura en la entrada y la máxima profundidad. R. Diferencia entre las dos distancias anteriores.

- Distancia entre el punto más adelantado y atrasado de la mano en la trayectoria. La diferencia obtenida horizontalmente deberá ser la menor posible si queremos obtener una trayectoria que aplique los principios explicados en el capítulo segundo.
- Diferencia entre las dos distancias. De esta manera se relacionan los aspectos relativos a una variante técnica con aspectos relativos a la trayectoria propulsiva.

La obtención de los valores anteriores para cada brazo se realizó con un programa en lenguaje BASIC que buscaba el fotograma con mayor valor horizontal, el fotograma con el menor valor horizontal y obtenía la diferencia entre ellos y el punto de entrada. Como dato adicional se obtuvo también la profundidad máxima de la trayectoria.

5.1.3. Evaluación de la Flexibilidad.

La flexibilidad es considerada una de las cualidades físicas fundamentales (Bompa, 1983) que entra a formar parte de los objetivos a desarrollar en la mayor parte de los deportes de competición. La flexibilidad es una cualidad física que permite la realización de movimientos mono o pluriarticulares con la máxima amplitud, teniendo en cuenta todos los grados de libertad. Está limitada entre otros factores por las características estructurales de los huesos que forman la articulación concreta, el tejido cartilaginoso, volumen de los músculos que rodean a la articulación, elasticidad de los músculos, tendones, cápsula articular y ligamentos que forman la articulación, etc. (Borms, 1984). En el caso concreto de la natación Persyn, Hoeven y Daly (1979) por medio de procedimientos correlacionales encontraron relaciones entre los valores obtenidos en diversos test de flexibilidad, ciertos aspectos técnicos de los estilos en natación y el resultado en competición.

En el presente estudio se seleccionaron cuatro pruebas de flexibilidad (dos de la articulación del tobillo y dos de la articulación del hombro) que fueron evaluadas junto con el resto de variables. En este caso debido a que el trabajo realizado de flexibilidad durante el ciclo de entrenamiento fue sólo de mantenimiento no se esperaron cambios significativos en esta variable.

5.1.3.1. Articulaciones seleccionadas y su valoración angular

Realizamos una grabación en vídeo de cada sujeto realizando los cuatro ejercicios propuestos debiendo llevar siempre el movimiento hasta el máximo grado de amplitud posible de forma activa. Posteriormente en la pantalla son tomados los datos utilizando el mismo digitalizador sónico que se utilizó en la digitalización de trayectorias subacuáticas. Los sujetos se colocaron sentados o tendidos en el suelo, permaneciendo la cámara también en el suelo fija durante toda la filmación.

Referencias en la medición: tenemos tres elementos a controlar para la correcta medición articular, estos son: centro de giro, eje fijo y eje móvil. Vemos cada uno de ellos en los cuatro casos que nos ocupan:

- Flexión plantar del tobillo (o extensión tibiotarsiana)

- Posición del sujeto: el sujeto sentado en el suelo con las piernas unidas y extendidas, el evaluador sujeta las rodillas para evitar su flexión.
- Centro de giro: maleolo peroneo externo.
- Eje fijo: eje longitudinal del peroné.
- Eje móvil: línea recta cuyos extremos son el maleolo peroneo externo y un punto medio del extremo distal del quinto metatarsiano.
- Medida: el ángulo formado entre el eje fijo y el eje móvil. Valores angulares mayores suponen una mejor disposición de esta articulación para las acciones propulsivas de las extremidades inferiores en el estilo crol, espalda y mariposa.

- Flexión dorsal del tobillo: (o flexión del tobillo)

- Posición del sujeto: sentado en el suelo con las piernas unidas y extendidas.
- Centro de giro: maleolo peroneo externo.
- Eje fijo: eje longitudinal del peroné.
- Eje móvil: línea recta cuyos extremos son el maleolo peroneo externo y un punto medio del extremo distal del quinto metatarsiano.
- Medida: el ángulo formado entre el eje fijo y el eje móvil. Valores angulares menores suponen una mejor disposición de esta articulación para las acciones propulsivas de las extremidades inferiores en el estilo braza.

- Flexión de la articulación del hombro:

- Posición del sujeto: tendido en el suelo en decúbito prono lateralmente a la cámara y con la frente junto al suelo, sujeta por el evaluador. Sujetando un cilindro de madera de 2 cm de diámetro y 20 cm de largo, con ambas manos para evitar que se separen.
- Centro de giro: cabeza del húmero.
- Eje fijo: línea horizontal trazada desde el centro de giro.
- Eje móvil: eje longitudinal del húmero.

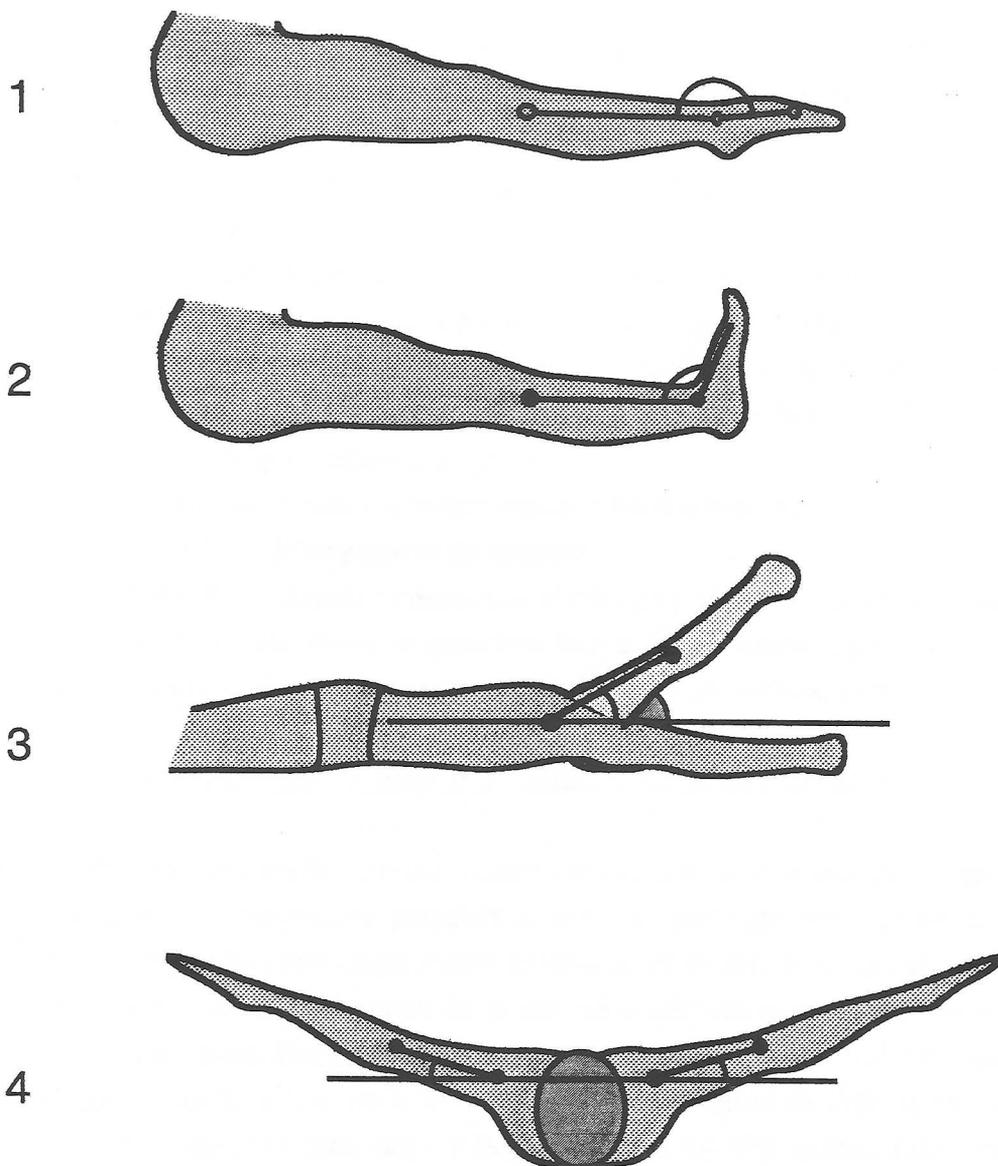


Figura 5.11.: Angulos medidos en las pruebas realizadas para la valoración de la flexibilidad en articulaciones especialmente utilizadas por los nadadores de competición. 1) Flexión plantar del tobillo; 2) flexión dorsal del tobillo; 3) flexión del hombro; 4) abducción lateral (horizontal) del hombro.

- Medida: el ángulo formado por el eje fijo y el eje móvil. Mayores valores ángulos predisponen al sujeto a una mejor posición en la parte inicial de las acciones propulsivas en todos los estilos.
- Abducción lateral (horizontal) de la articulación del hombro: (retropulsión más aducción posterior).
 - Posición del sujeto: tendido en el suelo en decúbito prono frontalmente a la cámara y con la frente junto al suelo sujeta por el evaluador. Brazos en cruz, que se elevan simultáneamente, manteniendo la posición de brazos en cruz. No se permitió la rotación interna o externa del brazo.
 - Centro de giro: cabeza del húmero.
 - Eje fijo: línea recta cuyos extremos son los dos hombros.
 - Eje móvil: eje longitudinal del húmero.
 - Medida: el ángulo formado por el eje fijo y el eje móvil. Cuanto mayor valor tenga, mejor disposición habrá para realizar ciertas acciones propulsivas y de recobro de las tracciones de los distintos estilos.

5.1.4. Análisis cuantitativo de la técnica o análisis de la competición:

Con el fin de contrastar los dos procedimientos anteriores de control técnico, el registro de fuerza y el análisis de las trayectorias propulsivas, se realizó junto con ellos otro tercer test donde se siguió un procedimiento ampliamente extendido en el ámbito de la natación de competición que es el análisis cuantitativo de la técnica o también llamado análisis de la competición. Con este procedimiento se analizó un recorrido de 50 m crol del que se obtuvieron el tiempo total, la frecuencia de ciclo media, la longitud de ciclo media y la velocidad media de nado para cada largo y la media entre los dos largos. También se obtuvieron el tiempo de salida, el tiempo de vuelta y el de llegada pero no se tuvieron en cuenta en este estudio.

5.1.4.1. Procedimientos de filmación.

Por medio de una cámara de vídeo 8 mm con velocidad de obturación 1/250, se registró cada uno de los intentos de 50 m realizados por el nadador. La cámara se encontraba situada sobre un trípode en la mitad del borde lateral de la piscina, siguiendo la trayectoria del nadador durante los dos largos en la calle opuesta más alejada de la cámara. Tanto en el borde de la calle de nado como en la corchera existían marcas para señalar las diversos tramos intermedios, en las distancias siguientes:

- Salida: Desde el borde de salida hasta 10 m.
- Vuelta: Desde 7.5 m antes de tocar la pared hasta 7.5 m de separación.
- Llegada: desde 10 m antes de tocar la pared hasta el contacto con ella.

La referencia que se tomó fue el paso de cabeza por las señales a excepción de la llegada en la que el nadador tocaba con la mano la pared.

Para que el momento de salida fuera registrado correctamente en el vídeo, la señal se realizó por medio del golpeo de una plancha de poliuretano coloreado en el poyete de salida contiguo, para que independientemente de la señal sonora, pudiera observarse perfectamente el momento de la salida (impacto de la plancha en el poyete).

Durante el nado sin el efecto de la salida o la vuelta (desde 10 a 17,5 m y desde 32,5 a 40 m) se cronometró el tiempo necesario para realizar tres ciclos completos de crol, así como la velocidad media en ese tramo. Con estos datos se puede obtener la longitud de ciclo.

5.1.4.2. Programas informáticos utilizados.

Una vez realizada la filmación y observándola en un monitor de vídeo en tiempo real se introdujeron los datos en el ordenador de la siguiente manera: por medio de un programa realizado al efecto en cada momento que el nadador cruzaba con su cabeza una de la señales, o introducía su mano en el agua para empezar un ciclo, se pulsaba una tecla en el ordenador, de manera que el programa recogía del cronómetro interno del ordenador un tiempo que era almacenado en una variable.

El tiempo de salida se obtiene directamente del tiempo 1.

El tiempo de vuelta se obtiene de la diferencia entre el tiempo 6 y el tiempo 4

El tiempo de nado se obtiene de la diferencia entre el tiempo 4 y el tiempo 1 en el primer largo y el tiempo 9 y el tiempo 6 en el segundo. La velocidad media se obtiene dividiendo la distancia recorrida (7.5 m) por los tiempos obtenidos.

El tiempo de tres ciclos se obtiene de restar tiempo 2 al tiempo 3 en el primer largo y el tiempo 7 al 8 en el segundo. La frecuencia en Hz se obtiene dividiendo estos ciclos por el número de ciclos que es tres.

La longitud por ciclo se obtiene dividiendo cada velocidad por su frecuencia correspondiente con lo que se obtiene la longitud para cada largo.

A modo de ejemplo se presenta la tabla 5.3 con los resultados que se obtenían a partir del programa una vez realizada la entrada de datos.

Los datos utilizados finalmente fueron las medias entre los dos recorridos de la prueba de 50 m en las variables tiempo total, velocidad media, frecuencia de ciclo y longitud de ciclo.

TABLA 5.2
SECUENCIA COMPLETA DE PULSACIONES Y TIEMPOS
ALMACENADOS POR EL ORDENADOR

pulsación 1	señal de salida	tiempo 0
pulsación 2	cruza la línea de 10 m	tiempo 1
pulsación 3	introduce una mano en el agua	tiempo 2
pulsación 4	introduce la mano en el agua para finalizar el tercer ciclo	tiempo 3
pulsación 5	cruza la marca de 17.5 para comenzar la vuelta	tiempo 4
pulsación 6	toca con los pies la pared	tiempo 5
pulsación 7	cruza la marca de 32.5 para finalizar la vuelta	tiempo 6
pulsación 8	introduce una mano en el agua	tiempo 7
pulsación 9	introduce su mano en el agua para finalizar el tercer ciclo	tiempo 8
pulsación 10	cruza la señal de 40 m	tiempo 9
pulsación 11	toca la pared con la mano	tiempo 10

TABLA 5.3
EJEMPLO DE IMPRESION OBTENIDA AL EJECUTAR
EL PROGRAMA DE ANALISIS DE LA COMPETICION

SUJETO		T FINAL		0.27.08	
50 M CROL		T 25		0.13.95	
MASCULINO		T 25		0.13.95	
TIEMPO DE SALIDA (10 m)		4.40		TIEMPO FINAL (10 m)	
				0.05.88	
				VELOCIDAD FINAL	
				1.70m/s	
DIST. PARC.	VELOC. NADO	FREC. CICLO	TIEMPO CICLO	LONG. CICLO	T.VUELTA (15 m)
m	m/s	Hz	s	m	s
25	1.87	0.847	1.179	2.20	8.559
50	1.77	0.790	1.265	2.24	
MEDIAS	1.82	0.818	1.222	2.22	

5.2. Experimento 1:

5.2.1. Sujetos:

Los sujetos experimentales han sido cuatro nadadores, dos hombres y dos mujeres, tres de ellos de nivel de campeonatos regionales y una de las chicas con nivel nacional (sujeto 4). En la tabla nº 5.4 se encuentran reflejadas algunas características básicas de los sujetos experimentales. Los tres primeros sujetos fueron estudiantes de Educación Física y ninguno de los cuatro se encontraba durante las fechas de realización de las pruebas (tercer fin de semana de junio de 1988) en período de entrenamiento. La elección para la realización del experimento se debió fundamentalmente en el caso de los alumnos de INEF en su interés por conocer los procedimientos aplicados. La cuarta nadadora fue seleccionada por tener un buen nivel técnico. El primer y cuarto sujeto realizaron unas cortas prácticas por separado cuando se efectuaron las primeras pruebas para asegurarse del funcionamiento de los aparatos. Todos los sujetos realizaron una práctica completa el día anterior al del experimento, para conocer las diversas variaciones técnicas y adaptarse a la situación experimental, con el fin de que su ejecución no se viera modificada en exceso por el hecho de realizar la natación en velocidad cero. Se efectuaron más variaciones y estilos de los luego realizados en el día experimental con el fin de que el nadador no llevara una predisposición previa sobre alguno de los ejercicios utilizados.

TABLA 5.4
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUJETOS
DEL PRIMER EXPERIMENTO

Sujeto	Sexo	Edad (años,meses)	Peso (Kg)	Talla (m)	Envergadura (m)
1	F	22,2	53	1,59	1,63
2	M	23,4	82	1,82	1,89
3	M	23,4	64	1,69	1,72
4	F	18,6	63	1,73	1,70

5.2.2. Diseño y Procedimiento:

Todos los registros se realizaron en una sesión matinal a partir de las 11 horas. Previamente a las pruebas realizaron un calentamiento en seco de diez minutos y de otros diez en el agua. Los sujetos realizaron dos tipos de pruebas:

- a) toma de datos en natación a velocidad máxima;
- b) registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero.

Durante las primeras realizaron dos recorridos de 15 m. lanzados en los cuales debían de nadar a velocidad máxima en estilo crol. A una distancia de 5 m de la pared y a 20 m de la misma, dos postes servían como sistema de referencia para el cronometraje. Los nadadores realizaban un recorrido cada uno en el orden establecido previamente, de manera que no nadaban por segunda vez hasta que todos los sujetos efectuaban su test. Esto aseguraba más de cuatro minutos de descanso, que según Fox (1979) es el tiempo mínimo necesario para una recuperación completa entre esfuerzos anaeróbicos alácticos, como es el de esta prueba que no dura más de 10 s . El nadador se impulsaba en la pared, de manera que al llegar al poste de 5 m ya estaba a velocidad máxima, cuando su cabeza rebasaba ese poste se accionaba el cronómetro. Durante el recorrido se cronometró igualmente la duración de cinco ciclos de brazada, cuando un brazo entraba en el agua se accionó el cronómetro y después se contó hasta la quinta entrada de la mano, donde se paraba el cronómetro. Al rebasar el segundo poste de 20 m se paró el cronómetro de forma total. Se utilizó un cronómetro digital marca SEIKO S111, el cual permite que todas las pulsaciones realizadas en el mismo, traducidas a unidades de tiempo por una impresora térmica unida al cronómetro. Por tanto de cada sujeto se obtuvo el tiempo en 15 m y el tiempo en 5 ciclos.(Ver capítulo de resultados).

Los datos obtenidos se promediaron entre las dos pruebas y con ellos se obtuvo la velocidad media en sprint (en metros/s) resultado de dividir la distancia de 15 m por el tiempo tardado, la frecuencia media (en Hz) obtenida al dividir los cinco ciclos por el tiempo en realizarlos y la longitud media de ciclo (en metros/ciclo) resultado de dividir la velocidad media por la frecuencia.

Durante los tests de registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero el nadador realizó dos intentos de cada una de las pruebas. Siendo realizados de dos maneras:

- 1) Pruebas de propulsión de brazada: El nadador realizaba cuatro brazadas a intensidad baja y diez brazadas aplicando la máxima fuerza propulsiva posible. Siempre empezando con el brazo izquierdo y realizando el test sin respirar para evitar la posible intervención del giro de la cabeza y tronco propio de la respiración

del crol. Para el análisis de los datos sólo se tomó la parte del registro correspondiente a las brazadas de alta intensidad. En este caso se realizó el registro a 300 muestras por segundo.

2) Pruebas de propulsión de las piernas: El nadador se mantiene durante 10 segundos realizando el ejercicio a máxima intensidad. El registro se realizó a 200 muestras por segundo.

Las variaciones técnicas utilizadas en los distintos registros fueron:

a) Crol Completo: El nadador realiza el estilo crol siguiendo la coordinación habitual en este estilo a excepción de que no realizaron los movimientos respiratorios.

b) Crol sólo Pies: El nadador agarrando una tabla para el entrenamiento del tren inferior realiza el movimiento propulsivo de los pies de crol. Mantenía la cabeza continuamente sobre el agua.

c) Crol sólo Pies con Aletas: La misma situación que el anterior test pero el nadador propulsaba con unas aletas en los pies marca Nemrod, modelo Balear.

d) Mariposa sólo Pies con Aletas: Situación idéntica a la anterior pero el movimiento propulsivo es simétrico, tal como se realiza en el estilo mariposa.

e) Crol sólo Brazos: Se realiza el movimiento de los brazos de crol tal como se describió en el apartado "a", pero las piernas sujetan un "*pull-buoy*"¹ entre los muslos de manera que gracias a su flotación las piernas se mantenían horizontales a pesar de no realizar movimientos.

f) Crol sólo Brazos con Palas: En la misma situación que el ejercicio "e", pero con unas palas de plástico en las manos, las cuales aumentan la superficie propulsiva.

g) Crol Completo con Aletas: Misma situación que en "a" pero con las aletas citadas anteriormente en el ejercicio "c".

h) Crol Punto Muerto: Se realiza la técnica completa del crol pero en coordinación diferente al crol completo, ya que cada brazada no empieza hasta que la anterior no ha realizado el movimiento completo.

La ejecución de estos ejercicios en natación estática se realizó sin modificar el orden establecido con el fin de asegurar la recuperación necesaria a los esfuerzos de alrededor de 10 s realizados en las pruebas de registro.

Las variaciones técnicas utilizadas fueron los niveles de la variable independiente. La comprobación de su "efecto" sobre los sujetos se cuantificó por medio de los valores

¹ Denominación anglosajona de un elemento de flotación comercializado que se coloca entre los muslos y que se utiliza para realizar ejercicios sólo con los brazos al desplazarse en el agua.

del crol. Para el análisis de los datos sólo se tomó la parte del registro correspondiente a las brazadas de alta intensidad. En este caso se realizó el registro a 300 muestras por segundo.

2) Pruebas de propulsión de las piernas : El nadador se mantiene durante 10 segundos realizando el ejercicio a máxima intensidad. El registro se realizó a 200 muestras por segundo.

Las variaciones técnicas utilizadas en los distintos registros fueron :

a) Crol Completo: El nadador realiza el estilo crol siguiendo la coordinación habitual en este estilo a excepción de que no realizaron los movimientos respiratorios.

b) Crol sólo Pies: El nadador agarrando una tabla para el entrenamiento del tren inferior realiza el movimiento propulsivo de los pies de crol. Mantenía la cabeza continuamente sobre el agua.

c) Crol sólo Pies con Aletas: La misma situación que el anterior test pero el nadador propulsaba con unas aletas en los pies marca Nemrod, modelo Balear.

d) Mariposa sólo Pies con Aletas: Situación idéntica a la anterior pero el movimiento propulsivo es simétrico, tal como se realiza en el estilo mariposa.

e) Crol sólo Brazos: Se realiza el movimiento de los brazos de crol tal como se describió en el apartado "a", pero las piernas sujetan un "*pull-buoy*"¹ entre los muslos de manera que gracias a su flotación las piernas se mantenían horizontales a pesar de no realizar movimientos.

f) Crol sólo Brazos con Palas: En la misma situación que el ejercicio "e", pero con unas palas de plástico en las manos, las cuales aumentan la superficie propulsiva.

g) Crol Completo con Aletas: Misma situación que en "a" pero con las aletas citadas anteriormente en el ejercicio "c".

h) Crol Punto Muerto: Se realiza la técnica completa del crol pero en coordinación diferente al crol completo, ya que cada brazada no empieza hasta que la anterior no ha realizado el movimiento completo.

La ejecución de estos ejercicios en natación estática se realizó sin modificar el orden establecido con el fin de asegurar la recuperación necesaria a los esfuerzos de alrededor de 10 s realizados en las pruebas de registro.

Las variaciones técnicas utilizadas fueron los niveles de la variable independiente. La comprobación de su "efecto" sobre los sujetos se cuantificó por medio de los valores

¹ Denominación anglosajona de un elemento de flotación comercializado que se coloca entre los muslos y que se utiliza para realizar ejercicios sólo con los brazos al desplazarse en el agua.

obtenidos de fuerza en los registros efectuados. Los datos obtenidos de las pruebas de natación libre se tomaron exclusivamente con el fin de observar si existía algún tipo de relación entre ellos y los distintos valores de fuerza registrados. Dentro de cada variación técnica se utilizaron como objeto de análisis una gran diversidad de datos directos y otros obtenidos a través de relaciones matemáticas entre los mismos. Su descripción completa se encuentra en el capítulo de resultados.

5.2.3. Tratamiento de Datos:

Tal como se explicó en el apartado 5.1.1.6 de este capítulo los datos de voltaje obtenidos en el registro eran transformados en newtons gracias a la ecuación obtenida en la calibración (ver tabla 5.1) pudiendo realizarse con estos datos gráficos de la fuerza aplicada en cada ciclo.

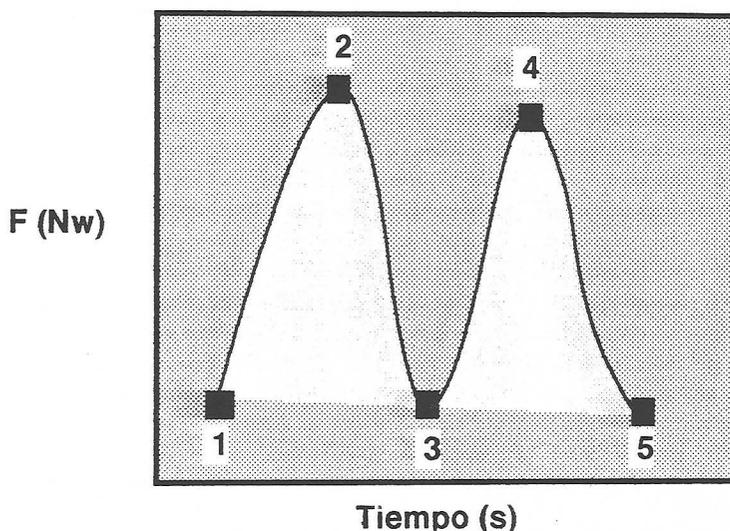


Figura 5.12.: Registro de fuerza propulsiva a velocidad cero durante dos tracciones estilo crol, señalándose los puntos utilizados para los diversos cálculos. 1,3 y 5 puntos mínimos de cada tracción que marcaron el comienzo y final del mismo. 2 y 4 puntos máximos de cada tracción. 1, 2 y 3 tracción con el brazo izquierdo. 3, 4 y 5 tracción con el brazo derecho.

Dentro de las curvas obtenidas para separar la tracción de cada brazo se tomó como referencia el punto de mínimo valor entre cada ciclo, siguiéndose este procedimiento tanto para calcular todos los mínimos de un mismo nadador como para separar las partes de las curvas significativas. Los valores máximos se obtuvieron localizando el punto de máximo valor de la curva de cada ciclo. El valor medio de cada ciclo se obtuvo obteniendo la media aritmética de los valores de fuerza en cada muestra desde un mínimo hasta el siguiente menos uno.

Este proceso nos permitió poder analizar las tracciones de cada brazo de una forma independiente. Un programa en BASIC obtenía los máximos y mínimos de cada ciclo, la media y desviación típica de cada ciclo. Las medias, desviación típicas y medianas de las muestras de los tiempos totales de registro, distribuciones de frecuencia, correlaciones y pruebas 't', fueron obtenidas por medio del programa Statgraf para PCs. Se comprobaron las correlaciones y pruebas 't' por medio del programa Systat en el computador Macintosh SE. El cálculo del ANOVA de medidas repetidas se realizó por medio del programa BMDP, subprograma P1V ("One-Way Analysis of Variance and Covariance").

5.3. Experimento 2:

5.3.1. Sujetos:

Los sujetos que participaron en el segundo experimento fueron nadadores en activo pertenecientes a diversos clubes de Granada capital que entrenaron en la temporada 89/90 en el centro de entrenamiento del INEF dependiente de la Federación Granadina de Natación.

Dichos nadadores en un total de 21 sujetos (12 de sexo masculino y 9 de sexo femenino) componen la totalidad de la población de nadadores de la capital granadina con nivel suficiente para participar como mínimo en los Campeonatos de Andalucía Absolutos o en los Juegos Deportivos de Andalucía (equivalente para nadadores infantiles).

Los datos básicos del grupo se pueden observar en la tabla 5.5. Dado que el grupo fue un grupo real de entrenamiento se plantearon problemas en el hecho de las asistencias a los entrenamientos, lo cual es una situación que se da en todos los grupos de entrenamiento "naturales". En este caso con el fin de fomentar la participación se utilizaron los medios habituales que utiliza un entrenador deportivo para aumentar la frecuencia de asistencias. A pesar de todo puede observarse que sobre un máximo de 71 sesiones de entrenamiento la media total de asistencias fue de 50,33 (*d.t.* = 12,33) lo cual representa un 70,8%, cantidad ésta que puede considerarse aceptable para este tipo de grupo donde no existieron motivaciones especiales (como premios, dinero, etc.), sólo la motivación de entrenar, que representa en la mayor parte de los casos, la manera de mejorar los resultados en competición. Así mismo, el llegar a 71 sesiones sólo fue posible para muy pocos nadadores (3 ó 4) ya que suponía que alguna de las semanas se entrenara mañana y tarde.

La asistencia a los tests fue otro problema, ya que aunque éstos se realizaron siempre en día no lectivo, por la mañana, hubo nadadores que o bien porque coincidió con períodos de exámenes, enfermedad o inasistencia prolongada sin un motivo especial, no realizaron todos los tests.

TABLA 5.5
EDAD DE LOS SUJETOS, MEDIAS DE ASISTENCIA
A LOS ENTRENAMIENTOS Y TEST REALIZADOS
DURANTE EL SEGUNDO EXPERIMENTO

Sujetos	Nº	Edad	Asistencias	Asist.	Asist.	Test	Test	Test	Test	Test	Test	Test
			Totales	2 Tests	3 Tests	1	2	3	1 y 2	2 y 3	1 y 3	1, 2 y 3
Masculino	12	14,58	48,83	42,83	54,8	10	10	10	8	8	8	6
		*(1,97)	(11,63)	(8,25)	(11,97)							
Femenino	9	15,33	52,33	48,20	57,50	7	8	7	5	6	6	4
		(1,58)	(13,64)	(11,58)	(15,92)							
Total	21	14,07	50,33	45,2	55,90	17	18	17	13	14	14	10
		(1,81)	(12,33)	(9,77)	(12,88)							

* Desviación Típica

Como se puede ver en la tabla 5.5 se han agrupado los nadadores una vez observadas las asistencias por diversos criterios. El sexo y las asistencias han sido las dos variables utilizadas. En el caso de las asistencias es necesario distinguir entre asistencias a los entrenamientos y las asistencias a los tests. Dado que el estudio se realizó en base a los resultados obtenidos en los tests, las asistencias a los entrenamientos además de agruparse por sexos y en el total, también fueron agrupadas por niveles de asistencia a los tests. En este caso se establecieron dos niveles: dos asistencias y tres asistencias (fueron tres las medidas repetidas realizadas). Los nadadores que sólo asistieron a un test han sido desestimados en este estudio independientemente de sus asistencias a los entrenamientos.

Dado que el grupo no fue seleccionado de ninguna manera especial y era igual a la población de nadadores existentes en Granada capital con un cierto nivel competitivo comprobamos si dentro del grupo hubo diferencias significativas en las variables asistencias y edad entre los dos subgrupos que podíamos formar. Tomando como factor de agrupamiento el sexo y el nivel de asistencias a los tests (siendo las posibilidades 2 ó 3 asistencias) se realizó el Análisis de Varianza sobre la variable edad y asistencias a los entrenamientos, estando los resultados reflejados en las tablas 5.6 y 5.7.

La edad, tal como se puede comprobar en la tabla 5.5, no es una variable en la que se encuentren diferencias entre los diversos grupos ni en su interacción ($p < 0,05$). Siendo la media general 14,9 años y la media de cada uno de los subgrupos 14.5, 14.7, 14.4 y 16.5 años.

El número asistencias a los entrenamientos durante el macrociclo se analiza en la tabla 5.6, observándose que entre sexos y en la interacción no hay diferencias ($p < 0,05$), sin embargo entre grupos de asistencias a tests la probabilidad es de 0,057 que es muy próxima a la establecida como significativa siendo la media de asistencias en el grupo de dos tests de 45,27 y en el de tres de 55,9. Esta diferencia, muy próxima a ser significativa, de 10 asistencias es muy lógica ya que los nadadores que asistieron a los tres tests lo hicieron porque en general tienen el hábito de asistir a los entrenamientos más desarrollado. En cualquier caso el no asistir a uno de los tests y el asistir menos a los entrenamientos parece que está relacionado.

TABLA 5.6
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE EDAD
CON EL SEXO Y LAS ASISTENCIAS A TESTS
COMO FACTORES DE AGRUPAMIENTO

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
sexo (A)	1	3,835	3,835	1,229	0,283
Asist.Tests(B)	1	6,559	6,559	2,102	0,165
AB	1	4,772	4,772	1,53	0,233
Error	17	53,033	3,12		

TABLA 5.7
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE ASISTENCIAS A
ENTRENAMIENTOS CON EL SEXO Y LAS ASISTENCIAS A TESTS
COMO FACTORES DE AGRUPAMIENTO

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
sexo (A)	1	82,384	82,384	0,595	0,451
Asist.Tests (B)	1	579,179	579,179	4,18	0,057
AB	1	9,306	9,306	0,067	0,799
Error	17	2355,467	138,557		

5.3.2. Diseño y Procedimiento:

El período de entrenamiento en que se realizó el estudio comenzó el 4 de septiembre de 1989 y finalizó el 22 y 23 de Diciembre con la celebración de los Campeonatos de Andalucía Absolutos. Este período constituyó lo que se denomina un Macro ciclo de entrenamiento (Bompa, 1983), ya que en él se integraron los aspectos relacionados con el período preparatorio (general y especial) y el período competitivo (denominaciones utilizadas por Ozolín, 1972 y Matveev, 1968). Los entrenamientos fueron diarios en este período existiendo competiciones de preparación en más de un 50% de los fines de semana.

Los tests fueron realizados en días festivos o vacacionales por la mañana a partir de las 10 horas realizándose un calentamiento previo a las distintas pruebas. Las fechas fueron las siguientes:

- 14 de septiembre (jueves)
- 28 de octubre (sábado)
- 6 de diciembre (miércoles)

Dichas fechas correspondían a momentos determinados del plan de entrenamiento. En cada día de tests se siguió siempre el mismo procedimiento:

- Calentamiento en seco
- Filmación de las pruebas de flexibilidad
- Calentamiento en el agua
- Filmación subacuática de 50 m estilo crol
- Test de fuerza propulsiva a velocidad cero estilo crol
 - 10 ciclos realizados a máxima intensidad
 - 30 segundos realizados a máxima intensidad
- Test de 50 m al 100% filmado externamente

Los nadadores fueron asignados aleatoriamente a dos grupos con la variable sexo balanceada en cada grupo. La recuperación entre cada prueba era de un mínimo de 10 minutos. Mientras un grupo realizaba las pruebas de medida de fuerza en el agua el otro grupo realizaba el test de 50 m al 100%. Dentro de la prueba de fuerza en el agua se subdividió aleatoriamente el grupo en otros dos de manera que unos realizaban la prueba de 10 ciclos la primera y otros la realizaban la segunda.

El hecho de ser un grupo de nadadores pequeño y que su rendimiento en competición no podía ser afectado por el experimento, supuso el no poder hacer nada más que un grupo, con

lo que todos los sujetos recibieron el mismo entrenamiento, salvando las diferencias existentes por el nivel de asistencias a los entrenamientos.

El diseño experimental fue de medidas repetidas a todos los sujetos o diseño intragrupo. En general se tomó el sexo como factor de agrupamiento.

La variable independiente fue en este experimento el entrenamiento y lo que quisimos valorar fue su efecto en las variables cuantificadoras de parámetros técnicos (variables dependientes descritas al principio del capítulo). Los niveles de esta variable fueron los dos mesociclos (1 y 2) de entrenamiento de marcada diferencia en su contenido como se puede apreciar en la figura 5.13. El primero es un mesociclo preparatorio general y el segundo es un mesociclo preparatorio especial. Además de las diferencias de volumen entre ellos, la preparación física en seco que se realizó tres veces por semana durante todo el macrociclo fue general en el primero y centrada en el desarrollo de la fuerza máxima en el segundo.

El test nº1 sirvió como test inicial. Sin embargo es necesario considerar que debido al largo período de competiciones del verano, la situación de los nadadores en este momento no era de un verdadero nivel inicial, ya que durante los campeonatos provinciales de verano realizados al día siguiente del test la mayor parte de los nadadores estuvieron muy próximos a sus mejores registros en las diversas pruebas en que participaron.

El test nº 2 se realizó después del primer mesociclo de entrenamiento en el que las cargas aumentan paulatinamente y existe un trabajo de desarrollo técnico.

El test nº 3 se realizó una semana después de comenzar el mesociclo de competición, durante esa semana se redujo el volumen de entrenamiento para conseguir un nivel más alto en la competición realizada el primer fin de semana de diciembre (campeonatos provinciales de invierno, microciclo 12 en la figura 5.13). En esta competición la mayor parte de los nadadores mejoraron sus marcas o bien estuvieron muy cerca de su mejor rendimiento. Justo dos días después de este campeonato se realizó el último test.

Las variables dependientes medidas en cada test utilizando los procedimientos explicados al principio del capítulo fueron:

Medida de la flexibilidad:

- Flexión plantar del tobillo
- Flexión dorsal del tobillo
- Flexión de hombros
- Abducción lateral de hombros (brazo derecho y brazo izquierdo)

Fuerza propulsiva a velocidad cero

- Fuerza media en 10 ciclos
- Fuerza media de los máximos en 10 ciclos
- Fuerza media en 30 segundos

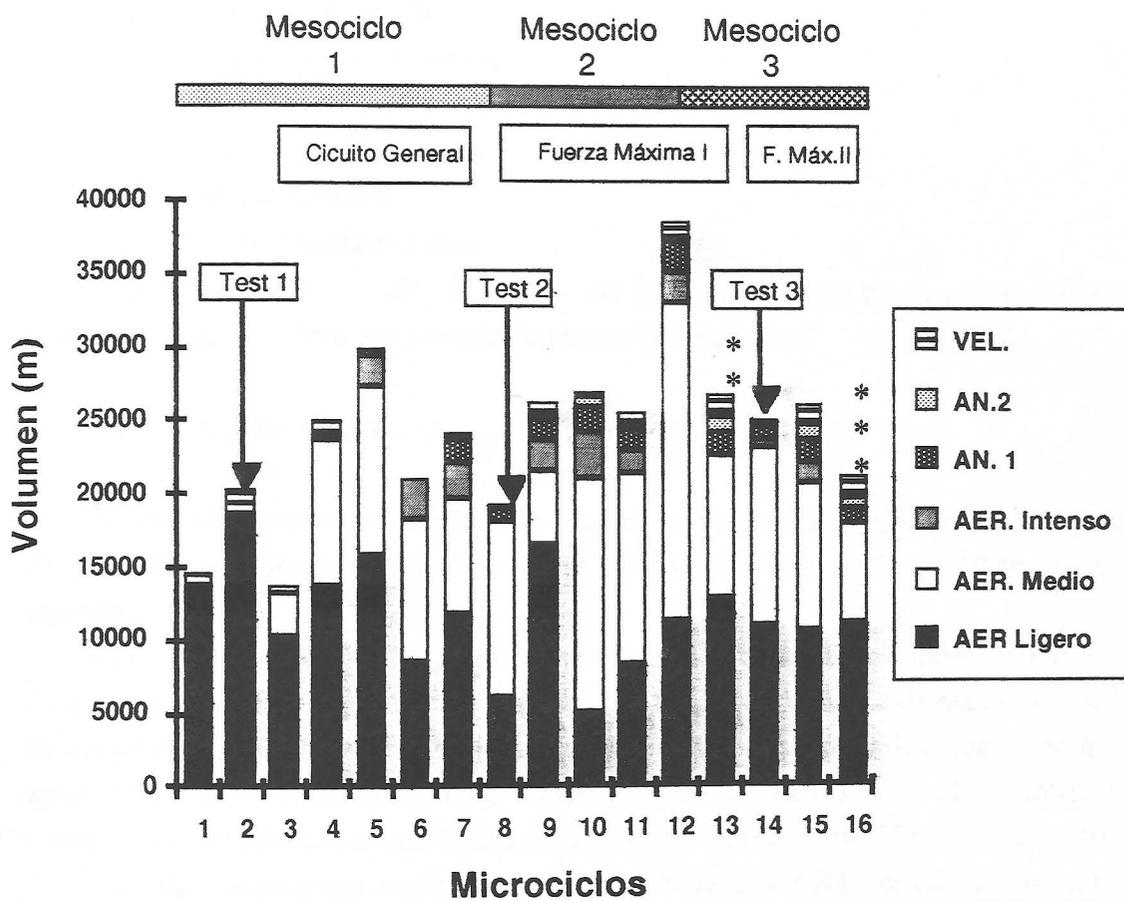


Figura 5.13.: Primer macrociclo de entrenamiento de la temporada 1989-90. Se reflejan en la gráfica los volúmenes de entrenamiento en cada microciclo diferenciándose el carácter de la carga de entrenamiento y los distintos mesociclos. Se han señalado los días de realización de los tests del experimento. Las competiciones importantes se han señalado con asteriscos. **Campeonatos Absolutos de Granada. *** Campeonatos Absolutos de Andalucía.

VARIABLES CINEMÁTICAS DE LA TRAYECTORIA PROPULSIVA (AMBOS BRAZOS)

- Distancia entre el punto de entrada y el punto más adelantado
- Distancia entre el punto más adelantado y el más atrasado (A)
- Diferencia entre las dos medidas anteriores
- Profundidad máxima.(B)
- Relación entre A y B

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE 50 METROS

- Tiempo en 50 metros
- Velocidad media de nado
- Frecuencia media
- Longitud media por ciclo

A excepción de las medidas de flexibilidad todas las variables pueden ser consideradas como parámetros que sirven para evaluar la técnica del estilo crol.

5.3.3. Tratamiento de Datos:

Se utilizó el mismo procedimiento que el explicado en el apartado 5.2.3. para la obtención de los valores medios y máximos por ciclo y los valores medios en 10 ciclos o en 30 segundos.

Con el fin de conocer si las diferencias obtenidas en cada variable independiente en los diversos tests fueron significativas, se realizó el Análisis de Varianza de medidas repetidas utilizando el programa Statview II para ordenadores Macintosh. Se utilizó como variable de agrupamiento el sexo, con lo que en la mayor parte de los análisis se estudió la interacción sexo*tests. La probabilidad utilizada para considerar los resultados significativos fue $p < 0,05$.

Se realizó también una matriz de correlaciones entre las variables estudiadas con el fin de observar relaciones entre ellas. Nuestro objetivo principal era encontrar relaciones entre la fuerza propulsiva a velocidad cero y los otros parámetros técnicos. Se utilizó el mismo programa. En este caso se diferenció el sexo con el fin de corregir su efecto en la correlación.

El análisis gráfico permitió la posibilidad de estudiar los efectos del entrenamiento en cada sujeto. Por medio de programas desarrollados en BASIC se consiguió imprimir cada registro de fuerza de cada test en una misma página o cada gráfica de la trayectoria propulsiva (ver gráficas en anexos). En ellas se puede observar de una manera individualizada por qué se produjeron los cambios en el período de entrenamiento con más exactitud.

5.4. Experimento 3:

5.4.1. Sujetos:

En este último experimento realizamos dos tipos de toma de datos:

- a) Una réplica de la efectuada en el estudio anterior, en el mismo período de entrenamiento, con el mismo grupo de entrenamiento, aunque con algunos sujetos diferentes y con diferencias en el programa de entrenamiento. Se realizó justo un año después.
- b) Mediciones de distintas variables en tres grupos de diferente edad y nivel de entrenamiento.

El grupo nº1 estuvo compuesto por 29 sujetos (18 de sexo masculino y 11 femenino) nadadores en activo pertenecientes a diversos clubes de la Federación Andaluza de Natación (la mayor parte de Granada). En este caso y como ocurría en el primer experimento para poder entrenar en este grupo era necesario tener un nivel como para participar en los Campeonatos de Andalucía Absolutos o en los Juegos Deportivos de Andalucía. La mayor parte de los sujetos de este grupo (n=24) participaron en los dos tipos de tomas de datos.

El grupo nº2 se compuso de 24 sujetos (10 de sexo masculino y 14 femenino), nadadores denominados "promesas", todos ellos pertenecientes al Club Deportivo Granada-74, que entrenaban en la misma instalación que los anteriores. Este grupo era de edad inferior al anterior y sobre todo de muy poco tiempo de entrenamiento. Siete sujetos de este grupo (aquellos con mejor nivel de marcas) participaron parcialmente en los dos tipos de tomas de datos.

El grupo nº 3 lo formaron 30 sujetos (20 de sexo masculino y 10 femenino), todos ellos alumnos de 4 ó 5 curso de Educación Física, matriculados en Aplicación Específica I y II (Natación). Algunos de los pertenecientes a este grupo han sido nadadores pero en el período de la toma de datos ninguno continuaba entrenando. Todos ellos tenían un nivel de ejecución aceptable del estilo crol. Los datos básicos de cada grupo se pueden observar en la tabla 5.8.

TABLA 5.8.
CARACTERISTICAS DE LOS SUJETOS
PARTICIPANTES EN EL TERCER EXPERIMENTO

Grupo	N	Edad (años)	Talla (m)	Peso (Kg)	Envergadura (m)	Dinamometría Derecha (kgf)	Dinamometría Izquierda (kgf)
1 - Masc.	18	14,5 *(1,54)	1,69 (0,08)	61,3 (9,7)	1,73 (0,09)	39,7 (8,9)	36,3 (8,1)
1 - Fem.	11	16,1 (2,16)	1,63 (0,07)	60,55 (7,7)	1,68 (0,08)	29,4 (7,9)	28,4 (6,9)
2 - Masc.	10	12,0 (0,53)	1,51 (0,09)	43,2 (7,8)	1,52 (0,10)	20,4 (4,4)	19,0 (6,3)
2 - Fem.	14	11,4 (1,05)	1,49 (0,06)	43,3 (5,2)	1,53 (0,09)	19,5 (4,1)	18,3 (4,3)
3 - Masc.	20	24,00 (2,69)	1,76 (0,06)	74,3 (8,7)	1,82 (0,07)	55,4 (6,0)	51,6 (5,9)
3 - Fem.	10	21,7 (0,67)	1,66 (0,06)	59,5 (4,8)	1,69 (0,07)	34,8 (6,4)	31,4 (6,2)

* Desviación Típica

TABLA 5.9
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE EDAD
CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	1537,655	768,828	230,418	0,0001*
Sexo (B)	1	3,08	3,08	,923	0,3399
AB	2	49,991	24,996	7,491	0,0011*
Error	72	240,24	3,337		

* P<0,05

TABLA 5.10
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE TALLA
CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	5304,373	2652,186	50,447	0,0001*
Sexo (B)	1	551,421	551,421	10,488	0,0018*
AB	2	223,866	111,933	2,129	0,1264
Error	72	3785,32	52,574		

* P<0,05

TABLA 5.11
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE PESO
CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	6332,416	3166,208	51,1	0,0001*
Sexo (B)	1	487,991	487,991	7,876	0,0065*
AB	2	916,013	458,007	7,392	0,0012*
Error	72	4399,267	61,962		

* P<0,05

TABLA 5.12
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE ENVERGADURA
CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	6332,416	3166,208	51,1	0,0001*
Sexo (B)	1	487,991	487,991	7,876	0,0065*
AB	2	916,013	458,007	7,392	0,0012*
Error	72	4399,267	61,962		

* P<0,05

TABLA 5.13
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DINAMOMETRIA
DE LA MANO DERECHA CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	6825,499	3412,749	75,648	0,0001*
Sexo (B)	1	1931,083	1931,083	42,805	0,0001*
AB	2	1072,555	536,277	11,887	0,0001*
Error	72	3203,072	45,114		

* P<0,05

TABLA 5.14
ANALISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE DINAMOMETRIA
DE LA MANO IZQUIERDA CON EL GRUPO Y EL SEXO
COMO FACTORES DE CLASIFICACION

Fuente de Variación	g.l.	Suma Cuadr.	Media Cuadr.	F	P
Grupo (A)	2	5646,569	2823,284	67,121	0,0001*
Sexo (B)	1	1586,759	1586,759	37,724	0,0001*
AB	2	1107,722	553,861	13,168	0,0001*
Error	72	2986,447	42,063		

* P<0,05

En el análisis de la edad, el grupo de alumnos de Educación Física (grupo 3) es significativamente mayor que el grupo de nadadores del centro de entrenamiento (grupo 1) y éstos a su vez mayores que los nadadores promesas (grupo 2). En cuanto al sexo, se observa que no existen diferencias significativas, es decir, la edad media del total de sujetos varones no es diferente del total de mujeres/niñas. Sin embargo, tomado grupo a grupo, solamente la edad de los hombres estudiantes de E.F. es diferente de las mujeres, no siéndolo en el resto de los grupos.

En la estatura la diferencia entre grupos es significativa siguiendo el orden anterior: grupo 3 más alto que el grupo 1 y el grupo 1 más alto que el grupo 2. Y en el sexo como cabía esperar los hombres son significativamente más altos que las mujeres. Pero la interacción sexo • grupo no es significativa, y viendo con detalle las diferencias entre sexos dentro de cada grupo se observa como en el grupo de promesas las niñas y los niños no son significativamente diferentes en la estatura, lo que suele ser una característica de los grupos de niños en estas edades.

En el resto de variables peso, envergadura, dinamometría derecha e izquierda, las diferencias entre grupos, entre sexos y la interacción son significativas, en el orden: grupo 3 mayor que grupo 1 y grupo 1 mayor que grupo 2. En cuanto a sexos el grupo masculino tiene valores más altos que el femenino. Debe resaltarse el hecho de que en la prueba de dinamometría manual los alumnos de E.F. son más fuertes que el resto de los grupos, siendo este un test de fuerza general, la importancia de este comentario se explicará en el capítulo de resultados.

Analizando en más detalle el grupo nº 1, tal como hicimos en el segundo experimento de la presente tesis, observamos que no todos los sujetos participaron en todos los tests, ni asistieron de igual manera a los entrenamientos a lo largo del ciclo de entrenamiento, se puede observar que estas circunstancias volvieron a repetirse en este experimento, ya que las características de los grupos son similares, todos estos aspectos se resumen en la tabla 5.15. El número total de sesiones de entrenamiento fue de 80.

TABLA 5.15
EDAD DE LOS SUJETOS, MEDIAS DE ASISTENCIA
A LOS ENTRENAMIENTOS Y TESTS REALIZADOS
DURANTE EL TERCER EXPERIMENTO

Sujetos	Nº	Edad	Asistencias	Asist.	Asist.	Test	Test	Test	Test	Test	Test	Test
			Totales	2 Tests	3 Tests	1	2	3	1 y 2	2 y 3	1 y 3	1, 2 y 3
Masculino	15	14,66 *(1,83)	65,53 (7,99)	61,6 (10,45)	67,5 (6,15)	14	14	12	3	1	1	10
Femenino	9	15,77 (2,27)	56,33 (12,76)	52,8 (13,62)	60,7 (11,84)	8	9	5	4	1	0	4
Total	24	15,08 (2,04)	62,08 (10,78)	57,2 (12,35)	65,57 (8,28)	22	23	17	7	2	1	14

* Desviación Típica

TABLA 5.15
EDAD DE LOS SUJETOS, MEDIAS DE ASISTENCIA
A LOS ENTRENAMIENTOS Y TESTS REALIZADOS
DURANTE EL TERCER EXPERIMENTO

Sujetos	Nº	Edad	Asistencias Totales	Asist. 2 Tests	Asist. 3 Tests	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1 y 2	Test 2 y 3	Test 1 y 3	Test 1, 2 y 3
Masculino	15	14,66 *(1,83)	65,53 (7,99)	61,6 (10,45)	67,5 (6,15)	14	14	12	3	1	1	10
Femenino	9	15,77 (2,27)	56,33 (12,76)	52,8 (13,62)	60,7 (11,84)	8	9	5	4	1	0	4
Total	24	15,08 (2,04)	62,08 (10,78)	57,2 (12,35)	65,57 (8,28)	22	23	17	7	2	1	14

* Desviación Típica

La media de asistencias totales a entrenamientos fue de 62.08, lo que representa un 77.6%, porcentaje ligeramente superior al del experimento anterior.

La asistencia a los tests fue otro problema que se analiza como ya se hizo en el experimento segundo. Para observar si existieron diferencias en las variables asistencias y edad entre los dos subgrupos (dos o tres tests realizados) o entre sexos se realizó el ANOVA sobre las variables edad y asistencias a los entrenamientos con el sexo y el número de asistencias a los tests como factores de agrupamiento. Los resultados aparecen en las tablas 5.16 y 5.17.

En este caso no existieron diferencias significativas entre los dos grupos (dos y tres asistencias) y entre sexos, en las variables edad y asistencias a los entrenamientos.

Del grupo de promesas siete realizaron también dos tests, siendo cuatro del sexo masculino. La media de edad fue de 12 años en este grupo de nadadores.

5.4.2. Diseño y Procedimiento:

El período analizado comprendió el primer macrociclo de entrenamiento de la temporada 1990-91, desde el día 17 de Septiembre de 1990 hasta el 23 de Diciembre del mismo año, fecha en que se celebraron los Campeonatos de Andalucía Absolutos. Al igual que en el caso anterior se estructuró un macrociclo de entrenamiento.

Las tomas de datos se realizaron siempre los martes por la tarde a partir de las 19.30 horas, los días 15 de Octubre, 13 de Noviembre y 18 de Diciembre. Previamente a la medición se realizaron 10 minutos de calentamiento en seco y calentamiento de competición² en el agua (aproximadamente 18 minutos). Los días en que se realizaron los registros no se realizó entrenamiento.

El grupo de nadadores promesas, en el que se realizaron dos mediciones, efectuó los registros en las mismas fechas que la primera y la última toma de datos del grupo anterior.

La comparación entre grupos se realizó durante el 13 y 14 de Noviembre, el día 13 por la tarde los grupo 1 y 2, el día 14 por la mañana a partir de las 10 horas el grupo tercero.

El procedimiento seguido en cada sesión fue:

- Calentamiento (en seco y en agua)
- Organización en dos subgrupos.
- Dos intentos en registro de fuerza propulsiva a velocidad cero (15 s).
- Dos intentos en 25 m crol saliendo desde el agua.

² Tipo de calentamiento repetido antes de las competiciones importantes.

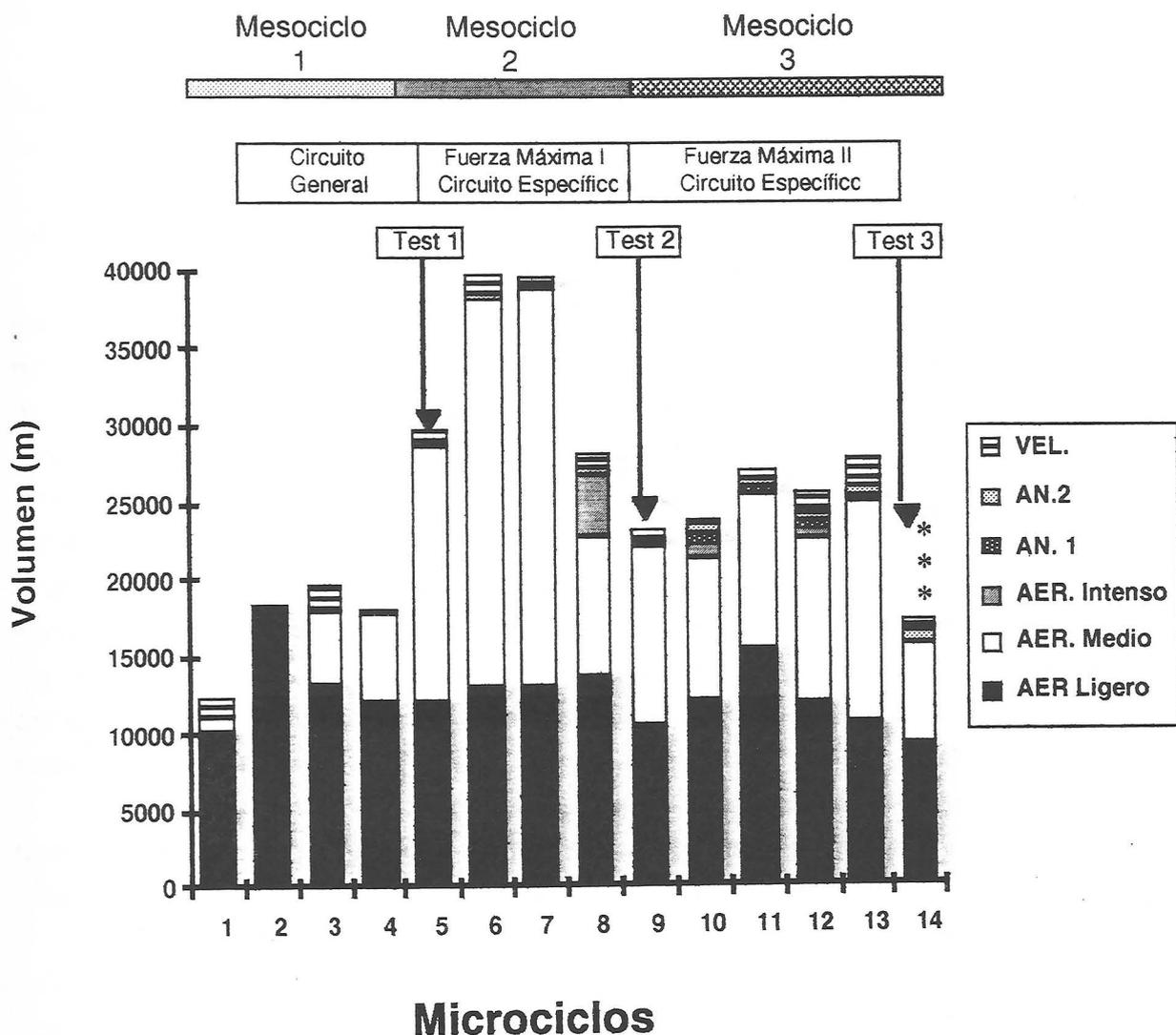


Figura 5.14.: Primer macrociclo de entrenamiento de la temporada 1990-91. Se reflejan en la gráfica los volúmenes de entrenamiento en cada microciclo diferenciándose el carácter de la carga de entrenamiento y los distintos mesociclos. Se han señalado los días de realización de los tests del experimento. La competición más importante del ciclo se ha señalado con asteriscos. *** Campeonatos Absolutos de Andalucía.

Los nadadores fueron asignados aleatoriamente a dos grupos con la variable sexo balanceada en cada grupo. Un grupo realizó las pruebas de registro mientras el otro efectuó las pruebas de natación cronometrada. Al finalizarlas se realizaba simultáneamente el cambio de tipo de medición.

En la prueba de registro el nadador se encontraba sujeto con un elástico de 3 m de longitud al dinamómetro. Una vez dada la señal el nadador trataba de llegar lo más lejos posible venciendo la resistencia del elástico. El nadador partía en posición de flotación ventral y no se le permitía impulsarse en la pared al comenzar el registro. En función de la fuerza aplicada los nadadores llegaban a estirarlo de 7 a 12 m. El registro finalizaba a los 15 s.

El programa desarrollado al efecto buscaba el máximo de fuerza alcanzada, que en general se obtenía entre los 5 y 12 s del comienzo del registro. Junto con ello se obtenía la media de fuerza registrada cada segundo, la media registrada en los dos segundos anteriores y posteriores al máximo y el tiempo exacto en que se conseguía el máximo. Esto se repitió dos veces con recuperación suficiente entre los dos intentos (mínimo 15 minutos).

En la prueba de natación se realizaron 25 m nado crol a la máxima velocidad posible. El nadador se colocaba en el agua con los pies apoyados en la pared y sus manos delante cuando el cronometrador daba la señal de "preparados". A la señal de salida era accionado el cronómetro y el nadador comenzaba a recorrer los 25 m previo impulso en la pared con sus extremidades inferiores. El cronómetro se paraba en el momento que el sujeto tocaba la pared con su mano. Esto se repitió dos veces con recuperación suficiente entre los dos intentos (mínimo 10 minutos).

En la primera toma de datos también se registraron y cronometraron dos variaciones técnicas del estilo crol: pies de crol con tabla y brazos de crol (ver descripción completa de estas variaciones en el apartado sobre el Experimento 1 en este capítulo).

Diseño Experimental nº 1: El grupo en el que se tomaron tres veces los registros fue único, matizando las diferencias existentes por la asistencia. El diseño fue de medidas repetidas a todos los sujetos o diseño intragrupo. Se tomó el sexo como factor de agrupamiento. La variable independiente fue en este experimento el entrenamiento y lo que quisimos valorar fue su efecto sobre la velocidad media de nado en 25 m y el registro de fuerza propulsiva máximo en 15 s (variables dependientes).

Diseño Experimental nº 2: Existieron tres grupos de características diferentes y niveles de práctica de natación diferente. El diseño fue de tres grupos con sólo una medida post-tratamiento. La variable independiente fue el tipo de grupo al que pertenecía el sujeto, con tres niveles descritos en este capítulo en párrafos anteriores valorándose su efecto en la velocidad media de nado en 25 m y el registro de fuerza propulsiva máximo en 15 s. (variables dependientes).

Diseño Experimental nº 3: Diseño de grupo único con sólo medida postratamiento. En este caso la variable independiente tuvo tres niveles en función de la variación técnica usada (nado completo, sólo pies, sólo brazos) valorándose su efecto en la velocidad media de nado

en 25 m y el registro de fuerza propulsiva máximo en 15 s. (variables dependientes) para cada uno de los niveles de la v.i.

5.4.3. Tratamiento de Datos:

En el caso de los tiempos registrados en el test de 25 m se obtuvieron tiempos en segundos y centésimas para cada intento, eligiendo el menor (habiendo comprobado la fiabilidad del cronometrador, ver resultados). A partir de este tiempo y conociendo la distancia recorrida obtuvimos la velocidad media de nado.

El único dato utilizado a partir de las curvas registradas fue el valor de fuerza máxima. Al igual que en el caso anterior se eligió el mayor (la fiabilidad fue comprobada desde diversos puntos de vista como se puede comprobar en el capítulo de resultados).

Con el fin de conocer si las diferencias obtenidas en los diversos tests fueron significativas, se realizó el Análisis de Varianza de medidas repetidas utilizando el programa Statview II para ordenadores Macintosh y comprobado posteriormente con el programa Systat. Se utilizó como variable de agrupamiento el sexo, con lo que en la mayor parte de los análisis se estudió la interacción sexo • tests. La probabilidad utilizada para considerar los resultados significativos fue $p < 0,05$.

Para conocer las diferencias entre grupos se utilizó el ANOVA con el sexo y grupo como variables de clasificación y analizándose su interacción. La probabilidad utilizada para considerar los resultados significativos fue $p < 0,05$.

Se realizó también una matriz de correlaciones entre las variables estudiadas, con el fin de observar relaciones entre ellas. Principalmente nuestro objetivo era encontrar relaciones entre la fuerza propulsiva a velocidad cero y la velocidad media de nado. Se utilizó el mismo programa. En este caso se diferenció el sexo con el fin de corregir su efecto en la correlación.

CAPITULO VI
RESULTADOS

El capítulo de resultados sigue la misma estructura del capítulo anterior presentando los resultados de cada experimento en un apartado diferente.

Los resultados se analizaron a dos niveles:

- Observación de las variaciones que las gráficas puedan reflejar, análisis que entra dentro de la mera descripción del comportamiento del sujeto o del grupo a lo largo de un período de tiempo. Dicho comportamiento se expresa, en este caso, por medio de la valoración de la fuerza propulsiva a velocidad cero. Las gráficas que por lo general son curvas sinusoidales, muestran cómo la fuerza al ser aplicada por un brazo aumenta a medida que se realiza la tracción, llegando a un "pico" de fuerza máxima, para volver a los valores mínimos iniciales al final de la misma, repitiéndose este ciclo en cada brazada. La sucesión de estas curvas muestra su carácter sinusoidal, aunque la forma de la curva, su período¹, amplitud² y frecuencia³, no son iguales en cada ciclo, independientemente del brazo que efectúa el ciclo propulsivo.
- Cuantificación de los resultados obtenidos y su posterior análisis estadístico, todo ello utilizando fundamentalmente la media, el coeficiente de correlación y el análisis de varianza.

¹ Tiempo que se emplea en pasar dos veces consecutivas, y en el mismo sentido, por una determinada posición, es decir el tiempo de un ciclo completo (Merwe, 1970).

² Es la elongación o desplazamiento máximo del ciclo (Merwe, 1970).

³ Número de períodos por unidad de tiempo, su unidad es el ciclo por segundo o hertz (Hz) (Merwe, 1970).

6.1. Experimento 1:

6.1.1. Análisis Descriptivo:

6.1.1.1. Análisis Gráfico:

Las curvas obtenidas en los registros tienden a una cierta "sinusoidalidad", los valores del registro aumentan hasta llegar a un máximo para luego disminuir hasta valores próximos a cero o valores mínimos, esta alternancia de máximo-mínimo se repite cada ciclo (ver figura 6.1).

Al relacionar la trayectoria propulsiva de la mano con el registro de fuerza a velocidad cero tal como hicieron Goldfuss y Nelson (1970), de manera que a un punto de la trayectoria propulsiva le corresponde un valor del registro de fuerza, se observa que el pico de fuerza (o amplitud del ciclo) corresponde al momento en que la mano se mueve en su fase final propulsiva hacia fuera, arriba y atrás. El mínimo llega cuando la mano sale del agua y el otro brazo no ha llegado a comenzar el movimiento hacia abajo donde se inicia la aplicación de la fuerza propulsiva. A partir de este momento la fuerza comienza a aumentar rápidamente, ya que un brazo aplica fuerza mientras el otro recobra. En algunos casos se observan pulsos de fuerza durante el registro (ver figura 6.2), que suponemos coinciden con puntos de aplicación de fuerza en la zona media de la trayectoria propulsiva tal como lo describen Maglischo y col.(1984). En general la porción ascendente de la curva tiene una duración mayor que la parte descendente, lo que coloca el punto de máxima amplitud más cerca del final de la tracción que del principio, coincidiendo este hecho con los resultados de Schleihauf y col. (1986).

Todas las gráficas correspondientes a este apartado se encuentran en el Anexo I al final de esta tesis.

Dentro del análisis gráfico podemos diferenciar claramente dos tipos de curvas, las que corresponden a las variaciones técnicas en las que se realizan sólo acciones propulsivas con las extremidades inferiores y las que se realizan estilo completo o con las extremidades superiores. Las diferencias más notables son aquellas que se refieren a la frecuencia y a la amplitud. El tiempo de aplicación de fuerza en el batido es más corto que en la tracción (frecuencia mayor) y la fuerza aplicada en cada ciclo es menor (amplitud menor) lo que hace que las gráficas sean notablemente diferentes. Si seguimos la categorización cualitativa de diferencias entre registros propuesta por Bollens y Clarys (1984), estos dos registros se encontrarían en la categoría nº 12, donde las diferencias son máximas (ver figura 6.1).

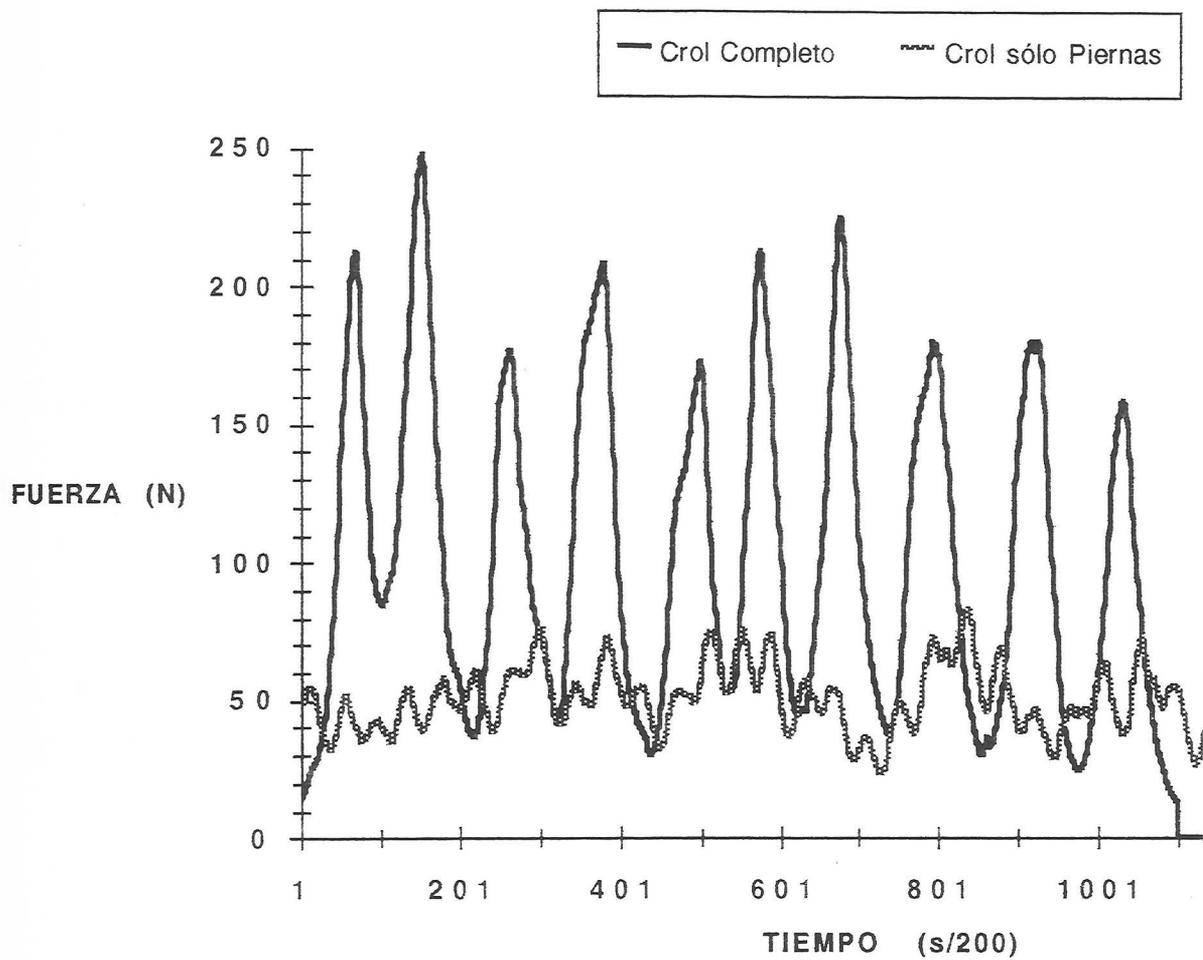


Figura 6.1.: Diferencias en las gráficas del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero utilizando el estilo crol completo y el batido de crol.

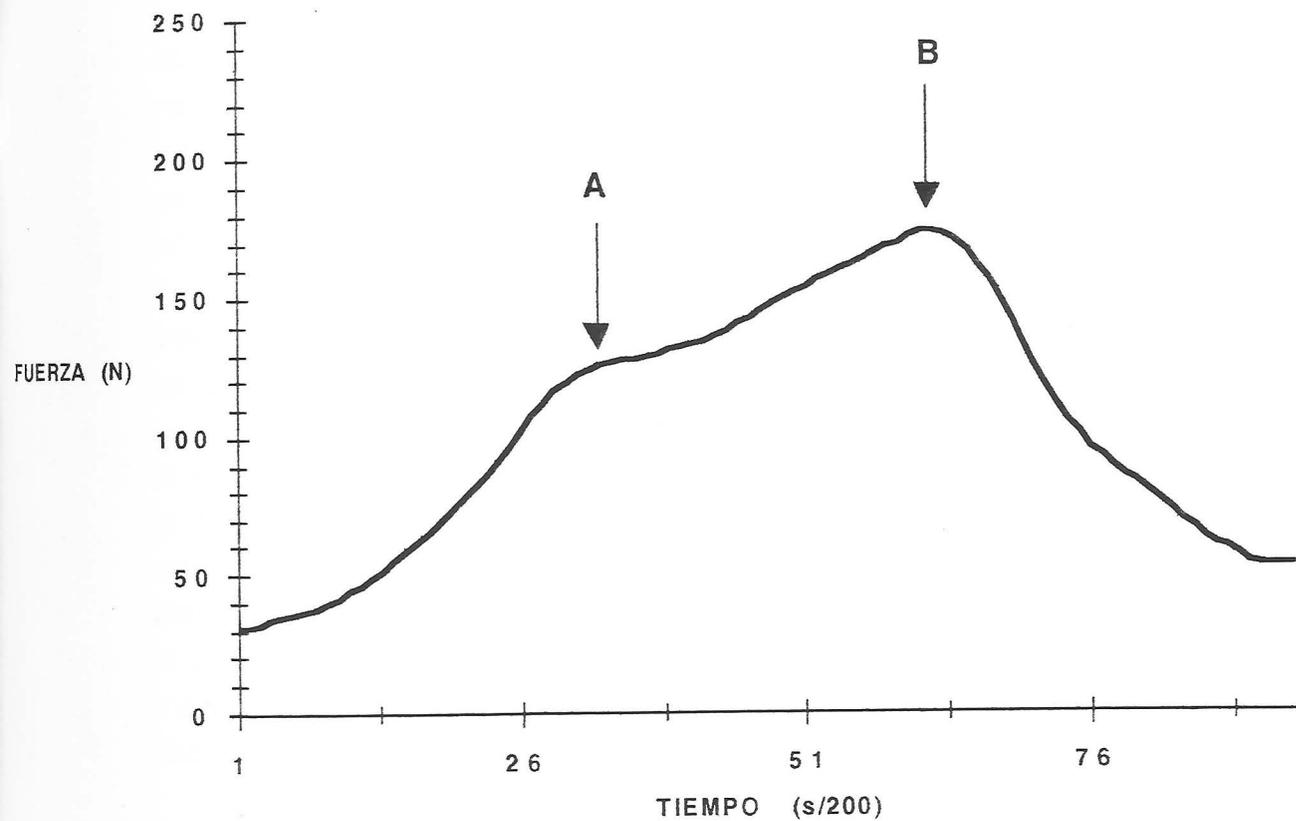


Figura 6.2.: Ampliación del quinto ciclo de la figura anterior del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero utilizando el crol completo, donde se observan dos "picos" de fuerza, uno correspondiente a la parte media de la tracción y otro a la parte final. Puede observarse también como la porción ascendente dura mucho más tiempo que la descendente.

Las diferencias tan notables observadas en la figura 6.1, se modifican por el hecho de utilizar variaciones técnicas que hacen que los batidos sean más propulsivos o que el crol lo sea menos, es decir, si el batido de crol se realiza con aletas (batido más propulsivo), se parece más al crol realizado utilizando solamente las extremidades superiores (menos propulsivo que el crol completo).

Por tanto, desde el punto de vista gráfico las mayores diferencias se encuentran entre el batido de crol y el crol punto muerto, ya que el primero tiene la frecuencia mayor y la amplitud menor, y el segundo la frecuencia menor y una de las amplitudes más altas. A pesar de sus diferencias los valores de fuerza media aplicada son muy próximos. Esto se explica, como se puede ver en la página 3 del anexo I, porque después de la realización de cada ciclo con un brazo, el nadador deja pasar un tiempo hasta que comienza el segundo ciclo, tiempo en el que sólo realiza batido con sus pies. Debe observarse que los mínimos en esta acción son incluso inferiores a los del propio batido, a pesar de realizarse el mismo, esto es debido a que el sistema de sujeción tenía una cierta elasticidad y después de aplicarse una gran fuerza con un brazo tiraba del sujeto hacia el punto de enganche en el poyete de salida enmascarando la fuerza aplicada con los pies.

Los registros más similares en cuanto a su forma son los obtenidos en las variaciones técnicas crol sólo brazos, crol sólo brazos con palas y crol completo, donde existió una alternancia clara entre la acción propulsiva de cada brazo. Incluso en el sujeto número 2, donde existió un solapamiento entre las fuerzas aplicadas por cada brazo, éste se repitió en las tres circunstancias. Las amplitudes mayores se encuentran en la variación técnica con palas, donde al aumentarse la superficie propulsiva era posible obtener más fuerza en ciertos puntos de la tracción, aunque no así en su fuerza media, como se verá después. Según las categorías de Bollens y Clarys (1984) estos registros se considerarían análogos.

En cuanto al caso del sujeto nº 2, es necesario comentar cómo el registro de un brazo no ha llegado a valores mínimos cuando ya ha comenzado a aplicar fuerza con el otro. Sin embargo, al finalizar la tracción de este último ciclo, el tiempo sin aplicar fuerza es mayor que en los otros sujetos, este tipo de coordinación no permite la aplicación continua de la fuerza propulsiva, aspecto que en los otros sujetos se aprecia con más claridad.

Es necesario resaltar que de los cuatro sujetos analizados, el nivel tanto técnico como de resultados en competición es notablemente superior en los sujetos femeninos nº 1 y 4, lo cual explica como las curvas están en algunos casos mejor definidas en cada ciclo. Las curvas tienden a mantener una cierta regularidad también en las mujeres independientemente de la variación técnica utilizada, los sujetos masculinos varían más sus trayectorias al necesitar aplicar más fuerza como ocurre en la variación técnica brazos de crol con palas.

Las variaciones técnicas crol sólo pies, crol sólo pies con aletas, mariposa sólo pies con aletas, se caracterizan por su alta frecuencia que disminuye según el orden en que se han citado. En cuanto a la forma, la acción de mariposa con aletas empieza a parecerse más a la

acción propulsiva de los brazos tanto en frecuencia como en amplitud. La continuidad en la aplicación de la fuerza producida por el batido de crol con aletas (suponemos que se propulsa tanto en el movimiento ascendente como en el descendente) permite que los mínimos en este batido sean los más altos de todas las variaciones técnicas. Sin embargo, al realizar el movimiento de delfín, los mínimos son muy bajos, debido a que al realizar el final de un movimiento propulsivo existe un momento de propulsión mínima hasta que comienza la siguiente acción. En este último movimiento también se puede observar una diferencia notable en la amplitud de la curva entre los sujetos varones y las mujeres.

El estilo crol completo con aletas presentó un registro de fuerza claramente modificado con relación al estilo crol completo. El aumento en la propulsión del batido con aletas, incide directamente en los valores mínimos de fuerza que son mayores que en el crol completo, probablemente un batido, ahora más propulsivo, coincida con el momento menos propulsivo de la tracción. Así mismo, aparecen picos de fuerza, durante la aplicación de la misma en la tracción, debido a la aplicación de una fuerza por parte del nadador con una de sus aletas, que se suma a la de la tracción.

6.1.1.2.Promedios:

La utópica uniformidad propulsiva debería llevarnos a curvas en que las diferencias entre máximos y mínimos fueran lo menores posible, de manera que la fuerza propulsiva media se obtuviera con los valores mínimos en la desviación típica, ya que el valor que nos marca la eficacia propulsiva en el nado en condiciones de desplazamiento es la velocidad media. Grandes variaciones en el desplazamiento por ciclo con relación a la velocidad media significarán un aumento importante en el gasto energético. Los valores menores de variación ocurren en el batido de crol, pero gracias a unos valores de fuerza máxima y media muy bajos, lo cual explica por qué es la variación técnica que menores valores de fuerza propulsiva obtiene (ver tabla 6.1).

Las desviaciones típicas más pequeñas se dan en los pies de crol y las mayores en el punto muerto de crol y pies de mariposa con aletas. En casi todos los casos los nadadores masculinos tienen mayores desviaciones típicas que las nadadoras. Este aspecto se puede explicar por el hecho de que comparativamente las nadadoras femeninas son de mejor nivel que los nadadores, tal como se comentó anteriormente. La tabla 6.1 muestra por orden de menor a mayor fuerza propulsiva las variaciones técnicas, resaltando particularmente el hecho de que en los brazos de crol con palas se aplica más fuerza propulsiva que en los brazos de crol, esto contrasta con la realidad cuando aplicamos estos procedimientos en los entrenamientos, donde los nadadores nadan más rápido en brazos de crol (las causas se explicaron en apartados anteriores).

TABLA 6.1
MEDIA Y DESVIACION TIPICA DE LA FUERZA PROPULSIVA
APLICADA POR LOS SUJETOS EN LAS DISTINTAS VARIACIONES
TECNICAS UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO N°1

Variación Técnica	Sujeto	Sexo	Media (N)	Desv. Típica
CROL Sólo pies	1	F	45,51	13,37
	2	M	49,56	23,75
	3	M	55,41	21,90
	4	F	49,54	12,84
CROL punto muerto	1	F	54,42	70,90
	2	M	88,37	111,94
	3	M	71,79	97,86
	4	F	71,84	89,83
CROL sólo brazos	1	F	66,85	32,39
	2	M	107,95	54,63
	3	M	116,67	68,22
	4	F		
CROL sólo brazos con palas	1	F	63,84	47,08
	2	M	126,05	90,33
	3	M	125,11	87,52
	4	F	87,63	49,52
CROL completo	1	F	89,49	49,14
	2	M	120,24	81,75
	3	M	134,34	86,78
	4	F	102,90	58,24
CROL sólo pies con aletas	1	F	110,33	30,28
	2	M	134,20	27,69
	3	M	124,11	52,40
	4	F	110,30	25,17
MARIPOSA sólo pies con aletas	1	F	112,42	60,19
	2	M	170,72	143,83
	3	M	124,08	114,23
	4	F	116,28	59,99
CROL completo con aletas	1	F	141,79	61,96
	2	M		
	3	M		
	4	F	142,71	59,01

El que las acciones realizadas con aletas produzcan unos valores superiores de fuerza, incluso cuando sólo se usan las extremidades inferiores, demuestra el aumento en la eficacia que proporcionan estos elementos propulsores al utilizarse para el desplazamiento humano en el agua. Es necesario resaltar que el modelo de aleta utilizado (Balear, marca Nemrod), no es precisamente el que mayor rendimiento produce, sobre todo si se compara con los modelos utilizados en la natación con aletas de competición.

La tabla 6.2 muestra los promedios de los resultados obtenidos en varones y mujeres y la relación entre los promedios de los resultados entre hombres y mujeres. Se puede observar en ella, como a excepción de la variación técnica "sólo pies", en todos los resultados los hombres tienen unos valores de fuerza propulsiva a velocidad cero más altos de manera absoluta. Si analizamos la relación entre sexos, podemos diferenciar un grupo de variaciones técnicas donde los resultados son próximos a 1,5 o superiores y otros que están más próximos a 1,25 o inferiores. En el primer grupo se encuentran las medias de brazos de crol con palas, brazos de crol y las medias de los máximos de punto muerto de crol, brazos de crol con palas, crol completo y brazos máximo. En el segundo grupo se encuentran las medias de pies de crol, punto muerto de crol, crol completo, crol sólo pies con aletas y mariposa sólo pies con aletas. De estos resultados se desprende que en aquellas variaciones técnicas donde la propulsión de las extremidades inferiores interviene de alguna manera, las diferencias entre sexos en este grupo tienden a ser menores que cuando intervienen fundamentalmente las extremidades superiores. Así mismo, los hombres tienden a unas amplitudes mayores en sus registros, aún sin ser los valores medios proporcionalmente diferentes.

Al analizar las relaciones entre la media y los valores máximos de amplitud de los registros (picos de fuerza máxima), se observa que esta amplitud viene a ser el doble que la media, cosa lógica en unos registros que tienden a ser sinusoidales, las diferencias tienden a ser menores cuanto mayor es la uniformidad propulsiva de la variación técnica utilizada. La excepción la marca el punto muerto de crol, donde los valores máximos triplican la media.

Si aplicamos la fórmula del coeficiente de coordinación (ver capítulo 3º, fórmula.2ª, pág.51) de la misma manera que lo hicieron Ria y col. (1986) obtenemos unos valores de 0,77 en hombres y de 0,86 en las mujeres, lo cual vuelve a resaltar la diferencia en calidad técnica entre los sujetos masculinos y femeninos (a mayor coeficiente mejor coordinación).

La relación porcentual entre el crol completo y las variaciones técnicas (véase tabla 6.3), es algo que se establece, por diversos autores, para comparar la acción aislada de brazos y piernas con el crol completo. En este caso lo hemos realizado con todas las variaciones. Podemos ver cómo el crol completo que es el 100% es inferior a la suma de brazos y pies aisladamente que es el 130,79%. Aquí podemos definir un coeficiente de pérdida de efectividad propulsiva, que en este caso sería de un 30,79% y que marcaría la pérdida por el hecho de coordinar la acción conjunta. Estos datos dan una información parecida a la del coeficiente de coordinación citado en el párrafo anterior.

TABLA 6.2

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL REGISTRO DE FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO EN LAS DISTINTAS VARIACIONES TECNICAS, SEPARANDO LOS VALORES MEDIOS POR CICLO DE LOS MAXIMOS POR CICLO Y LOS VALORES EN CADA SEXO

ESTILO	VARIACION TECNICA	DATOS	MEDIA VARONES (N)	MEDIA MUJERES (N)	RELACION Varones / Mujeres
CROL	sólo pies	media	52,47	45,50	1,15
CROL	punto muerto	media	80,06	63,11	1,26
CROL	brazos palas	media	125,55	75,72	1,66
CROL	completo	media	127,24	96,15	1,32
CROL	sólo p. aletas	media	129,10	110,26	1,17
MARIPOSA	sólo p. aletas	media	147,34	114,30	1,29
CROL	punto muerto	máximo	339,06	234,14	1,45
CROL	brazos palas	máximo	271,31	151,29	1,79
CROL	completo	máximo	263,96	185,30	1,42
CROL	brazos	media	112,26	66,82 (1)*	1,68
CROL	brazos	máximo	195,28	112,30 (1)	1,74
CROL	compl. aletas	media		142,19	
CROL	compl. aletas	máximo		231,01	

* Entre paréntesis el número de sujetos.

TABLA 6.3

RELACION PORCENTUAL ENTRE LA MEDIA DEL CROL COMPLETO Y LAS MEDIAS Y MAXIMOS DE LAS VARIACIONES TECNICAS ESTUDIADAS

ESTILO	VARIACION TECNICA	DATOS	PORCENTAJE
CROL	sólo pies	media	43,85
CROL	punto muerto	media	64,08
CROL	brazos palas	media	90,09
CROL	brazos	media	86,94
CROL	completo	media	100,00
CROL	sólo p. aletas	media	107,15
MARIPOSA	sólo p. aletas	media	117,12
CROL	brazos	máximo	150,06
CROL	brazos palas	máximo	189,17
CROL	completo	máximo	201,10
CROL	punto muerto	máximo	256,58

El punto muerto de crol, por coordinar las brazadas de una forma menos eficiente que el crol completo, tiene un porcentaje menor, de valor de un 35,92%. Sin embargo, sus máximos son dos veces y media mayores que la media propulsiva del nado completo y un 20% mayores que los máximos de la misma variación técnica. El porcentaje de los máximos en el estilo crol completo es dos veces su media.

Otros datos son los obtenidos brazo a brazo en cada una de las pruebas, detallándose medias, desviaciones típicas, máximos y mínimos (veánse las tablas del anexo II). Durante un esfuerzo tan corto, se puede observar como la fuerza aplicada en cada tracción, tiene valores diferentes, independientemente de los datos citados anteriormente. Dentro de la duración del registro los valores más altos no tienen una norma fija donde colocarse. Lo teóricamente ideal, que las primeras brazadas fueran las de mayores valores en fuerza, no se cumple en la mayor parte de los casos. Esto se puede explicar por la capacidad del sujeto para corregir la fuerza aplicada a lo largo del experimento. Lo que no ocurrió casi nunca es que la última brazada tuviera un valor mayor que las demás. Esto se explica por el propio gasto energético producido por la prueba. Otro tipo de relaciones entre brazadas, sexo, etc. se verán en el apartado siguiente.

6.1.2. Análisis Correlacional e Inferencial:

Se realizó una matriz de correlación con los valores anteriores (ver tabla 6.4), incluyendo los resultados de velocidad media, frecuencia media y longitud media de ciclo. Eligiendo una $p < 0.05$ se encontraron correlaciones significativas ($r > 0,950$) entre:

- a) la media del crol completo y la de los brazos de crol con palas,
- b) la media de los brazos de crol con palas y los valores máximos de los brazos de crol con palas,
- c) la media de los brazos de crol con palas y los valores máximos del crol completo,
- d) los valores máximos de crol completo y la media del crol completo,
- e) la media de los pies de crol con aletas y los valores máximos de los brazos con palas,
- f) la media de los pies de crol con aletas y los valores máximos del crol punto muerto,
- g) los valores máximos de los brazos de crol con palas y los valores máximos del crol punto muerto,
- h) los valores máximos del crol completo y los máximos de brazos de crol con palas.

TABLA 6.4
MATRIZ DE CORRELACION DE LAS VARIABLES
ESTUDIADAS EN EL PRIMER EXPERIMENTO

	V 1 CROL sólo pies media	V 2 CROL punto m. media	V 3 CROL brazos pal. media	V 4 CROL completo media	V 5 CROL pies aletas media	V 6 MARIPOSA pies aletas media	V 7 CROL punto m. máximo
V 1	1,000						
V 2	0,587	1,000					
V 3	0,846	0,839	1,000				
V 4	0,927	0,645	0,952 *	1,000			
V 5	0,510	0,833	0,890	0,751	1,000		
V 6	0,236	0,873	0,697	0,456	0,910	1,000	
V 7	0,574	0,703	0,899	0,830	0,968 *	0,784	1,000
V 8	0,716	0,769	0,966 *	0,912	0,953 *	0,751	0,981 *
V 9	0,841	0,763	0,991**	0,972 *	0,884	0,649	0,924
V 10	0,037	0,816	0,386	0,091	0,564	0,836	0,340
V 11	0,903	0,455	0,587	0,676	0,166	-0,017	0,188
V 12	0,567	-0,333	0,121	0,411	-0,271	-0,624	-0,070

	V 8 CROL brazos palas máximo	V 9 CROL completo máximo	V 10 CROL frecuencia ciclo media	V 11 CROL velocidad media	V 12 CROL longitud ciclo
V 1					
V 2					
V 3					
V 4					
V 5					
V 6					
V 7					
V 8	1,000				
V 9	0,980 *	1,000			
V 10	0,348	0,279	1,000		
V 11	0,376	0,549	0,019	1,000	
V 12	0,034	0,189	-0,781	0,603	1,000

g.l.=2

* = $p < 0,05$

** = $p < 0,01$

Es importante resaltar que no existió correlación significativa entre la velocidad media de nado y ninguna prueba, señalando que el valor más alto se dió entre la velocidad media y la fuerza media propulsiva a velocidad cero aplicada en pies de crol con $r = 0,91$.

Otro aspecto analizado son las variaciones entre cada brazada (ciclo) en cada variación técnica, el brazo que aplica la fuerza y el sexo. Para ello se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas $2 \cdot (2 \cdot 5)$, con un factor de agrupamiento (el sexo), y dos factores intragrupo (el brazo y cinco brazadas). Tanto los resultados de las medias obtenidas en cada ciclo como las tablas del análisis de varianza se encuentran en el anexo II.

La diferencia entre sexos ha sido significativa en fuerza máxima por ciclo en brazos de crol con palas $F(1,2) = 227.57, p < 0,01$ donde los sujetos masculinos tuvieron una $\bar{x} = 271,3$ N ($d.t. = 38,2$) y las mujeres $\bar{x} = 151,3$ N ($d.t. = 40,2$), y en fuerza máxima en el estilo crol completo $F(1,2) = 35.75, p < 0,05$ donde los sujetos varones tuvieron una $\bar{x} = 263,9$ N ($d.t. = 39,81$) y las mujeres $\bar{x} = 185,3$ N ($d.t. = 30,39$).

La interacción brazo por sexo ha sido significativa en fuerza máxima en el estilo crol completo $F(1,2) = 24.83, p < 0,05$. La interacción se expresa gráficamente en la figura 6.3.

La diferencia entre brazos ha sido significativa en fuerza máxima en brazos de crol con palas $F(1,2) = 28.62, p < 0,05$, donde los nadadores aplicaron con su extremidad superior izquierda una fuerza propulsiva a velocidad cero de una $\bar{x} = 87,95$ N ($d.t. = 36,60$) y con el brazo derecho una $\bar{x} = 110,65$ N ($d.t. = 32,56$). y en la fuerza media en brazos de crol con palas $F(1) = 35.80, p < 0,05$. donde los nadadores obtuvieron con su brazo izquierdo una fuerza propulsiva a velocidad cero de una $\bar{x} = 191,41$ N ($d.t. = 76,28$) y con el brazo derecho una $\bar{x} = 231,17$ N ($d.t. = 63,71$).

La interacción brazo por ciclo ha sido significativa en la fuerza máxima en crol completo con aletas $F(4,4) = 12.26, p < 0,05$. Téngase en cuenta que en este caso sólo se analizaron los dos sujetos femeninos. Ver gráfica de la interacción en la figura 6.4.

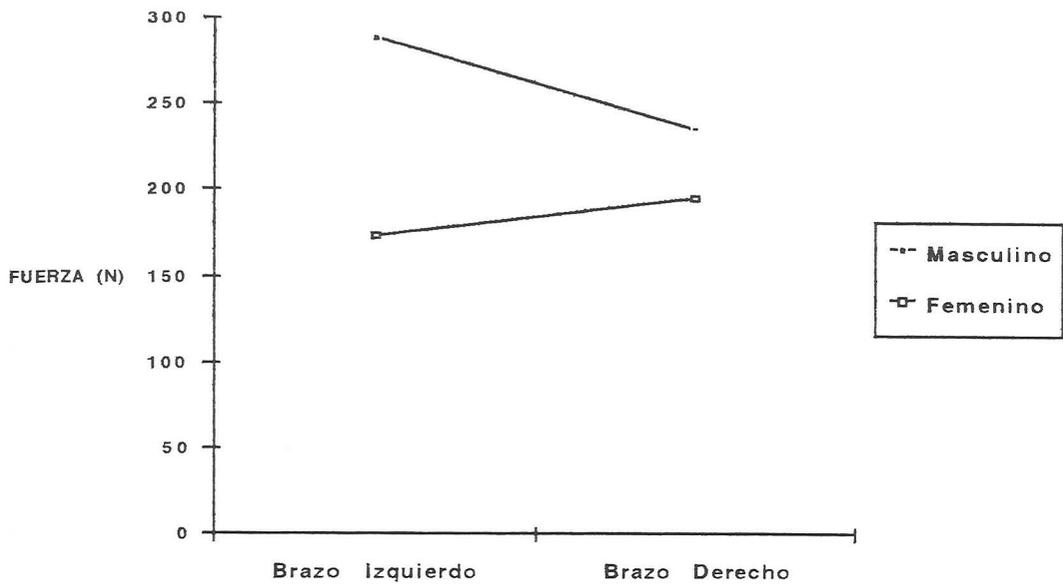


Figura 6.3.: Gráfica de la interacción significativa Sexo • Brazo encontrada en el análisis de varianza de medidas repetidas $2 \cdot (2 \cdot 5)$ de los máximos obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero del estilo crol completo.

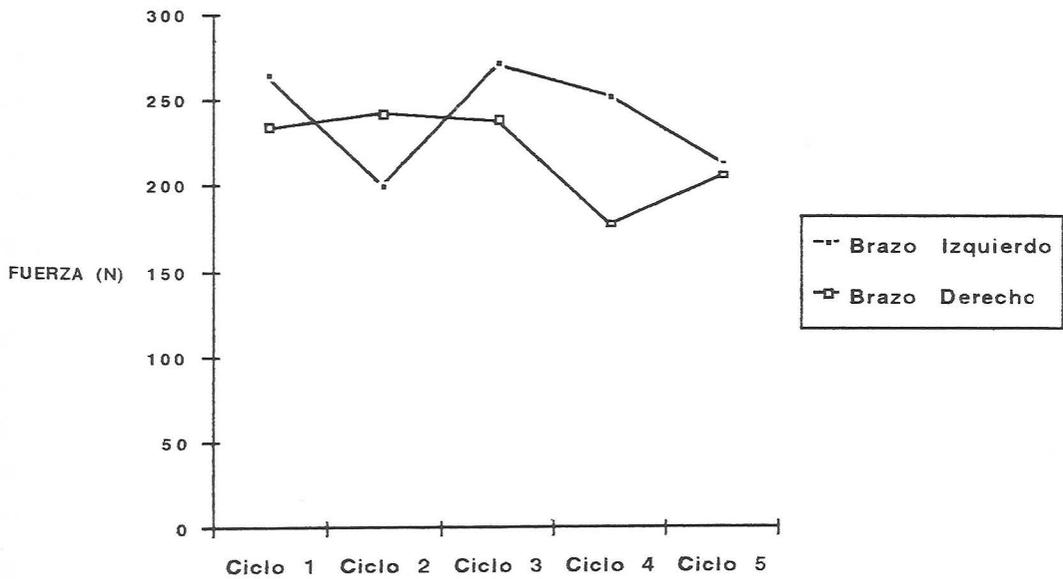


Figura 6.4.: Gráfica de la interacción significativa Brazo • Ciclo encontrada en el análisis de varianza de medidas repetidas $2 \cdot 5$ de los máximos obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero del estilo crol completo con aletas.

6.2. Experimento 2:

6.2.1. Análisis Descriptivo:

6.2.1.1. Análisis Gráfico:

En este experimento el análisis se llevará a cabo sobre tres tipos diferenciados de representaciones gráficas : 1) gráficas del registro de fuerza durante 10 ciclos aplicando la mayor fuerza posible, 2) gráficas del registro de fuerza durante 30 segundos 3) gráficas de las trayectorias bidimensionales de la tracción. En los dos primeros casos los comentarios se realizan siguiendo criterios similares a los utilizados en el anterior experimento en el tercero se aplicarán las técnicas básicas de la cinemática aplicada a la biomecánica deportiva. La repetición de los registros a lo largo de la temporada permite comparar en un período de tiempo las gráficas de un mismo sujeto.

En las gráficas del registro de fuerza durante 10 ciclos aplicando la mayor fuerza posible nos encontramos un patrón similar al que se observó en el anterior experimento: 1) diferenciación más clara de cada ciclo en los nadadores con mejor nivel deportivo y unos picos de fuerza mayores en los hombres (todas las gráficas de estos registros se encuentran en el anexo III, a partir de ahora al referirnos a un sujeto por un número y para saber en que página del anexo correspondiente se encuentra su gráfica debe de consultarse la tabla 6.4 bis).

Dado que en este caso se utilizaron 19 sujetos hemos podido agruparlos por la forma de la gráfica del registro tal como se resume en la tabla 6.5 y por el tipo de modificaciones que se observan en el registro a lo largo del macrociclo como se muestra en la tabla 6.6. Esta clasificación es una adaptación del procedimiento de Bollens y Clarys (1984) detallado en el capítulo tercero. Si partimos de la hipótesis de que el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero tiende a ser una senoide, los ciclos deben de diferenciarse claramente, debiendo ser los valores de mayor amplitud lo más altos posible y similares entre sí. Los valores de menor amplitud, también deben ser similares entre sí, aunque con unos valores que serán algo mayores que cero. De igual forma en situaciones ideales, la frecuencia debería tender a un valor fijo durante todos los ciclos.

TABLA 6.4 bis
RELACION DE SUJETOS PARTICIPANTES EN
EL EXPERIMENTO N° 2 Y SU CORRESPONDIENTE
COLOCACION EN LAS GRAFICAS DE LOS ANEXOS III, IV y V

Sujeto	Página en Anexo III	Página en Anexo IV	Digitalización en Anexo V
1	2	2	8
2	3	3	3
3	4	4	17
4	5	5	11
5	6	6	2
6	7	7	18
7	8	8	4
8	9	9	7
9	10	10	12
10	11	11	13
11	12	12	16
12	13	13	6
13	14	14	10
14	15	15	1
15	16	16	15
16	17	Sin registro	14
17	18	Sin registro	5
18	19	19	Sin digitalización
19	20	20	Sin digitalización
20	Sin registro	17	Sin digitalización
21	Sin registro	18	9

Cuando esta situación se modifica podríamos llegar al nivel contrario, es decir cuando los valores del registro tienen amplitudes bajas y variables, y la frecuencia se modifica continuamente tendiendo a ser muy alta. Por tanto se ha categorizado el análisis, en cuanto al análisis individual del registro en cinco niveles: 1) ciclos diferenciados con amplitudes altas (situación ideal), 2) ciclos indiferenciados con amplitudes altas, 3) ciclos diferenciados con amplitudes medias, 4) ciclos indiferenciados con amplitudes medias, 5) ciclos diferenciados con amplitudes bajas, y 6) ciclos indiferenciados con amplitudes bajas, situación que no es en absoluto deseable para un nadador de competición. Si lo que queremos es comparar los registros obtenidos por un sujeto durante las tres sesiones de evaluación, con el fin de observar las modificaciones entre registros causadas por el entrenamiento, los niveles a aplicar deberán ser diferentes a los anteriores, ya que aquí apreciamos qué tendencia se observa en la modificación del registro, estableciéndose los siguientes niveles: 1) diferenciación de los ciclos, 2) variación de la frecuencia, 3) variación de la amplitud, y 4) el registro permanece constante. En los casos anteriores se puede subcategorizar cada uno de ellos a excepción del 4º, estableciendo dos niveles para cada nivel anterior: 1) aumento de las variables en cuestión (diferenciación, frecuencia y amplitud) y 2) disminución del valor de las variables. Debe tenerse en cuenta, en cualquier caso, que este es un análisis cualitativo con las limitaciones que el mismo conlleva. Los números que aparecen en las tablas 6.5 y 6.6 se refieren a los que se asignaron a cada sujeto a lo largo de los experimentos, en ningún caso representan frecuencias. Sólo los datos entre paréntesis expresan las mismas (véase anexo VI). Existe algún caso en la tabla 6.6, en que un mismo sujeto se encuentra en dos categorías distintas, como por ejemplo el sujeto nº9, caso en que tiende a que su registro no se diferencien los ciclos y disminuya la frecuencia.

Desde un punto de vista teórico los nadadores deberían encontrarse en el grupo "ciclos diferenciados con amplitudes altas", sin embargo sólo dos de los que tenían mejor nivel natatorio se sitúan en este grupo (sujetos nº 1 y nº 2) encontrándose otro cuyo nivel es inferior (sujeto nº 4). Algo parecido ocurre con las chicas que aparecen en su mayoría en el grupo "ciclos diferenciados con amplitudes medias de fuerza". En el grupo de "ciclos no diferenciados con amplitudes medias de fuerza" aparecen los nadadores más jóvenes del grupo y con una cierta calidad. En el último grupo "ciclos no claramente diferenciados con amplitud baja" se encuentran nadadores con errores claros en su técnica. Esta agrupación de los nadadores, que se relaciona con los niveles cualitativos de los registros, está basada en sus resultados de competición y en las observaciones realizadas de los vídeos subacuáticos filmados a los nadadores participantes en el experimento. Esto define habitualmente los subgrupos de entrenamiento.

En dos casos las nadadoras tienden a que sus ciclos sean menos diferenciados. Situación paradójica al ser dos nadadoras cuyo nivel de asistencias estuvo por encima de la media, y en uno de los casos su nivel de resultados en competición es alto.

TABLA 6.5.
CLASIFICACION DE LOS SUJETOS EN FUNCION
DEL TIPO DE GRAFICA DEL REGISTRO DE FUERZA
A VELOCIDAD CERO DURANTE 10 CICLOS

Tipos de Ciclos	Sujetos	
	Masculino	Femenino
Ciclos diferenciados con amplitudes altas	1,2,4 (3)*	
Ciclos indiferenciados con amplitudes altas	3 (1)	
Ciclos diferenciados con amplitudes medias		10,11,16,17,19 (5)
Ciclos indiferenciados con amplitudes medias	6,7,8,14 (4)	9,12 (2)
Ciclos diferenciados con amplitudes bajas		18 (1)
Ciclos indiferenciados con amplitudes bajas	5,13 (2)	15 (1)

* Entre paréntesis frecuencia

TABLA 6.6
TENDENCIAS EN LAS MODIFICACIONES DEL REGISTRO
DE FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO DURANTE 10 CICLOS

Modificación observada	Sujetos	
	Masculino	Femenino
Tiende a diferenciarse los ciclos	3,5,6,7,14 (5)*	11 (1)
Tiende a no diferenciarse los ciclos		9,12 (2)
Tiende a aumentar la frecuencia	1,4 (2)	
Tiende a disminuir la frecuencia		9,18 (2)
Tiende a aumentar los picos de fuerza	13 (1)	
Tiende a disminuir los picos de fuerza		10 (1)
Permanece la curva constante	2,8,21 (3)	15,20,19 (3)

* Entre paréntesis frecuencia

Cuando observamos cómo se modifican los registros a lo largo del tiempo, destacamos que hubo dos grupos con mayor frecuencia, uno en el que el registro tiende a modificarse mostrando con más claridad cada ciclo representando un 31,5% del total y otro en el que las curvas permanecen muy parecidas a lo largo de los registros también con un porcentaje del 31,5%. Los seis sujetos que se encuentran en este grupo podemos considerar que han experimentado mejoras positivas, mientras que en el grupo final los sujetos no han experimentado modificaciones, perteneciendo éstos últimos en su mayoría al grupo con menor número de asistencias, situación esperada por nosotros. En el otro tipo de modificaciones que no siempre se pueden considerar puramente positivas o negativas se encuentra el resto del grupo (un 37% del total).

El mismo procedimiento de análisis cualitativo se puede realizar observando los registros de fuerza propulsiva a velocidad cero realizados durante esfuerzos de 30 s de duración, intentando el sujeto mantener una intensidad lo más alta posible de esfuerzo durante ese tiempo. El número de ciclos fue mucho mayor y la fuerza aplicada tanto en la media como en los puntos de amplitud máxima por ciclo fue menor, que en los registros analizados anteriormente.

Como se puede observar en la tabla 6.7, los sujetos que realizaron diferenciados los 10 ciclos con amplitudes altas, también se encontraron en el grupo similar del registro de 30 s (en este caso sólo se diferenció entre amplitudes medias y bajas, ya que resulta imposible mantener durante 30 s las amplitudes conseguidas al realizar sólo 10 ciclos), aumentando el porcentaje de sujetos en el grupo de ciclos no diferenciados con amplitudes de fuerza bajas.

En la tabla 6.8 y analizando la fuerza media a intervalos de 6 s durante el registro y su posible variación durante las tres mediciones, observamos que en un 26,3 % aumentaron los valores en cada registro, un 10,5 % empeoró y 63,2 % mantuvieron el mismo nivel.

En un 42,1 % las curvas prácticamente no se modifican en los diferentes registros.

En un 26,3 % los nadadores tienden a disminuir su amplitud máxima de fuerza por ciclo lo cual no significa en todos los casos una menor fuerza media.

El 21 % aumentó su frecuencia a lo largo del macrociclo de entrenamiento.

Sólo dos sujetos mantienen la situación de ciclos no diferenciados en los dos tests de registro de fuerza, mientras que otros tres pasan a la situación de ciclos diferenciados al ejecutar el test de 30 s. esto significa que la mayor parte del grupo permaneció con el mismo nivel de diferenciación de los registros.

En la figura 6.5 se puede observar a un sujeto considerado de nivel alto dentro del grupo de estudio. En este caso podemos observar en los registros cómo el sujeto aumenta su frecuencia a lo largo de las tres mediciones, así como la calidad del registro de fuerza al disminuir los intervalos relativamente largos sin propulsión que se observan en el primer registro. La fuerza media aumenta en cada registro, así como los valores de fuerza media cada seis segundos mostrados en la parte inferior de la figura. Esta situación que podemos considerar de adecuada en cuanto a la adaptación al entrenamiento, se pudo confirmar en este

TABLA 6.7.
CLASIFICACION DE LOS SUJETOS EN FUNCION
DEL TIPO DE GRAFICA DEL REGISTRO DE FUERZA
DURANTE 30 SEGUNDOS

Tipos de Ciclos	Sujetos	
	Masculino	Femenino
Ciclos diferenciados con amplitud media	4,3,2,1* (4)***	
Ciclos indiferenciados con amplitud media		
Ciclos diferenciados amplitud baja	14*,13*,7,6 (4)	19,12**,11,10 (4)
Ciclos indiferenciados con amplitud baja	21,8,5 (3)	20,15,9*,18* (4)

* En sus registros se observan ciclos diferenciados y no diferenciados

** En sus registros se observan amplitudes medias y bajas

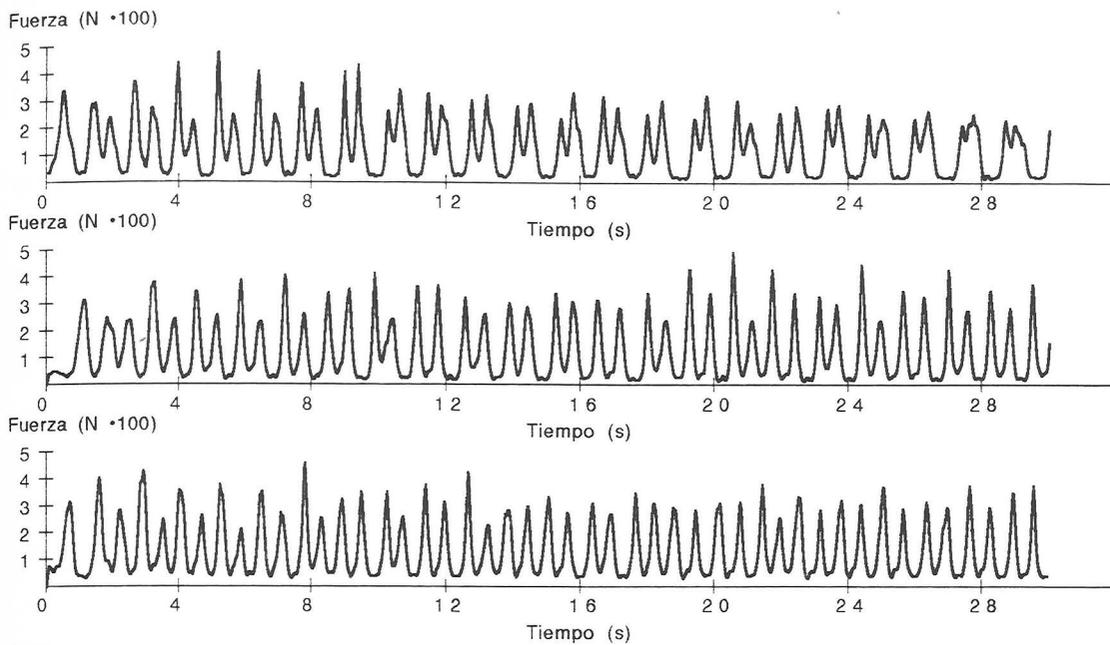
*** Frecuencia entre paréntesis

TABLA 6.8
TENDENCIAS EN LAS MODIFICACIONES DEL REGISTRO
DE FUERZA DURANTE 30 SEGUNDOS

Modificación observada	Sujetos	
	Masculino	Femenino
Tiende a diferenciarse los ciclos	1 (1)*	
Tiende a no diferenciarse los ciclos		9,18 (2)
Tiende a aumentar la frecuencia	1,14 (2)	10,12 (2)
Tiende a disminuir la frecuencia	2 (1)	
Tiende a aumentar los picos de fuerza	3,13 (2)	
Tiende a disminuir los picos de fuerza	6,14 (2)	10,12,19 (3)
Permanece la curva constante	4,5,7,8,21 (4)	11,15 (2)
La fuerza media a intervalos tiende a aumentar	1,3 (2)	10,12,20 (3)
La fuerza media a intervalos tiende a disminuir	2,6 (2)	

*Frecuencia entre paréntesis

EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =JAV2.30N Registro: 2 =JAVI.30N Registro: 3 =S4.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s



Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 359194	SUMA = 360272	SUMA = 394549
MEDIA TOTAL = 119.73 Nw	MEDIA TOTAL = 120.09 Nw	MEDIA TOTAL = 131.82 Nw
D.T. TOTAL = 96.25	D.T. TOTAL = 105.91	D.T. TOTAL = 99.80
Máximo = 493.00 Nw	Máximo = 490.00 Nw	Máximo = 457.00 Nw

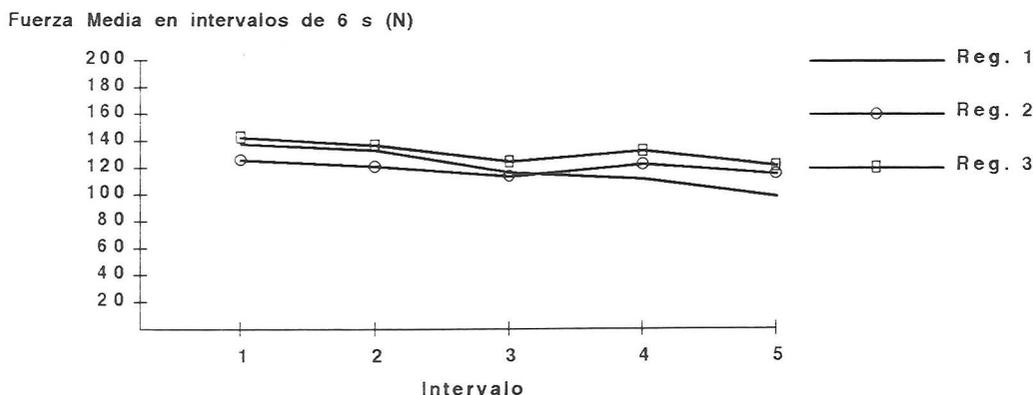


Figura 6.5.: Graficas de los registros de fuerza a velocidad cero obtenidos durante 30 s de esfuerzo en los tres tests realizados a lo largo del macrociclo por el sujeto número 1. Esta y todas las demás gráficas obtenidas por los sujetos aparecen en el anexo IV.

caso particular por los resultados en competición obtenidos al finalizar el macrociclo, muy superiores a los realizados al comienzo. Este nadador se caracterizó por un alto grado de asistencias a los entrenamientos. Su edad estaba por encima de la media del grupo masculino.

Dos nadadoras en el registro de 30 s pasan de ciclos diferenciados a ciclos no diferenciados, en este caso una es de las que menos asistencias tuvo y la otra una de las que más asistió a los entrenamientos. En el primer caso era lógico pensar que la falta de asistencias tan alta perjudicara el registro de fuerza. En el segundo, el efecto de un proceso infeccioso no conocido hasta meses después y la desmotivación consiguiente tuvieron un efecto negativo tanto en los resultados de los registros como en los resultados en competición que fueron empeorando a medida que se aproximaban los campeonatos más importantes.

En cuanto a las gráficas de las trayectorias bidimensionales es necesario diferenciar dentro del grupo distintas trayectorias, relacionándolo con otros aspectos como la coordinación brazos piernas, niveles de fuerza, etc.

De forma general se observa que los nadadores tienden a realizar las tracciones con una trayectoria diferente con cada brazo. Que las tracciones en cada uno de los tres tests permanecen con la misma forma pero modificándose las dimensiones. Que sólo los nadadores de mejor nivel tienen unas trayectorias similares a las que se entienden como modelos técnicos del estilo crol, aunque en algunos casos sólo lo consiguen con uno de los brazos. Todos estos aspectos se cuantifican en la tabla 6.9.

Dentro del grupo de sujetos digitalizado, alrededor del 50 % tanto en hombres como en mujeres, estaba en el grupo de coordinación brazos piernas de 6 tiempos y el resto en el grupo de 2 tiempos (recuérdese los tipos de coordinaciones explicadas en el capítulo IV).

Cuando nos referimos a que la modificación en la trayectoria en cada test es positiva (+), queremos decir que ha podido existir una mejora, ya que ha aumentado la profundidad, se ha acercado la parte más adelantada a la más atrasada o se parece más al modelo técnico de la coordinación con la que se desplaza el nadador. En el caso de que sea negativa (-) es todo lo contrario. Deben tenerse en cuenta aquí los principios hidrodinámicos citados en el capítulo II, donde se explicó la importancia de la utilización de la fuerza de sustentación como componente de la fuerza propulsiva. Dicha fuerza de sustentación se obtiene principalmente de los movimientos hacia arriba y hacia abajo, y de los movimientos hacia adentro y hacia fuera. Al decir antes que se considera positivo que la trayectoria sea más profunda, significa que el movimiento hacia abajo aumentó y por tanto suponiendo que la mano se coloca adecuadamente, aparecerá durante más tiempo la fuerza de sustentación. Si consideramos también positivo que la distancia entre la parte más adelantada y la más retrasada de la tracción se acorte, significa que el nadador aplica con más eficacia los movimientos hacia arriba y abajo, hacia dentro y afuera, con lo que su mano se "sujetará" más en el agua y al aplicar la fuerza producida por el acortamiento de los músculos propulsores de las extremidades superiores, éstas no se desplazarán con relación al espacio tanto hacia atrás, pero sí se moverá su cuerpo hacia delante.

TABLA 6.9
TENDENCIAS EN LAS TRAYECTORIAS
PROPULSIVAS BIDIMENSIONALES

Aspecto observado	Sujetos	
	Masculino	Femenino
Coordinación de 2 tiempos	14,7,8,1,21 (5)*	17,12,10 (3)
Coordinación de 6 tiempos	5,2,13,4,3,6 (6)	9,16,15,11 (4)
Modificación en la trayectoria en cada test (+)	14,1,21,13,3,6 (6)	17 (1)
Modificación en la trayectoria en cada test (-)		
Diferencia entre brazos mantenida	5,2,1,13,4,3,6 (7)	12,17,9,10,16, 15,11 (7)
Diferencia entre brazos aleatoria	14,7,8,21 (4)	
Trayectoria alejada del modelo en los 2 brazos	5,7 (2)	
Trayectoria alejada del modelo en un brazo	14,8,21,4,3,6 (6)	12,9,10,16,11 (5)
Trayectoria próxima al modelo en los 2 brazos	2,1,13 (3)	17,15 (2)

* frecuencias entre paréntesis

Como se ve en la tabla 6.9, ningún nadador tendió a una modificación negativa, siendo los hombres los que más tendieron a modificaciones positivas, pero debe tenerse en cuenta que el nivel de partida para el caso de los sujetos masculinos puede considerarse algo inferior.

En el caso de diferencia entre brazos mantenida o aleatoria, ya que el nadador no realiza la misma trayectoria con cada brazo, se trata de observar si estas diferencias se mantienen en cada test o por el contrario se modifican de una forma aleatoria. En este caso lo positivo sería mantener las diferencias o por lo menos que los brazos modifiquen sus trayectorias hacia la trayectoria correcta, hecho que también mantendrá constantes las diferencias. La mayor parte del grupo mantuvo las diferencias, cumpliendo este aspecto la totalidad de los sujetos femeninos.

El modelo técnico general se sigue por la mayor parte de nadadores del grupo aunque sólo sea con un brazo. Cabe pensar que el brazo que así lo hace es el de lateralidad dominante, aunque no se comprobó.

Los sujetos cuyas trayectorias estaban alejadas del modelo también presentaban en uno de los dos tipos de registro ciclos no diferenciados.

Los nadadores de mayor nivel en ese momento se encontraban entre los que tenían las trayectorias más próximas al modelo.

6.2.1.2.Promedios:

Antes de comenzar con la descripción de los resultados obtenidos en las variables dependientes del segundo experimento es el momento de comentar los procedimientos utilizados para comprobar la fiabilidad de los sistemas usados para la toma de datos como son la digitalización y la toma de tiempos necesarios para valorar las variables cuantitativas de la competición (en este caso el test de 50 m crol a máxima velocidad) por medio del programa de ordenador que se explicó en el capítulo anterior. Para obtener la fiabilidad de la digitalización se utilizó un procedimiento similar al descrito por Maglischo C.W., Maglischo E.W. y Santos (1987). Por medio de la digitalización repetida de seis trayectorias y obteniendo el coeficiente de correlación, entre la primera digitalización y la segunda de cada trayectoria. Según Thomas y Nelson (1985) para considerar fiable la medición el coeficiente de correlación debe ser próximo a 1. En nuestro caso los valores del coeficiente de correlación oscilaron entre 0,937 y 0,999, siendo la media 0,986. Siguiendo el mismo procedimiento con las variables cuantitativas obtuvimos correlaciones que oscilaron entre 0,944 y 0,999 con una media de 0.956, siendo en ambos casos los coeficientes significativos ($p < 0,01$).

Los resultados en el segundo experimento se han agrupado de la siguiente manera (véase la tabla 6.10) :

1. Resultados del análisis cinemático
2. Resultados del registro de fuerza propulsiva
3. Resultados de las variables cuantitativas
4. Resultados de los tests de flexibilidad

En cualquier caso siempre se observaron los valores medios del grupo en su totalidad y de los subgrupos formados por los sujetos de diferente sexo.

Las variables cinemáticas fueron observadas en un total de once sujetos en los tres tests realizados durante el macrociclo de entrenamiento. De forma general se puede observar cómo las variables no se modifican con un criterio fijo, es decir, podría esperarse que el efecto del entrenamiento sobre ellas hiciera aumentar su valor de forma paulatina, o bien todo lo contrario. Pero la realidad fue que en unos casos las variables aumentan para luego disminuir, o disminuyen para luego aumentar. Esta variación libre es así, incluso comparando las dos extremidades superiores entre sí. En las medidas directas (A,B,C en tabla 6.9) observamos que sus valores están próximos al medio metro, valor que en el caso de la primera (A) y segunda (B) es pequeño, aunque normal en ambas, dada la edad media de los sujetos y su envergadura en la primera y el tipo de coordinación de piernas-brazos utilizado en la segunda. Recuérdese según se vió en el capítulo IV, cómo en el crol de dos tiempos el movimiento que sigue a la entrada está principalmente dirigido hacia abajo, cosa que lo diferencia con el de 6 tiempos, donde la mano se dirige primeramente hacia delante antes de moverse hacia abajo. Como se vió en la tabla 6.9 ocho sujetos realizaban el estilo crol coordinándolo en seis tiempos y diez lo hacían en dos tiempos, por tanto el valor de la variable B es un valor medio entre lo que sería normal para el seis tiempos (un valor más alto) o para el dos tiempos (un valor más bajo). En la tercera variable (C) los valores comparativamente a la profundidad (A) son demasiado grandes, como se puede apreciar al relacionarlos en la variable quinta ($RC = C / A$). Según explicamos antes, un valor menor en la variable C significará una menor aplicación de la componente sustentadora en la fuerza propulsora.

La diferencia entre la distancia del punto de entrada al punto más adelantado y la distancia del punto más adelantado al más retrasado (variable cinemática R) es en todos los casos negativa, resultado que se puede explicar por el mismo razonamiento que la variable B. En este caso también ha influido la escasa calidad técnica observada en las trayectorias propulsivas de algunos nadadores especialmente los más jóvenes.

En cuanto a la fuerza propulsiva aplicada a velocidad cero en las dos situaciones (véase tabla 6.10, segundo apartado): 1) 10 ciclos aplicando la máxima fuerza posible, y 2) durante un esfuerzo máximo de 30 s, podemos observar como en los dos casos la fuerza aumenta en cada test. A primera vista la mejora en la fuerza es ligeramente superior entre el segundo y tercer test, que entre el primero y segundo. Como esperábamos, la fuerza media aplicada durante 30 s fue inferior a la fuerza media aplicada en 10 ciclos representando alrededor de un 80%. Si diferenciamos el porcentaje entre tests (fuerza 30 s / fuerza 10 c), ésta disminuye o lo que es lo mismo, la fuerza en 30 s aumenta en menor grado cada test que la fuerza en 10 ciclos.

Las variables cuantitativas obtenidas al realizar 50 m estilo crol muestran los siguientes resultados (véase tabla 6.10, tercer apartado): el tiempo total es de alrededor de 30 s, tiempo utilizado también en uno de los tests de registro de fuerza, disminuyendo claramente en el

TABLA 6.10
MEDIAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
EN LAS VARIABLES DEPENDIENTES
DEL SEGUNDO EXPERIMENTO
EN SUJETOS PARTICIPANTES EN LAS TRES TOMAS DE DATOS

Tipo Variable	Variable	N	Media test 1	Media test 2	Media test 3
Cinemática (m) *	<i>A. Profundidad Máxima</i>	11			
	(mano izquierda)		0,611	0,626	0,614
	(mano derecha)		0,612	0,583	0,601
	<i>B. Entrada-punto más adelant.</i>	11			
	(mano izquierda)		0,486	0,419	0,432
	(mano derecha)		0,541	0,458	0,494
	<i>C. Punto más ad.-más retras.</i>	11			
	(mano izquierda)		0,578	0,595	0,565
	(mano derecha)		0,612	0,647	0,551
	<i>R = B - C</i>	11			
	(mano izquierda)		-0,092	-0,175	-0,134
	(mano derecha)		-0,071	-0,189	-0,057
<i>RC = C / A</i>	11				
(mano izquierda)		0,953	0,969	0,959	
(mano derecha)		1,004	1,112	0,921	
Fuerza (N)	10 ciclos	11	111,92	117,19	128,09
	30 s	10	90,38	91,18	96,39
	% F(30 s) / F(10 ciclos)	10	83,50	80,64	78,07
Cuantitativas	Tiempo en 50 m (s)	10	30,610	30,654	29,808
	Velocidad media (m/s)	10	1,653	1,668	1,721
	Frecuencia de ciclo (Hz)	10	0,861	0,858	0,889
	Longitud de ciclo (m)	10	1,924	1,949	1,944
Flexibilidad (grados)	Flexión dorsal tobillo	9	85	87	86
	Flexión plantar tobillo	9	156	161	158
	Hiperflexión de hombros	10	5	15	10
	Abducc. lat. hombro izq.	9	32	27	26
	Abducc. lat. hombro der.	9	31	28	28

* Ver figura 5.10, pág. 115

tercer test. La velocidad media aumenta en cada test al igual que la frecuencia. En la longitud de ciclo, aumenta del primero al segundo test permaneciendo practicamente igual en el tercero.

En el caso de la flexibilidad (véase tabla 6.10, cuarto apartado), los resultados presentan valores muy similares entre cada test, sin que se aprecie una tendencia en cuanto a su aumento o disminución. Los valores pueden calificarse como apropiados para el grupo en cuestión.

6.2.2. Análisis Correlacional:

Se realizaron diversas matrices de correlación con el fin de observar si existieron relaciones entre las variables del estudio. En todos los casos, independientemente del experimento, se utilizó la tabla de valores críticos del coeficiente de correlación de Fisher que aparece en el libro de Thomas y Nelson (1985). Para considerar el coeficiente de correlación significativo elegimos un nivel de significación $p < 0.05$, siendo los grados de libertad $N-2$.

Hubo variables que se midieron una sola vez y que se correlacionaron con las otras variables medidas en el test del mismo día. Esto ocurrió con las variables envergadura, altura, peso, y la prueba dinamométrica de los músculos flexores de la mano (medida en ambas manos), que se evaluaron solamente durante el test inicial. En el caso de las variables medidas repetidamente se correlacionaron cada vez con el fin de observar si esa correlación era consistente. Como en todas las variables podíamos prever que el efecto del sexo pudiera aumentar el valor del coeficiente, se realizó el cálculo independientemente a cada sexo. Con el fin de conseguir eliminar el efecto de la variable edad en las diversas correlaciones se utilizó la correlación parcial. Dadas las correlaciones de las variables entre sí y de éstas con la edad y aplicando la fórmula de correlación parcial⁴ (Thomas y Nelson, 1985) se obtiene la correlación corregido el efecto de la edad o lo que es lo mismo permaneciendo la edad como constante. Esto es particularmente importante en variables como la talla, envergadura, fuerza, etc. que dependen directamente de la edad, sobre todo en los sujetos de nuestro estudio, cuyo rango de edad se encuentra en la etapa de la pubertad y los cambios debidos a la maduración son notables.

La variable asistencias se correlacionó con las variables cuantitativas y de registro de fuerza diferenciando el sexo. En el grupo masculino ($n=12$) no se encontraron valores significativos, pero sí en el femenino ($n=10$), donde se obtuvieron correlaciones significativas entre asistencias y tiempo en 50 m, $r = -0,873$ ($p < 0,05$) y velocidad media de nado $r = 0,905$ ($p < 0,01$). En el primer caso los nadadores asistentes a los entrenamientos no se agruparon especialmente en los que más edad o nivel tenían. En el grupo femenino, las nadadoras con mejores tiempos en 50 m eran las mayores en edad y además asistieron con más regularidad a

4

$$r_{12 \cdot 3} = \frac{r_{12} \cdot r_{13} \cdot r_{23}}{\sqrt{1 - r_{13}^2} \sqrt{1 - r_{23}^2}}$$

los entrenamientos. El caso contrario se encontró al correlacionar dichas variables con la edad; ahora es el grupo masculino el que muestra coeficientes de correlación significativos entre ésta y el tiempo en 50 m, $r = -0.828$ ($p < 0.05$) y fuerza media en 30 s, $r = 0.788$ ($p < 0.05$), siendo muy próximos a ser significativos en las variables relacionadas velocidad media, $r = 0,717$ y fuerza media en 10 ciclos, $r = 0,748$. En el grupo femenino no se encontraron correlaciones significativas con la edad.

Al correlacionar las variables antropométricas citadas más arriba entre sí y con la edad, se observó en el grupo masculino ($n=9$) que todas ellas correlacionaban significativamente con la edad ($p < 0,05$). Esto era lógico sobre todo en variables como la edad, talla, peso y envergadura. Como la correlación entre dinamometría con ambas manos también correlacionó con la edad, esta prueba correlacionó con todas las demás. Pero el hecho de correlacionar con la edad, en este caso no ha sido suficiente como para que la correlación entre ellas fuera explicada por ésta. Al realizar la correlación parcial $r_{12\cdot3}$ para eliminar el efecto de la edad en la misma se obtuvieron los siguientes resultados:

- correlación envergadura / peso / (edad):	0,978 $p < 0,001$
- correlación altura / peso / (edad):	0,943 $p < 0,001$
- correlación envergadura / altura / (edad):	0,942 $p < 0,001$
- correlación peso / din. der. / (edad):	0,839 $p < 0,01$
- correlación peso / din. izq. / (edad):	0,741 $p < 0,05$

Al realizar el mismo análisis con el grupo femenino ($n=7$) observamos que no existió ninguna correlación significativa con la edad, a pesar de todo bloqueamos su posible efecto con la correlación parcial obteniéndose los siguientes resultados significativos:

- correlación envergadura / peso / (edad):	0,846 $p < 0,05$
- correlación altura / peso / (edad):	0,945 $p < 0,01$
- correlación envergadura / altura / (edad):	0,899 $p < 0,01$

En el grupo femenino no existió relación entre el peso y la dinamometría.

La correlación entre la dinamometría de la mano derecha y de la izquierda fue de 0,97 ($p < 0,001$) en hombres y de 0,94 ($p < 0,01$) en mujeres.

Al correlacionar los resultados de los tests en el primer mes con la edad, el valor del coeficiente fue significativo en el grupo masculino en las siguientes pruebas:

- correlación edad / profundidad trayectoria	0,637 $p < 0,05$
- correlación edad / tiempo en 50 m	- 0,679 $p < 0,05$
- correlación edad / longitud de ciclo	0,791 $p < 0,05$
- correlación edad / frecuencia de ciclo	0,837 $p < 0,01$

- correlación edad / fuerza prop. en 10 ciclos 0,859 $p < 0,001$
- correlación edad / fuerza prop. en 30 s 0,787 $p < 0,01$

En el grupo femenino el resultado fue significativo sólo en:

- correlación edad / fuerza prop. en 10 ciclos 0,905 $p < 0,05$

Relacionando los factores antropométricos con los diversos tests técnicos realizados, observamos los resultados que se resumen en la tabla 6.11 y 6.12.

En el caso de la fuerza medida en el agua con la fuerza medida con el dinamómetro y realizando la correlación parcial con la edad, los resultados fueron los siguientes para hombres:

- correlación fuerza 10 cic. / din. der. / (edad) 0,825 $p < 0,01$
- correlación fuerza 10 cic. / din. izq. / (edad) 0,867 $p < 0,01$
- correlación fuerza 30 s / din. der. / (edad) 0,762 $p < 0,05$
- correlación fuerza 30 s / din. izq. / (edad) 0,820 $p < 0,01$

En el grupo de mujeres las correlaciones en este caso no fueron significativas.

Las variables relativas a las características de la trayectoria propulsiva en su proyección bidimensional fueron correlacionadas con las variables antropométricas talla y estatura manteniendo la edad como constante, no existiendo ninguna correlación significativa en el grupo masculino, siendo en el grupo femenino los resultados:

- correlación profundidad br. izq. / envergadura / (edad) 0,849 $p < 0,05$
- correlación distancia desde entrada hasta el punto más adelantado / envergadura / (edad) 0,873 $p < 0,05$

Uno de los aspectos más importantes en el estudio fue observar la posible relación entre la velocidad media de nado y el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero, replicando los experimentos realizados por otros autores. En la tabla 6.13 se resumen los resultados de las correlaciones parciales con la edad como constante, separando el grupo masculino del femenino. Puede observarse cómo los coeficientes son altos y significativos en el grupo masculino y no son significativos en el femenino. En el grupo masculino las relaciones fueron similarmente altas tanto en el registro de 10 ciclos como en el de 30 s. Las diferencias en el número de sujetos en cada grupo, las diferencias en nivel, y las distintas variaciones en las asistencias pueden haber propiciado esta situación tan diferente entre los grupos.

TABLA 6.11
VALORES DEL COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE
LAS MEDIDAS ANTROPOMETRICAS, FUERZA DINAMOMETRICA Y
EL RESTO DE VARIABLES OBSERVADAS DURANTE EL
PRIMER TEST EN EL GRUPO MASCULINO

Variables test 1	TALLA	ENVER	PESO	DIN.D.	DIN.I.
Tiempo en 50 m	-0,800*		-0,848*		
Velocidad media	0,908**		0,916**	0,698*	0,735*
Longitud de ciclo			0,858*	0,819**	0,701*
Frecuencia de ciclo				-0,725*	
Fuerza media en 10 ciclos	0,806*	0,888**	0,948***	0,829**	0,827*
Fuerza media en 30 s	0,893**	0,888**	0,940***	0,779**	0,889*
Profundidad Máxima mano der.				0,634*	

* $p < 0,05$
 ** $p < 0,01$
 *** $p < 0,001$

TABLA 6.12
VALORES DEL COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE
LAS MEDIDAS ANTROPOMETRICAS, FUERZA DINAMOMETRICA Y
EL RESTO DE VARIABLES OBSERVADAS DURANTE EL
PRIMER TEST EN EL GRUPO FEMENINO

Variables test 1	TALLA	ENVER	PESO	DIN.D.	DIN.I.
Velocidad media				0,779*	
Fuerza media en 10 ciclos				0,889**	
Relación fuerza med 10 c / f.m. 30 s				0,914**	
Profundidad Máxima mano izq.		0,850*			
Dif. entrada - más adelantado		-0,873*			-0,836*

* $p < 0,05$
 ** $p < 0,01$
 *** $p < 0,001$

TABLA 6.13
 VALORES DEL COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE
 LA VELOCIDAD MEDIA DE NADO Y LOS TESTS DE REGISTRO DE
 FUERZA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO MANTENIENDO
 LA EDAD CONSTANTE

GRUPO MASC.							
	n	F 10 c - 1	F 10 c - 2	F 10 c - 3	F 30 s- 1	F 30 s- 2	F 30 s- 3
TEST 1	9	0,889 **			0,848 **		
TEST 2	8		0,813 *			0,946 ***	
TEST 3	9			0,855 **			0,848 **
GRUPO FEMEN.							
	n	F 10 c - 1	F 10 c - 2	F 10 c - 3	F 30 s- 1	F 30 s- 2	F 30 s- 3
TEST 1	6	n.s.			0,828 *		
TEST 2	5		n.s.			n.s.	
TEST 3	7			n.s.			n.s.

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

n.s. *no significativa*

6.2.3. Análisis Inferencial:

Se analizaron las posibles diferencias entre el brazo izquierdo y el derecho en cada una de las variables analizadas en las trayectorias propulsivas en su proyección bidimensional en los tres tests realizados. Para ello se utilizó la prueba "t" para medidas apareadas. Las únicas diferencias se obtuvieron en la profundidad máxima en el segundo test en hombres, donde $t(8) = -2,439$ $p < 0,05$ y la diferencia entre el punto de entrada de la mano y el más adelantado de la trayectoria en el tercer test en hombres, $t(9) = 2,925$ $p < 0,017$. En el resto de variables y tests no existieron diferencias significativas entre tests.

Se analizaron las diferencias entre sexos en cada uno de los tests realizados, tanto de las medidas antropométricas como de las demás variables estudiadas, aplicando la prueba "t" para muestras independientes obtenemos los siguientes resultados:

- Profundidad máxima mano derecha test - 2	$t(13) = -2,844$	$p < 0,05$
- Tiempo en 50 m test - 3	$t(16) = -3,354$	$p < 0,01$
- Velocidad media test - 3	$t(16) = 3,354$	$p < 0,01$
- Fuerza media en 30 s test - 1	$t(14) = 2,348$	$p < 0,05$
- Fuerza media en 30 s test - 2	$t(13) = 2,436$	$p < 0,05$
- Fuerza media en 10 ciclos test - 1	$t(16) = 2,514$	$p < 0,05$
- Fuerza media en 10 ciclos test - 2	$t(13) = 2,801$	$p < 0,05$
- Fuerza media en 10 ciclos test - 3	$t(14) = 2,584$	$p < 0,05$
- Relación porcentual F10 c / F30 s test - 1	$t(14) = -2,415$	$p < 0,05$
- Relación porcentual F10 c / F30 s test - 2	$t(11) = -2,721$	$p < 0,05$

Con el fin de comprobar el efecto del entrenamiento en las diversas variables medidas a lo largo del macrociclo se utilizó el análisis de varianza de medidas repetidas utilizando como factor de agrupamiento el sexo. En este caso se tomaron solamente los sujetos que repitieron los tres tests (ver el número de sujetos en cada variable en la tabla 6.10). Todas las tablas de los ANOVA de medidas repetidas se encuentran en el anexo VII.

En el caso de los test de flexibilidad no existieron diferencias significativas entre las tres mediciones realizadas.

En las medidas de las variables tomadas de la trayectoria propulsiva ocurrió lo mismo a excepción de la variable R, donde la diferencia entre las medidas repetidas fue significativa ($F(2,18) = 3,697$ $p < 0,05$).

En las variables relativas al análisis cuantitativo existieron diferencias significativas en el tiempo en 50 m, tanto entre sexos ($F(1,8) = 8,639$ $p < 0,05$) como entre las medidas repetidas ($F(2,16) = 3,652$ $p < 0,05$). En la variable velocidad media las diferencias fueron similares, entre sexos ($F(1,8) = 8,092$ $p < 0,05$) y entre medidas repetidas ($F(2,16) = 5,537$ $p < 0,05$). Las variables longitud de ciclo y frecuencia no fueron significativas.

La fuerza media durante 10 ciclos fue significativamente diferente entre cada test ($F(2,18) = 13,857$ $p < 0,001$) y entre sexos ($F(1,9) = 9,013$ $p < 0,05$). La fuerza media registrada durante 30 s fue significativamente diferente entre tests repetidos ($F(2,16) = 3,642$ $p < 0,05$) y no lo fue entre sexos. La relación porcentual entre fuerza media en 30 s y fuerza media en 10 ciclos fue significativamente diferente entre sexos ($F(1,8) = 11,986$ $p < 0,01$) y entre medidas repetidas ($F(2,16) = 4,102$ $p < 0,05$).

Dado que los sujetos que realizaron el primer y segundo test o el segundo y el tercero no fueron los mismos que los que realizaron todos los tests, se repitió el mismo análisis de varianza de medidas repetidas pero dos a dos, es decir, el primero con el segundo, el segundo con el tercero y el primero con el tercero, siendo los resultados significativos entre:

- primer y segundo test
 - fuerza media en 10 ciclos
 - entre sexos $F(1,12) = 7,826$ $p < 0,05$
- segundo y tercer test
 - velocidad media en 50 m
 - entre sexos $F(1,13) = 7,048$ $p < 0,05$
 - entre medidas $F(1,13) = 17,463$ $p < 0,01$
 - fuerza media en 10 ciclos
 - entre sexos $F(1,10) = 7,97$ $p < 0,05$
 - entre medidas $F(1,10) = 9,208$ $p < 0,05$
 - fuerza media en 30 s
 - entre medidas $F(1,11) = 10,503$ $p < 0,01$
- primer y tercer test
 - velocidad media en 50 m
 - entre sexos $F(1,11) = 13,315$ $p < 0,01$
 - entre medidas $F(1,11) = 4,672$ $p = 0,0536$
 - fuerza media en 10 ciclos
 - entre sexos $F(1,13) = 8,28$ $p < 0,05$
 - entre medidas $F(1,13) = 46,053$ $p < 0,001$
 - fuerza media en 30 s
 - entre medidas $F(1,12) = 7,86$ $p < 0,05$

Es importante remarcar que entre el primer y segundo test no existieron diferencias significativas en ninguno de los registros de fuerza, pero sí entre el segundo y tercero, y entre primero y tercero. No existieron diferencias entre sexos en el registro de fuerza durante 30 s en ninguna de las comparaciones, pero sí en el registro de 10 ciclos en todos los casos.

6.3. Experimento 3:

6.3.1. Análisis Descriptivo:

En este experimento se utilizó un sistema de sujeción al nadador que permitía alcanzar la fuerza media máxima de forma inmediata, pero sólo se obtenía un dato de cada registro.

El experimento, tal como se expuso en el capítulo anterior se divide en dos partes claramente diferentes:

- 1) Realización de tests de fuerza propulsiva a velocidad cero (por medio de un sistema de sujeción elástico), y velocidad media máxima de nado en 25 m durante un macrociclo de entrenamiento, en tres momentos del ciclo que coinciden con la finalización de mesociclos de entrenamiento. Este grupo fue similar al del experimento anterior. El mismo análisis se realizó con nadadores de edades más pequeñas pero con sólo dos tests uno al principio y otro al final del macrociclo de entrenamiento.
- 2) Comparación de los registros obtenidos de fuerza propulsiva a velocidad cero, velocidad media máxima de nado en 25 m y otros tipos de variables, entre tres grupos diferenciados por sus características generales. Sólo se realizó una medición para establecer la diferencia entre los grupos. Dos de los grupos eran de nadadores, de edades y nivel deportivo diferente y el tercero fueron alumnos de educación física (4º y 5º curso.)

6.3.1.1. Promedios:

Al igual que en el experimento anterior, realizamos una valoración de la fiabilidad de los procedimientos de medición utilizados en el presente experimento. El procedimiento general fue: en aquellas variables donde podría preverse que circunstancias relacionadas con la prueba como el equipamiento y el observador, afectaran a su resultado, se comprobó si esta circunstancia se produjo realmente.

La prueba cronometrada, en la que se recorrían 25 m a máxima velocidad partiendo de una posición prefijada desde el agua, se realizaba en dos intentos, con la suficiente recuperación entre cada uno de ellos. Debido al corto tiempo de duración de la misma los posibles errores de cronometraje podrían suponer variaciones sensibles en los resultados, ya que el cronometraje se realizó de forma manual. Por un lado comprobábamos si el nadador

repetía su resultado de una forma consistente⁵. El cronometraje se realizó por un entrenador experimentado en la medición de tiempos tanto en competiciones como en entrenamientos.

En el caso del primer test (N=26) el valor de R (correlación intraclase) fue de 0.987, en el segundo (N=87) fue de 0,995 y en el tercero (N=25) de 0,992. Los valores obtenidos, próximos a uno, nos demuestran una alta consistencia en este tipo de mediciones.

Realizando el mismo tipo de análisis con los registros de fuerza propulsiva se obtuvo en el segundo test (N=48) una correlación interclase de 0.967, y en el tercero (N=25) fue de 0,989.

Al haber realizado dos registros con cada sujeto se tomó el mejor tanto en tiempos como en fuerza para realizar el resto de análisis estadísticos.

Los resultados obtenidos por cada sujeto de los grupos 1 y 2 que participaron en los tests repetidos a lo largo de la temporada, tanto en registro de fuerza como velocidad media de nado, aparecen reflejados en las figuras 6.6 y 6.7.

Las medias obtenidas por los dos grupos en cada test aparecen en las tablas 6.14 y 6.15 de las páginas siguientes.

Los valores medios obtenidos por los tres grupos en las pruebas de tiempo en 25 m, registro de fuerza propulsiva a velocidad cero y relación fuerza/peso se encuentran en las figuras 6.8 a 6.10 agrupándose los resultados por el sexo. En las figuras 6.11 y 6.12 se encuentran los valores medios obtenidos por los nadadores en registro de fuerza a velocidad cero y tiempo en 25 m en distintas variaciones técnicas, agrupados por el sexo.

Si todos estos resultados los relacionamos con los obtenidos en las mediciones de edad, talla, peso, envergadura y dinamometría, podemos observar lo siguiente:

- La ordenación en función de estas variables fue siempre de manera que el grupo 3 tuvo unos resultados por encima de los otros grupos, y el grupo 1 sobre el 2. Por tanto los mayores en edad fueron más altos, más pesados, de mayor envergadura, y tuvieron valores más altos en dinamometría manual. La única excepción fue en el peso entre el grupo 3 y grupo 1 fem., donde este último grupo fue más pesado. (Ver tabla 5.8, pág.137) Las diferencias entre grupos fueron en todos los casos significativas.
- En el caso de los tests realizados en este último experimento observamos que la ordenación anterior se modificó, de manera que el grupo en el que encontramos valores mayores de fuerza propulsiva a velocidad cero y velocidad media de nado fue el primer grupo, seguido del grupo tercero.

⁵ Consistencia interna en un test significa que el sujeto observado, al realizar el test, tiende a realizar resultados similares en él, independientemente de todas las circunstancias que caracterizan al test. Su medición se basa en el ANOVA de medidas repetidas obteniéndose R o correlación intraclase. Su uso se debe a que al ser una misma variable que se repite su medida no deben utilizarse técnicas de estadística bivariada (dos variables), la fiabilidad en este caso involucra medidas univariadas. R se calcula por medio de la fórmula: $R = (MSs - MSe) / MSs$ donde MSs es la media cuadrática de los sujetos y MSe es la media cuadrática del error, obtenidas ambas a partir de los resultados obtenidos en el análisis de varianza de medidas repetidas. (Thomas y Nelson, 1985)

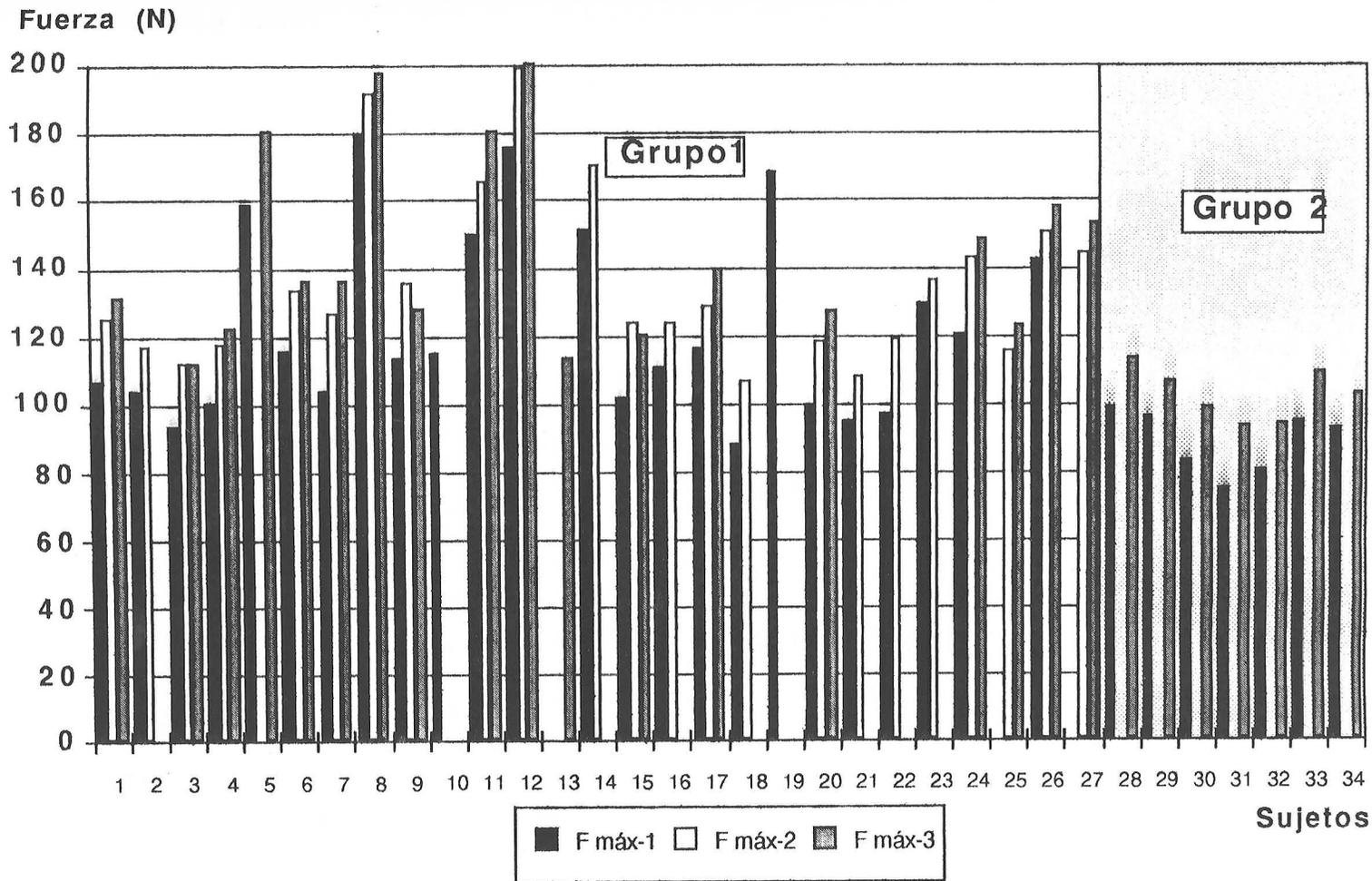


Figura 6.6.: Valores del registro de fuerza propulsiva a velocidad cero obtenido por cada sujeto en cada uno de los tres tests realizados durante el tercer experimento.

Velocidad (m/s)

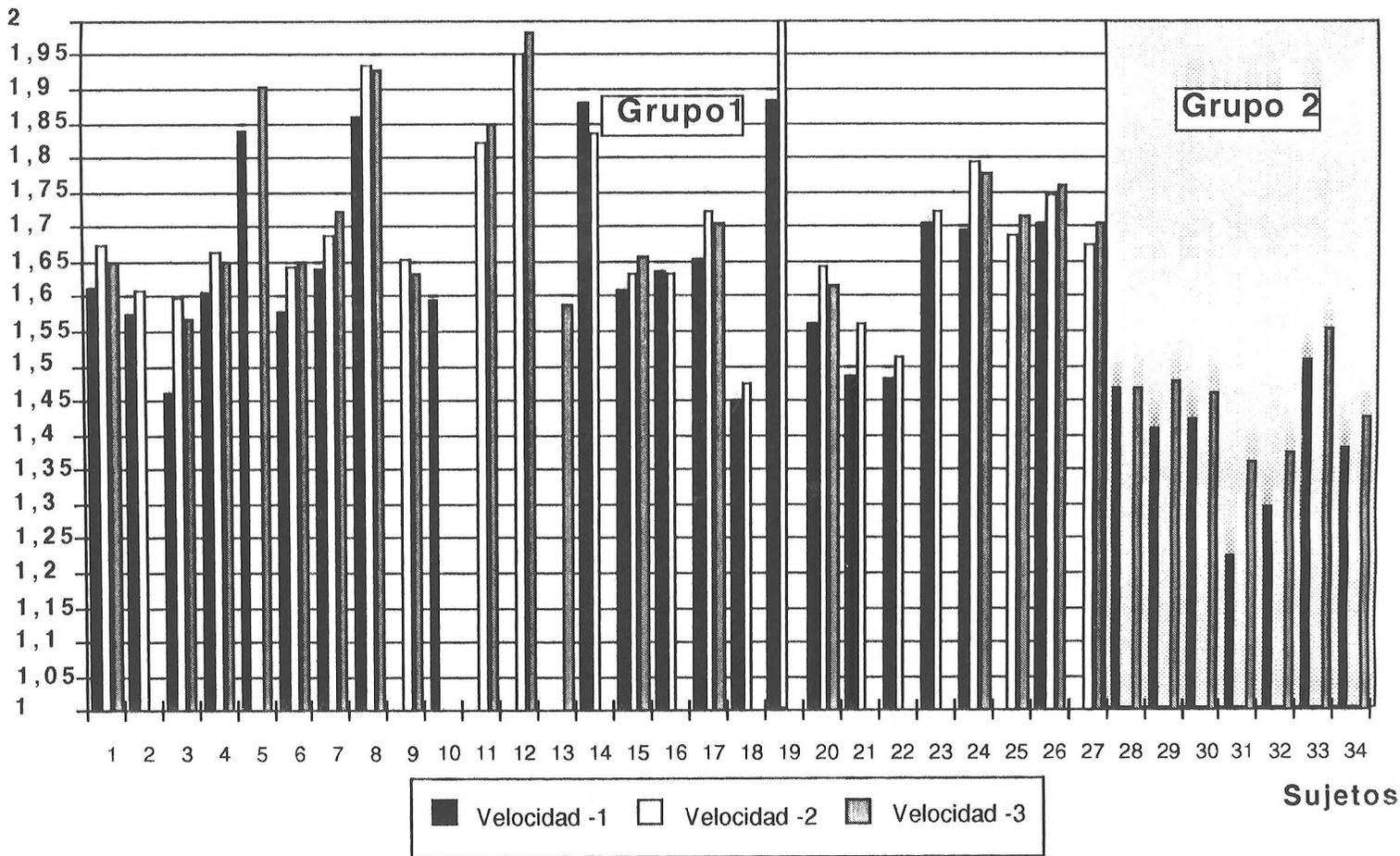


Figura 6.7 : Valores velocidad media de nado obtenidos por cada sujeto en cada uno de los tres tesis realizados durante el tercer experimento.

TABLA 6.14
MEDIAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
EN LAS VARIABLES DEPENDIENTES
DEL TERCER EXPERIMENTO GRUPO N°1
(SUJETOS PARTICIPANTES EN LAS TRES TOMAS DE DATOS
DURANTE EL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO)

Tipo Variable	Variable	Grupo	n	Media test 1	Media test 2	Media test 3
Registro de Fuerza (N)	Fuerza media máxima obtenida durante 15 s de registro	Total	14	122,951	140,963	145,778
		Masc.	10	130,562	147,819	154,22
		Fem.	4	103,925	123,824	124,673
Cuantitativa (s)	Tiempo en 25 m	Total	11	15,318	14,691	14,735
		Masc.	8	15,185	14,513	14,557
		Fem.	3	15,673	15,167	15,21
Cuantitativa (m/s)	Velocidad media en 25 m	Total	11	1,638	1,706	1,701
		Masc.	8	1,653	1,728	1,723
		Fem.	3	1,595	1,649	1,644

TABLA 6.15
MEDIAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS
EN LAS VARIABLES DEPENDIENTES
DEL TERCER EXPERIMENTO GRUPO N°2
(SUJETOS PARTICIPANTES EN LAS DOS TOMAS DE DATOS
DURANTE EL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO)

Tipo Variable	Variable	Grupo	n	Media test 1	Media test 2
Registro de Fuerza (N)	Fuerza media máxima obtenida durante 15 s de registro	Total	7	89,031	102,995
		Masc.	4	88,59	103,32
		Fem.	3	89,618	102,562
Cuantitativa (s)	Tiempo en 25 m	Total	7	18,061	17,269
		Masc.	4	18,153	17,308
		Fem.	3	17,94	17,217
Cuantitativa (m/s)	Velocidad media en 25 m	Total	7	1,39	1,45
		Masc.	4	1,384	1,446
		Fem.	3	1,399	1,456

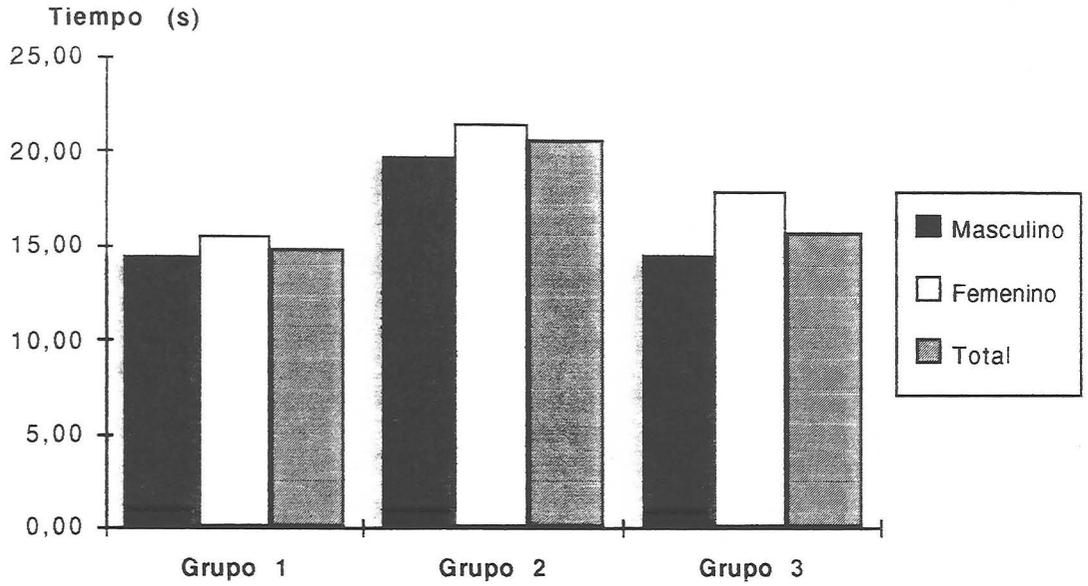


Figura 6.8: Promedios de los tiempos realizados por los sujetos participantes en el tercer experimento, en la prueba de 25 m sin salida, distribuidos por grupo de procedencia y sexo.

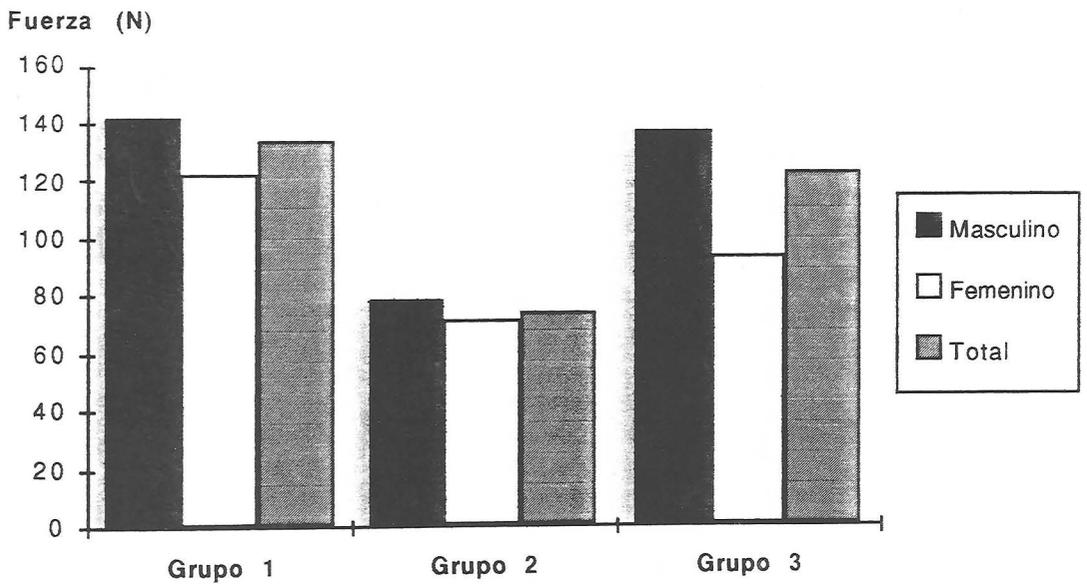


Figura 6.9: Promedios de la fuerza propulsiva registrada a velocidad cero aplicada por los sujetos participantes en el tercer experimento, distribuidos por grupo de procedencia y sexo.

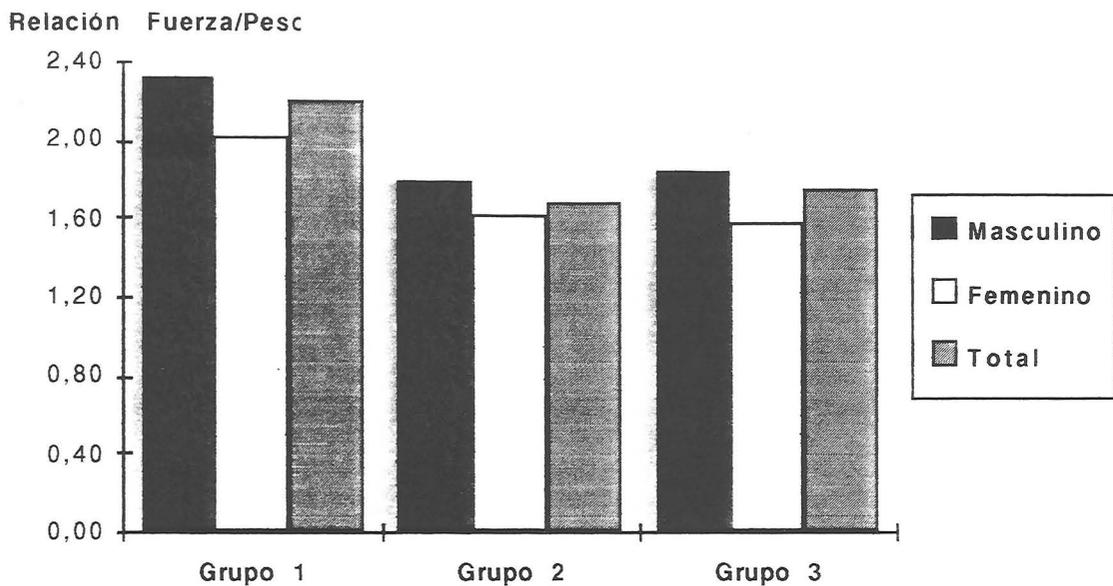


Figura 6.10: Promedios de la relación fuerza propulsiva registrada a velocidad cero (N) aplicada por los sujetos participantes en el tercer experimento y su peso corporal (Kg), distribuidos por grupo de procedencia y sexo.

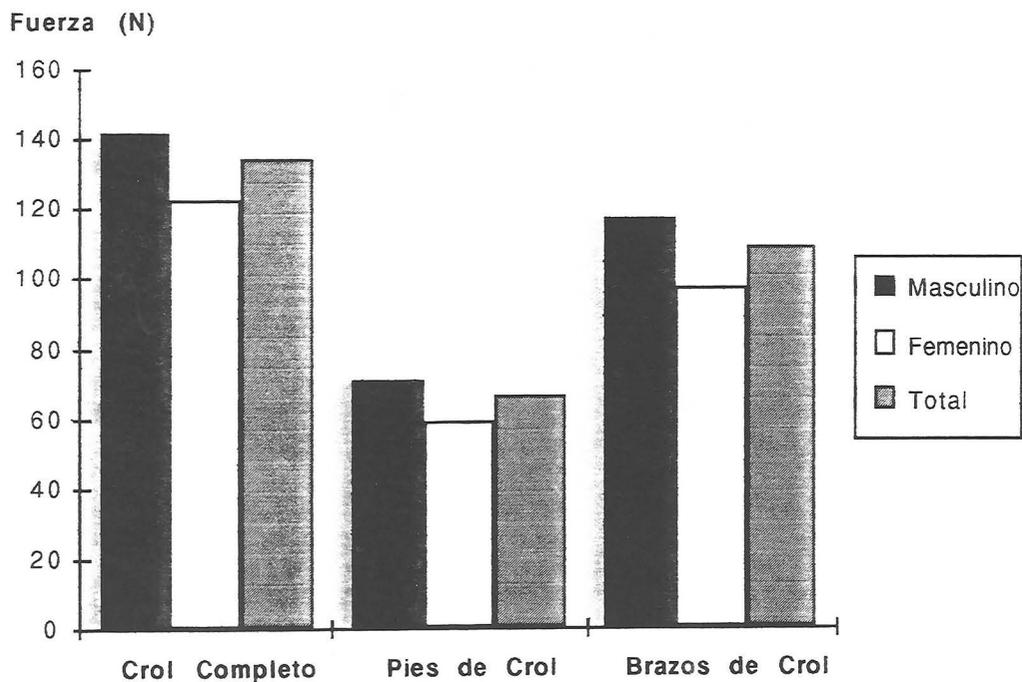


Figura 6.11: Promedios obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en distintas variaciones técnicas en los sujetos del primer grupo.

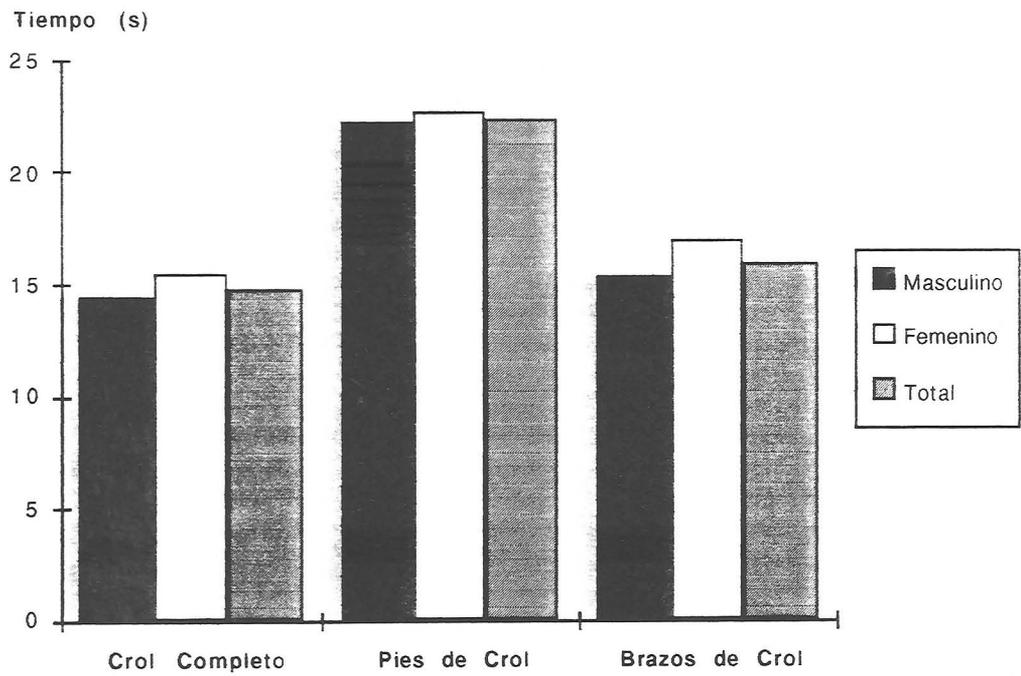


Figura 6.12: Promedios obtenidos en los tiempos realizados al nadar 25 m utilizando distintas variaciones técnicas en los sujetos del primer grupo.

- La variable fuerza propulsiva a velocidad cero medida en Newtons partido por el peso corporal del nadador medida en kilogramos modificó otra vez la ordenación. Esta variable que nos da un valor de la fuerza relativa, diferencia otra vez al grupo primero del resto, pero ahora el grupo tercero está por encima del segundo en hombres y tiene valores similares en mujeres. Estas diferencias observadas serán comprobadas estadísticamente en el apartado análisis inferencial.

6.3.2. Análisis Correlacional:

6.3.2.1. Correlaciones entre las distintas variaciones técnicas

En el primer grupo correlacionamos las distintas variables (fuerza máxima propulsiva a velocidad cero estilo completo, sólo pies y sólo brazos; y tiempo en 25 m nado de crol estilo completo sólo pies y sólo brazos) con la edad, diferenciando los grupos en función del sexo, obteniéndose en general valores muy bajos, a excepción del tiempo en 25 m brazos de crol en el grupo femenino, donde el coeficiente de correlación fue de $-0,854$ $p < 0,05$ ($n=7$).

Posteriormente se correlacionaron entre sí, sólo manteniendo la edad constante en el caso citado antes, por medio de la correlación parcial, siendo los resultados en el grupo masculino:

- Fuerza prop. a velocidad cero sólo pies con fuerza sólo brazos	0,583 $p < 0,05$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo pies con fuerza estilo completo	0,759 $p < 0,01$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo pies con tiempo 25 est. comp.	-0,628 $p < 0,05$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo pies con tiempo 25 sólo br.	-0,569 $p < 0,05$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo brazos con fuerza est. comp.	0,845 $p < 0,001$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo brazos con tiempo 25 est. comp.	-0,782 $p < 0,001$
- Fuerza prop. a velocidad cero sólo brazos con tiempo 25 sólo br.	-0,737 $p < 0,01$
- Fuerza prop. a velocidad cero estilo comp. con tiempo 25 est. comp.	-0,887 $p < 0,001$
- Fuerza prop. a velocidad cero estilo comp. con tiempo 25 sólo pies	-0,555 $p < 0,05$
- Fuerza prop. a velocidad cero estilo comp. con tiempo 25 sólo br.	-0,791 $p < 0,001$
- Tiempo en 25 m estilo crol completo con tiempo en sólo pies	0,642 $p < 0,05$
- Tiempo en 25 m estilo crol completo con tiempo en sólo brazos	0,856 $p < 0,001$

y en el grupo femenino:

- Fuerza prop. a velocidad cero sólo brazos con fuerza est. comp.	0,904 $p < 0,01$
- Tiempo en 25 m estilo crol completo con tiempo en sólo brazos	0,81 $p < 0,05$

Puede observarse la gran diferencia entre el número de correlaciones significativas en el grupo masculino y el femenino

6.3.2.2. Correlaciones en las variables medidas repetidamente

Al correlacionar en este caso la velocidad de nado con la fuerza máxima propulsiva a velocidad cero y con la relación fuerza máxima a velocidad cero dividido por el peso, diferenciando los grupos masculino y femenino, no se obtuvieron correlaciones significativas en ningún caso en el grupo femenino y sólo lo fueron en el grupo masculino al relacionar la fuerza propulsiva con la velocidad:

- Fuerza máx. prop. vel. cero con velocidad media en 25 m (test 1) 0,93 $p < 0,001$
- Fuerza máx. prop. vel. cero con velocidad media en 25 m (test 2) 0,958 $p < 0,001$
- Fuerza máx. prop. vel. cero con velocidad media en 25 m (test 3) 0,92 $p < 0,001$

6.3.2.3. Correlaciones en los diferentes grupos

En primer lugar y dada las diferencias existentes en la edad de los participantes en cada uno de los grupos se correlacionó la edad con todas las demás variables, obteniéndose los siguientes resultados:

- edad - peso	0,721 $p < 0,001$	masc.
- edad - talla	0,640 $p < 0,001$	masc.
- edad - envergadura	0,646 $p < 0,001$	masc.
- edad - dinam. der.	0,782 $p < 0,001$	masc.
- edad - dinam. izq.	0,797 $p < 0,001$	masc.
- edad - fuerza max.prop.	0,405 $p < 0,01$	masc.
- edad - tiempo 25 m	-0,399 $p < 0,01$	masc.
- edad - velocidad	0,384 $p < 0,01$	masc.
- edad - f.m.p./peso	-0,322 $p < 0,05$	masc.
- edad - peso	0,623 $p < 0,001$	fem.
- edad - talla	0,665 $p < 0,001$	fem.
- edad - envergadura	0,595 $p < 0,001$	fem.
- edad - dinam. der.	0,674 $p < 0,001$	fem.
- edad - dinam. izq.	0,723 $p < 0,001$	fem.
- edad - fuerza max.prop.	0,379 $p < 0,05$	fem.
- edad - tiempo 25 m	-0,459 $p < 0,01$	fem.
- edad - velocidad	0,421 $p < 0,01$	fem.
- edad - f.m.p./peso	-0,053 <i>n.s.</i>	fem.

Se puede resaltar que los valores más altos del coeficiente de correlación se obtuvieron en las pruebas dinamométricas y siendo los valores mínimos en la relación f.m.p./peso. Estas correlaciones se utilizarán para obtener la correlación parcial, de manera que la edad permanezca como constante, cuando calculemos la relación de las distintas variables entre sí.

En la tabla 6.13 se obtienen las correlaciones de la velocidad media de nado en 25 m y de la fuerza propulsiva máxima a velocidad cero con todas las variables medidas a los tres grupos pertenecientes al tercer experimento. Cabe resaltar que en su mayoría las correlaciones son altamente significativas siendo el número de sujetos total masculino de 46 y el femenino de 34. Otro aspecto relevante son los valores tan altos de correlación entre las dos variables (fuerza y velocidad) independientemente del sexo, así como la correlación de ellas con la relación f.m.p/peso.

6.3.3. Análisis Inferencial:

6.3.3.1. Observación de distintas variaciones técnicas

En el grupo nº 1 se midieron la fuerza propulsiva a velocidad cero y el tiempo de nado en 25 m utilizando diferentes variaciones técnicas: Crol completo, pies de crol y brazos de crol, se observó si existían diferencias significativas entre los sexos en cada una de ellas obteniéndose los siguientes resultados:

- Tiempo en 25 m nado de crol	$t(27) = -2,906$	$p < 0,01$
- Tiempo en 25 m pies de crol	$t(27) = -0,494$	<i>n.s.</i>
- Tiempo en 25 m brazos de crol	$t(27) = -0,4,747$	$p < 0,001$
- Fuerza máx. a $v=0$ en crol nado completo	$t(27) = 2,363$	$p < 0,05$
- Fuerza máx. a $v=0$ en pies de crol	$t(26) = 2,697$	$p < 0,05$
Fuerza máx. en brazos de crol	$t(26) = 2,851$	$p < 0,01$

Como se puede observar en la única variación técnica en que no existieron diferencias significativas con relación al sexo fue en 25 m pies de crol.

6.3.3.2. Experimento de medidas repetidas

Al realizar el análisis de varianza de medidas repetidas (tres mediciones) con el sexo como factor de agrupamiento observamos en el grupo primero los siguientes resultados (las tablas de análisis de varianza correspondientes se encuentran en el anexo VIII):

- En el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero la diferencia entre sexos no fue significativa, pero sí lo fue la diferencia entre las medidas repetidas ($F(2,24) = 147,721$ $p < 0,001$).
- En la velocidad media de nado durante un recorrido de 25 m crol, se obtuvieron resultados similares, no existió diferencias entre sexos y sí entre las medidas repetidas ($F(2,18) = 50,293$ $p < 0,001$). Igual resultado se obtuvo en el tiempo en 25 m.

TABLA 6.16
COEFICIENTES DE CORRELACION OBTENIDOS
A PARTIR DE LAS VARIABLES VELOCIDAD MEDIA EN 25 M
Y FUERZA MAXIMA PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
CON EL RESTO DE VARIABLES MEDIDAS A TODOS LOS SUJETOS
PERTENECIENTES A LOS TRES GRUPOS

Variable	Masculino		Femenino	
	Velocidad	Fuerza Max. v=0	Velocidad	Fuerza max. v=0
Peso	0,578 ***	0,656 ***	0,495 **	0,754 ***
Talla	0,678 ***	0,692 ***	0,405 **	0,625 ***
Envergadura	0,689 ***	0,705 ***	0,314 n.s.	0,545 **
Dinam. Der.	0,604 ***	0,607 ***	0,419 **	0,492 **
Dinam. Izq.	0,597 ***	0,677 ***	0,431 **	0,607 **
Fuerza max. v=0	0,881 ***	0,863 ***
Velocidad	0,881 ***	0,863 ***
Fuerza max./peso	0,745 ***	0,765 ***	0,768 ***	0,728 ***

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

- Se realizó para cada test la relación fuerza máxima a velocidad cero dividido por el peso corporal en cada uno de los tres test ⁶. En este caso sí existieron diferencias significativas entre sexos ($F(1,12) = 8,125$ $p < 0,05$) y entre medidas repetidas ($F(2,24) = 134,581$ $p < 0,001$).

Dado que los sujetos que realizaron el primer y segundo test o el segundo y el tercero no fueron los mismos que los que realizaron todos los tests, se repitió el mismo análisis de varianza de medidas repetidas pero dos a dos, es decir, el primero con el segundo, el segundo con el tercero y el primero con el tercero, siendo los resultados significativos entre:

- primer y segundo test

velocidad media en 25 m

- entre sexos	$F(1,17)=8,223$	$p < 0,05$
- entre medidas	$F(1,17)=28,265$	$p < 0,001$

- fuerza máxima en 15 s

- entre sexos	$F(1,19) = 7,638$	$p < 0,05$
- entre medidas	$F(1,19) = 261,549$	$p < 0,001$

- relación fuerza máxima en 15 s / peso corporal

- entre sexos	$F(1,18) = 15,709$	$p < 0,001$
- entre medidas	$F(1,18) = 205,11$	$p < 0,001$

- segundo y tercer test

- fuerza máxima en 15 s

- entre medidas	$F(1,14) = 14,497$	$p < 0,001$
-----------------	--------------------	-------------

- relación fuerza máxima en 15 s / peso corporal

- entre sexos	$F(1,14) = 10,093$	$p < 0,01$
- entre medidas	$F(1,14) = 15,98$	$p < 0,01$

- primer y tercer test

velocidad media en 25 m

- entre medidas	$F(1,10)=155,665$	$p < 0,001$
-----------------	-------------------	-------------

- fuerza máxima en 15 s

- entre medidas	$F(1,10) = 271,646$	$p < 0,001$
-----------------	---------------------	-------------

- relación fuerza máxima en 15 s / peso corporal

- entre sexos	$F(1,12) = 8,56$	$p < 0,05$
- entre medidas	$F(1,12) = 191,559$	$p < 0,001$

⁶ Debe tenerse en consideración que el peso sólo se midió durante el segundo test, por lo que la citada relación se realiza manteniendo el peso constante. este hecho no modifica demasiado los resultados, ya que uno de los efectos que suele producir el entrenamiento es de la reducción del peso corporal, lo cual sólo serviría para hacer las diferencias en las relaciones fuerza/peso, más notables de lo que ya son.

Como se puede observar las diferencias entre sexos en cada test son muy variables, probablemente debido a la diferencia en el número de sujetos que realizaron cada uno de los tests. Las diferencias entre medidas en cada una de las variables tienen resultados más paralelos.

En el caso del segundo grupo se realizaron los mismos análisis obteniendo los siguientes resultados sobre sólo dos medidas repetidas, con el sexo como factor de agrupamiento:

- En ninguno de los tests existieron diferencias significativas en el sexo.
- En el registro de fuerza propulsiva la diferencia entre medidas fue significativa $F(1,5) = 142,05$ $p < 0,001$.
- En la velocidad media de nado en 25 m la diferencia entre medidas fue significativa $F(1,5) = 11,207$ $p < 0,05$, al igual que en el tiempo en recorrerlos.

Dado que el número de sujetos que realizó los tres tests fue muy limitado, sobre todo en el caso de los sujetos femeninos y que no encontramos diferencias entre sexos en la mayor parte de las pruebas, realizamos el análisis de la diferencia entre sexos utilizando los sujetos que participaron en cada test, para ello utilizamos la prueba "t" para grupos no apareados en cada una de las pruebas realizadas en cada test, resumiéndose los resultados a continuación:

- Fuerza máxima test 1: n masc.= 15	n fem = 9	t(2)=3,255	$p < 0,01$
- Fuerza máxima test 2: n masc.= 14	n fem = 9	t(2)=2,232	$p < 0,05$
- Fuerza máxima test 3: n masc.= 12	n fem = 6	t(2)=2,033	<i>n.s.</i>
- Velocidad media test 1: n masc.= 13	n fem = 8	t(2)=2,84	$p < 0,05$
- Velocidad media test 2: n masc.= 15	n fem = 9	t(2)=3,432	$p < 0,001$
- Velocidad media test 3: n masc.= 12	n fem = 6	t(2)=2,349	$p < 0,05$

Como se puede observar al aumentar el número de sujetos en cada grupo, las diferencias entre sexos son significativas en la mayor parte de los casos.

6.3.3.3. Observación de diferencias entre grupos

Con el fin de encontrar las diferencias entre los grupos participantes en el tercer experimento de diferente edad y nivel de entrenamiento, realizamos un análisis de varianza factorial (3 • 2); siendo el grupo un factor de clasificación con 3 niveles y el sexo otro con dos niveles, obteniéndose los siguientes resultados:

- En el tiempo conseguido en el test de 25 m estilo crol, la diferencia entre sexos (hombres $\bar{x} = 15,67$ s *d.t.* = 2,71 y mujeres $\bar{x} = 18,58$ s *d.t.* = 3,49) fue significativa ($F(1,76) = 19,242$ $p < 0,001$), así como la diferencia entre grupos

($F(2,76) = 55,248$ $p < 0,001$). Aplicando el test Scheffé para observar diferencias entre grupos dos a dos diferenciando entre los sexos observamos en el grupo masculino que las diferencias entre grupo 1 y 2, y entre 2 y 3 fueron significativas $p < 0,05$ (grupo 1 $\bar{x}=14,428$ s $d.t.=1,025$ grupo 2 $\bar{x}=19,828$ s $d.t.=2,82$ y grupo 3 $\bar{x}=14,66$ s $d.t.=1,24$), pero no así entre 1 y 3. En el grupo femenino se repitió la situación aunque se puede notar que la diferencia entre grupo 1 y 3 estuvo muy próxima a ser significativa (grupo 1 $\bar{x}=15,45$ s $d.t.=0,7$ grupo 2 $\bar{x}=21,48$ s $d.t.=3,6$ y grupo 3 $\bar{x}=17,97$ s $d.t.=1,11$)

- En el registro de fuerza máxima propulsiva a velocidad cero ocurrió lo mismo, siendo la diferencia entre sexos (hombres $\bar{x}= 126,2$ N $d.t.= 32,9$ y mujeres $\bar{x} = 93,4$ N $d.t.= 24$) significativa ($F(1,76) = 33,357$ $p < 0,001$) así como la diferencia entre grupos ($F(2,76) = 65,875$ $p < 0,001$). En este caso también la interacción sexo*grupo fue significativa $F(2,76) = 6,673$ $p < 0,05$. Aplicando el test Scheffé para observar diferencias entre grupos dos a dos diferenciando entre los sexos observamos en el grupo masculino que las diferencias entre grupo 1 y 2, y entre 2 y 3 fueron significativas $p < 0,05$ (grupo 1 $\bar{x}=141,7$ N $d.t.=26,4$ grupo 2 $\bar{x}=78,4$ N $d.t.=14,8$ y grupo 3 $\bar{x}=137$ N $d.t.=19,7$), pero no así entre 1 y 3. En el grupo femenino las diferencias entre los tres grupos fueron significativas $p < 0,05$ (grupo 1 $\bar{x}= 121,7$ N $d.t.=10,9$ grupo 2 $\bar{x}=71$ N $d.t.=11,9$ y grupo 3 $\bar{x}=93,4$ $d.t.=9,3$)
- En la relación fuerza máxima dividida por el peso las diferencias fueron significativas de la misma manera, siendo la diferencia entre sexos (hombres $\bar{x}=2$ $d.t.= 0,35$ y mujeres $\bar{x} = 1,74$ $d.t.=0,28$) significativa ($F(1,70) = 17$ $p < 0,001$) así como la diferencia entre grupos ($F(2,70) = 29,406$ $p < 0,001$). Aplicando el test Scheffé para observar diferencias entre grupos dos a dos diferenciando entre los sexos observamos en el grupo masculino que las diferencias entre grupo 1 y 2, y entre 1 y 3 fueron significativas $p < 0,05$ (grupo 1 $\bar{x}=2,32$ $d.t.=0,24$ grupo 2 $\bar{x}=1,8$ $d.t.=0,33$ y grupo 3 $\bar{x}=1,84$ $d.t.=0,26$), pero no así entre 2 y 3. En el grupo femenino se repitió la situación (grupo 1 $\bar{x}=2,02$ $d.t.=0,17$ grupo 2 $\bar{x}=1,63$ $d.t.=0,24$ y grupo 3 $\bar{x}=1,57$ $d.t.=0,16$)

CAPITULO VII
DISCUSION Y CONCLUSIONES

Este trabajo se inició con la enumeración de unos objetivos que trataban, de forma general, de conseguir desarrollar un sistema complejo para el análisis y evaluación de la técnica en natación. Aunque el origen de este trabajo estaba orientado a la natación deportiva de competición, los medios y métodos utilizados podrían aplicarse en otras áreas como, por ejemplo, la monitorización de ejercicios relacionados con la rehabilitación en el medio acuático. La confirmación o no del cumplimiento de los objetivos propuestos se va a discutir en el presente capítulo con un enfoque integrador, en el que los resultados de los tres experimentos se analizarán de manera conjunta organizando los comentarios según los aspectos comunes a los tres experimentos.

Debe tenerse en cuenta que el abordar un problema tan complejo, como es el de la propulsión humana en el agua, desde el punto de vista metodológico aquí expuesto, puede ser muy diferente al que utilizaría un experto en mecánica de fluidos. En nuestro caso abordamos el problema centrándonos en el sujeto, mientras que en el segundo caso se centraría más en el hecho físico aislado. Esta diferencia en la forma de acercarnos a la cuestión es crucial en este momento en que intentamos interpretar los resultados obtenidos.

7.1. Discusión

7.1.1. Registros de fuerza propulsiva y la velocidad de nado

La aplicación de fuerza mientras se nada depende de la resistencia que tiene que vencer el nadador cuando se mueve a través del agua y de la velocidad de desplazamiento. Si se incrementa la velocidad aumenta la resistencia y el nadador debe aplicar más fuerza propulsiva. Como ya se vió en el capítulo tercero los métodos para evaluar la fuerza propulsiva son variados y sus resultados diferentes. La evaluación directa de la fuerza propulsiva es prácticamente imposible a velocidades reales de desplazamiento en el agua. En nuestro estudio se ha utilizado el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero similar al usado por diversos autores: Alley (1952), Counsilman (1955), Magel (1970), Goldfuss y Nelson (1970), Wankow (1972), Zaciorskiy y Safarian (1972), Abramson (1973), Craig y Boomer (1980), Montpetit (1981), Yeater y col. (1981), Adams y col. (1983), Gullstrand y Holmer (1983), Platonov (1988), Rasulbekov y col. (1986), Ria y col. (1986), Cabri y col. (1988), Christensen y Smith (1987), Keskinen y col. (1989), Rohrs y col. (1990) y Boulgakova (1990).

En los dos primeros experimentos realizados en esta tesis se utilizó un sistema de sujeción no elástico o rígido y en el último un sistema de sujeción elástico.

TABLA 7.1
PROMEDIOS DE LOS REGISTROS DE FUERZA PROPULSIVA
A VELOCIDAD CERO OBTENIDOS DURANTE LOS TRES
EXPERIMENTOS REALIZADOS EN LA PRESENTE TESIS

Experimento	Grupo	n	FPV0 Media (N)
Primero	ex-nadadores	4	111,74
Segundo (test 1: 10 cic)	nadadores	11	111,92
Segundo (test 2: 10 cic)	nadadores	11	117,19
Segundo (test 3: 10 cic)	nadadores	11	128,09
Segundo (test 1: 30 s)	nadadores	10	90,38
Segundo (test 2: 30 s)	nadadores	10	91,18
Segundo (test 3: 30 s)	nadadores	10	96,39
Tercero (test 1: 15 s)	nadadores	14	122,95
Tercero (test 2: 15 s)	nadadores	14	140,96
Tercero (test 3: 15 s)	nadadores	14	145,78
Tercero (test 1: 15 s)	promesas	7	89,03
Tercero (test 2: 15 s)	promesas	7	102,99
Tercero	nadadores. total	28	133,85
Tercero	promesas total	24	74,18
Tercero	alumnos INEF	30	122,48

En primer lugar compararemos los valores obtenidos en los registros de los tres experimentos. Como se puede observar en la tabla 7.1 los valores de fuerza propulsiva a velocidad cero registrados fueron similares en los tres experimentos, salvando las diferencias debidas a la duración de los esfuerzos, sistema de sujeción empleado y características de los sujetos. Se puede ver también, en la tabla citada, cómo los nadadores más jóvenes obtuvieron valores inferiores a 100 N mientras que los sujetos de mayor edad o más experiencia en natación de competición consiguieron sobrepasar dicho valor con claridad. Cuando el esfuerzo aumentó en tiempo los valores de fuerza registrados fueron menores (inferiores a 100 N) a pesar de ser el grupo de nadadores experimentados.

Nuestros valores fueron similares a los obtenidos por Magel (1970) para el estilo crol (media =13.4 kgf en un esfuerzo de 20 s), Absaliamov (citado por Wankow (1972)) (media en nadadores de clase II = 12,6 kgf), Montpetit (1981) donde los nadadores de 11 años de edad obtuvieron 99 N, y los de trece 147 N en el estilo crol. Ria y col.(1986) obtuvieron unos promedios de 7,25 kgf en nadadores de 13 a 14 años varones. Christensen y Smith (1987) midieron unos valores de 352.7 N en hombres y 244.2 N en mujeres, estos datos tan altos se deben a que se utilizó un sistema de registro no elástico y sólo se tenía en cuenta el valor que correspondió a la amplitud máxima de uno de los ciclos realizados en el registro. Keskinen y col. (1989) con un grupo de nadadores masculinos, obtuvo una media de 144,4 N. Boulgakova (1990) encontró unos valores de $19 \pm 1,9$ kgf para los nadadores de 100 m y 16 ± 2 para los nadadores de 1500. Es necesario recordar que los métodos utilizados en estos estudios fueron similares a los usados en el presente trabajo, aunque en ningún caso se aplicó la metodología del registro computarizado.

En cuanto a la relación de la fuerza propulsiva a velocidad cero con la velocidad de nado, los resultados en nuestros experimentos fueron variados. En el primer experimento, con sólo cuatro sujetos, el valor del coeficiente de correlación fue de 0.676 no siendo significativo.

En el segundo experimento el coeficiente de correlación fue significativo en cada uno de los tres tests realizados (ver tablas 6.11, 6.12 en pag.177 y 6.13 en pág.178) tanto al relacionar velocidad media en 50 m con la FMPV0 en 10 ciclos como con la FMPV0 en 30 s, pero sólo en el grupo masculino.

En el tercer experimento los coeficientes de correlación entre la velocidad media en 25 m y la FMPV0 durante 15 s para los grupos masculino y femenino fueron de 0.881 y 0.863 respectivamente ($p < 0,001$).

Los resultados obtenidos en el primer experimento pueden justificarse por la muestra de sujetos utilizada tan pequeña. En el segundo experimento el encontrar correlaciones sólo en el grupo masculino, pudo deberse exclusivamente a que el número de sujetos femenino fue menor, y a que la calidad, desde el punto de vista deportivo, fue diferente. En el tercer experimento se encontró una alta correlación tanto en el grupo masculino como en el femenino, tomando el total de sujetos de cada sexo.

La correlación entre la edad y las variables medidas no antropométricas en los experimentos fue baja. Si tomamos los coeficientes de correlación tal como se hizo en el

segundo experimento, es decir, sólo de los nadadores que realizaron las medidas repetidas correlacionando la FPMV0 y la velocidad en 25 m en cada uno de los tests observamos en el grupo masculino que los coeficientes de correlación fueron estadísticamente significativos en cada uno de los tests ($p < 0,001$ $r = 0.93, 0.958$ y 0.959 respectivamente). En el grupo femenino los coeficientes fueron más bajos pero también estadísticamente significativos ($p < 0,05$ $r = 0.808, 0.692$ y 0.815 respectivamente).

Tanto el número de sujetos como las características de los mismos en el tercer experimento varió notablemente al tomarse la totalidad de los tres grupos experimentales. Esto explica la correlación tan alta encontrada entre velocidad y FMPV0 separando los sexos. En el grupo total también se encontró una correlación alta entre velocidad y FMPV0/peso corporal. Así mismo, en el grupo de medidas repetidas los datos fueron similares en cuanto a las correlaciones entre velocidad y FMPV0, pero la relación entre FMPV0 y el peso no correlacionó con la velocidad ni en el grupo masculino, ni en el femenino .

Los datos resumidos en el párrafo anterior parecen mostrar que la relación entre la velocidad de nado y la FMPV0 es muy sensible a las características del grupo. Cuando los grupos son heterogéneos y la edad no correlaciona con las variables medidas (ya que en el caso de que correlacionara los resultados se deberían de explicar por esta razón) los resultados muestran una correlación alta. En grupos de nivel competitivo más alto esta relación sigue existiendo en nadadores masculinos independientemente de la distancia utilizada para medir la velocidad de nado y el tiempo de aplicación del registro de fuerza. Este tipo de correlación es más variable en las nadadoras y probablemente demuestre que en ellas la fuerza propulsiva, en general, es un factor que incide de forma diferente a los hombres en el rendimiento natatorio. Esto se demuestra por el hecho de que por regla general las mujeres pueden nadar a la misma velocidad que los hombres, siendo su registro de FMPV0 menor. Esto se puede explicar por dos razones:

- a) Las diferencias en resistencia que existen entre sexos al desplazarse en el agua hacen que las mujeres necesiten menor fuerza para moverse en el agua a igual velocidad. La menor resistencia se explica por: 1) la forma corporal de la mujer, con caderas proporcionalmente más anchas, hace que el coeficiente de resistencia (C_x) sea menor que el del hombre (Jurina, 1974); 2) tanto el peso hidrostático de la mujer como el momento generado por el par de fuerzas peso y empuje (o flotación) son menores en la mujer (Rennie, Pendergast y Pamprero 1975).
- b) La propulsión utilizada durante un registro de la FMPV0 es dominada por la fuerza de arrastre, es decir, la fuerza para vencer la resistencia del propio brazo al desplazarse en el agua. Las mujeres en general poseen menos fuerza que los hombres y por tanto están menos capacitadas para aplicar fuerza durante un registro de este tipo. En natación libre las fuerzas aplicadas tienden a ser mucho menores por lo que las diferencias en fuerza

también tienden a ser inferiores entre sexos. Este hecho ha sido explicado por Craig y Boomer (1980) y por Martin y col. (1981).

Los valores de las correlaciones entre FMPV0 y velocidad de nado obtenidos por otros autores son similares a los obtenidos en nuestro estudio. Onoprienko y Bartaszuk (1973) encontraron una correlación de 0,858 entre FMPV0 y la velocidad media en 50 m. Craig y Boomer (1980) citan que existió en su trabajo una correlación alta entre la carga calculada para que el nadador tuviera una velocidad cero y la velocidad de nado. Montpetit (1981) encontró una correlación significativa entre la velocidad media de la prueba de 100 m libres y la FMPV0 en estilo completo y sólo aplicando fuerza con las extremidades superiores, pero no así con las pruebas de 400 y 1500, lo que coincide con el comentario realizado por Onoprienko y Bartaszuk (1973) en el que afirman que la importancia de la fuerza propulsiva en natación disminuye en las pruebas de larga distancia influyendo más directamente la flotación. Yeater y col. (1981) encontraron, por el contrario, que la relación era mayor para los nadadores de distancias más largas. Adams y col. (1983) no encontraron relaciones entre FMPV0 y velocidad de nado en su estudio. Ria y col. (1986) encontraron que la FMPV0 correlacionó con el tiempo en 25 m nadando con estilo completo ($r=-0,88$), con el tiempo en 25 m nadando sólo con las extremidades superiores ($r=-0,83$) y con el tiempo en 25 m nadando sólo con las extremidades inferiores ($r=-0,705$)¹. Christensen y Smith (1987) encontraron que la relación entre FMPV0 y el tiempo en 25 yardas fue de -0,685 en hombres y -0,576 en mujeres, que aun siendo las dos significativas la relación fue ligeramente superior en los hombres que en las mujeres. Keskinen y col. (1989) encontraron en un grupo masculino una correlación alta entre FMPV0 y velocidad de nado en 10 m lanzados ($r=0,86$). Rohrs y col. (1990) encontraron bajas correlaciones significativas en su estudio entre FMPV0 y la velocidad en tres distancias (25, 50 y 100 yardas), pero sólo en el grupo de mujeres.

Como se puede observar tanto en el caso de los valores de fuerza obtenidos en nuestros registros como en el caso de las correlaciones nuestros resultados son parecidos a los obtenidos por la literatura existente sobre el tema. Parece estar claro que la diferenciación de los sexos, es crucial a la hora de analizar este problema, ya que las características relativas a la FMPV0 y a su relación con la velocidad de nado, son muy diferentes como en nuestro estudio se muestra al igual que en los realizados anteriormente por otros autores.

¹ Los coeficientes de correlación son negativos ya que han correlacionado tiempo y fuerza, y no velocidad y fuerza como la mayor parte de estudios.

7.1.2. Variaciones a lo largo de un ciclo de entrenamiento

7.1.2.1 Registro de la fuerza propulsiva:

Son pocas las referencias relativas a la evaluación de la fuerza propulsiva a lo largo de un período de entrenamiento (denominado actualmente macrociclo). Gullstrand y Holmer (1983) comentan la necesidad de mantener el trabajo de fortalecimiento específico en el nadador más cerca de las competiciones principales (período denominado: puesta a punto²), con el fin de que los valores de FMPV0 que normalmente descienden en este período no lo hagan. Estos mismos autores al igual que Boulgakova (1990) hablan con más detalle de las variaciones en los registros observados durante años de entrenamiento y no específicamente de un ciclo de entrenamiento. Sólo Costill y col. (1985) analizaron con detalle el período de la puesta a punto, midiendo: a) la variación en el registro de fuerza en un aparato isocinético³ simulando el movimiento natatorio fuera del agua; b) la potencia aplicada al nadar medida por medio de un sistema isocinético⁴ al que se encontraba sujeto el nadador al realizar su desplazamiento; c) variables fisiológicas medidas después de realizar un test de 200 m a una velocidad prefijada; d) los tiempos conseguidos en la especialidad de los nadadores en las diversas fases del período de entrenamiento. Los resultados en competición fueron un 3,1% significativamente mejores después de la puesta a punto. Los resultados en los tests de potencia medidos en seco y en el agua tuvieron un incremento del 17,7% y un 24,6% respectivamente, no cambiando las variables fisiológicas medidas. Las conclusiones de los citados autores señalan a la fuerza como la variable que más variación tiene durante el período citado (2 semanas de entrenamiento progresivamente disminuido) y que por tanto puede explicar las mejoras en los resultados. Estos resultados contrastan con los citados más arriba de Gullstrand y Holmer (1983), donde se observó la necesidad de evitar la pérdida de fuerza en este período, aunque los resultados en competición también fueron mejores.

En nuestro estudio medimos la evolución de la FMPV0 durante un macrociclo de entrenamiento repitiéndolo en dos temporadas consecutivas durante un período de tiempo similar: de septiembre a diciembre. Simultáneamente se midieron otras variables pero la más relacionada fue la velocidad de nado (en 50 m en el primer estudio y 25 m en el segundo).

Las circunstancias en los macrociclos analizados fueron diferentes. En el segundo experimento los nadadores comenzaron la temporada con un nivel de forma relativamente alto, debido a que el período de transición fue muy corto y al comienzo de los entrenamientos

² Dentro de un macrociclo de entrenamiento se denomina puesta a punto o afinamiento al período previo a una competición importante, donde el deportista reduce drásticamente la carga de entrenamiento para conseguir que gracias al descanso adicional se produzca la supercompensación de las cargas de entrenamiento realizadas durante el macrociclo. El efecto que produce este descanso es, en general, una mejora del rendimiento deportivo.

³ Aparato utilizado para el fortalecimiento específico del nadador, que emplea un sistema de frenado que permite al deportista realizar los ejercicios con una velocidad constante independientemente de la fuerza aplicada.

⁴ Este sistema sujeto al nadador sólo le permite desplazarse con una velocidad prefijada de antemano, lo denominamos en la clasificación realizada en el capítulo tercero como "dinamometría a velocidad constante".

participaron en un campeonato importante donde los nadadores estuvieron muy cerca de los resultados obtenidos durante la temporada anterior.

En el tercer experimento los nadadores comenzaron los entrenamientos de la nueva temporada con un período más largo de descanso y con un estado de forma bastante peor. Las características generales de los macrociclos se detallan en la figura 5.13 pág. 134 y en la figura 5.14 pág. 145.

Aunque estas situaciones generales diferencian las circunstancias de realización de los dos experimentos, para poder establecer relaciones entre los resultados observados y los entrenamientos realizados es necesario analizar en más profundidad los tipos de entrenamiento empleados en cada uno de los macrociclos.

7.1.2.1.1. Analisis de los resultados del segundo experimento

No se encontraron diferencias entre el primer y segundo test en las variables medidas en el segundo experimento, pero sí entre el segundo y tercer test en la fuerza media en 10 ciclos, la fuerza media en 30 s y la velocidad media en 50 m. Esto confirma lo explicado antes: que los sujetos comenzaron la temporada con un nivel de ejecución relativamente alto, por lo que su mejora necesitó de prácticamente todo el macrociclo de entrenamiento.

En el experimento segundo el primer test se realizó justo al comenzar la temporada (2ª semana) y el segundo al finalizar un ciclo de incremento del volumen. El razonamiento del párrafo anterior explica lo ocurrido de una forma muy general. Es cierto que la ausencia de mejora se debió entre otras razones a un nivel inicial muy alto pero no es menos cierto que el tipo de entrenamiento llevado a cabo tampoco facilitó esta mejora. Los volúmenes de entrenamiento relativamente bajos con cargas aeróbicas y el trabajo realizado en seco de acondicionamiento físico general compuesto por circuitos de ejercicios globales y no específicos, difícilmente podían conseguir en los sujetos mejorar sus resultados en los tests. Está claro que este tipo de trabajo sólo sirvió para mantener los niveles previos tanto de resistencia general del nadador como de fuerza y velocidad como se desprende de los resultados de los tests (incremento de un 0,9% en la velocidad de nado, no significativo).

Entre el segundo y tercer test en el segundo experimento se aumentó considerablemente el volumen del entrenamiento y también se realizó un trabajo de altas cargas de fuerza con máquinas de musculación convencionales. El efecto de este entrenamiento fue el de mejorar la fuerza general del deportista lo que produjo un efecto beneficioso en los resultados tanto en el test de velocidad (incremento de un 3,17%) como en los tests de FMPV0 en 10 ciclos (incremento de un 9,3%) y 30 s (incremento de un 5,7%) .

Es necesario remarcar en el segundo experimento que las diferencias entre tests son particularmente notables en FMPV0 en 10 ciclos, no siéndolo tanto en el FMPV0 en 30 s tal como lo demuestran las diferencias significativas encontradas en la relación porcentual entre los dos tipos de registros utilizados.

7.1.2.1.2. Análisis de los resultados del tercer experimento

La primera diferencia importante es que el primer registro se realiza en la quinta semana de entrenamiento. Entre el primer y segundo test se realizan cuatro semanas de alto volumen de entrenamiento aeróbico junto con trabajo para el desarrollo de la fuerza máxima (hipertrofia muscular). En este entrenamiento se utilizaron cargas muy superiores (tanto en intensidad como en volumen, alrededor de un 40% más) a las empleadas en el experimento segundo, tanto para estimular la resistencia aeróbica como para estimular la fuerza. Así mismo se introdujeron ejercicios específicos de fortalecimiento muscular de fases críticas del ciclo propulsivo.

Entre el segundo y tercer test se redujo el volumen de entrenamiento, aumentó la intensidad y continuó el trabajo de desarrollo de la fuerza máxima (coordinación intramuscular) aunque con menor volumen, añadiéndose al entrenamiento cargas de resistencia muscular específica.

Los resultados de los ANOVA tomados de dos en dos fueron diferentes, las mejoras más notables, es decir, en todas las variables medidas (velocidad media en 25 m y fuerza máxima registrada durante 15 segundos), acaecieron durante el período comprendido entre el primer y segundo test (incremento de un 4,15% en velocidad, incremento de un 14,6% en FMPV0), siendo sólo notables entre el segundo y tercer test en fuerza máxima registrada durante 15 segundos (incremento de un 3,4% en FMPV0). La variable que se mostró más sensible en todos los casos a las mejoras en cada uno de los ciclos del segundo experimento, ya que discriminó no sólo entre medidas, sino también entre sexos, fue la relación fuerza máxima en 15 s / peso corporal. Este resultado nos muestra esta variable particularmente útil para realizar comparaciones entre medidas realizadas a sujetos de las características utilizadas en el experimento (incremento de un 15% y un 3,5%). Debe tenerse en cuenta que se tomó el mismo peso corporal en las tres mediciones, es decir, se utilizó un peso constante. Si el entrenamiento y la dieta son adecuados para un nadador el peso se reduce a medida que aumentan las cargas de entrenamiento y estas diferencias probablemente sean mayores.

7.1.2.1.3. Comparación de los resultados obtenidos en el segundo y tercer experimento

Los resultados demuestran que los procedimientos utilizados para el registro de la FMPV0 (con sujeción rígida en 10 ciclos, con sujeción rígida en 30 s y con sujeción elástica en 15 s) son suficientemente sensibles a los cambios producidos por el entrenamiento en los sujetos. Sin embargo, no se mostraron así los propios tests para medir la velocidad de nado. Cuando los incrementos en las cargas de fuerza son muy importantes se producen mejoras tanto en los registros como en la velocidad, pero cuando los incrementos en las cargas son menores las mejoras en la velocidad son inapreciables o por lo menos así lo fueron para nuestros procedimientos de medición de tiempo no automatizado y dependientes de la precisión

humana. Por lo observado en nuestros resultados parece que es necesario un incremento de aproximadamente un 10% en FMPV0 para que las mejoras en velocidad sean apreciables.

Lo que parece estar claro es que el organismo, cuando recibe un estímulo importante, siempre que no se rebasen los umbrales individuales de adaptación, responde adaptándose y mejorando el rendimiento. La respuesta suele ser específica, es decir a un aumento de las cargas de fuerza, se mejora la fuerza en el agua medida con los procedimientos usados en la tesis. Nuestros resultados demuestran que la respuesta de mejora en la velocidad, aunque es dependiente de la fuerza, no es una respuesta tan específica y en ella intervienen otros factores que tienen que ver con la propia técnica de nado que nuestro sistema de registro de fuerza no llegó a evaluar. Este aspecto ha sido discutido también por Costill y col. (1985) citando que en tests realizados a nadadores de clase internacional con sistemas de dinamometría a velocidad constante, encontraron que el sistema no discrimina entre individuos que tienen valores mayores de 300 watos. Lo que no significa que la fuerza no sea importante para estos nadadores, sino que a estos nadadores que son capaces de utilizar tanta fuerza en el agua, otros factores (factores biomecánicos relativos a la técnica) pueden contribuir más a las diferencias en los resultados deportivos.

Por otro lado, el que los sujetos mejoraran sus valores de fuerza en períodos donde la carga en el agua a nivel general era aeróbica, puede explicarse de dos maneras:

- Los volúmenes aunque altos eran inferiores a los necesarios para interferir la mejora de la fuerza.
- El programa adicional de fuerza es suficiente para compensar el efecto negativo, que sobre la velocidad y la fuerza tiene un programa de entrenamiento aeróbico.

Costill y col (1985) observaron que durante períodos de intenso entrenamiento (altas cantidades de carga en volumen), los nadadores mostraron una marcada reducción en fuerza y potencia. Este hecho contradice de alguna manera lo observado por nosotros y puede explicarse porque en la época que se cita el artículo los nadadores en EE.UU eran sometidos en general a programas de entrenamiento con volúmenes mucho más altos que los utilizados por nuestros nadadores y con programas de fortalecimiento en seco más orientados al desarrollo de la resistencia muscular que a la fuerza. En cualquier caso este comentario serviría para justificar nuestro primer argumento.

Costill y col. (1992) citan en su libro un estudio donde muestran las ventajas de un programa de entrenamiento de reducido volumen (la mitad del habitual en EE.UU., con una sólo sesión al día), ya que se consiguieron mejoras similares a las obtenidas por los deportistas de programas convencionales, mostrando reducciones menores de su rendimiento en competición en los períodos de alto volumen. En este caso los volúmenes de entrenamiento fueron similares a los utilizados en nuestros experimentos. Este planteamiento sirve también para justificar el primer argumento, por desgracia los autores no dan información sobre el tipo

de programa de fortalecimiento en seco que siguieron los nadadores durante ese período de entrenamiento. Aunque lo que sí hicieron fue seguir el mismo los dos grupos, con lo que parece que, por lo menos en el período de alto volumen de entrenamiento donde el grupo de gran volumen vió perjudicado grandemente su rendimiento en competición, el volumen interfirió en diversos aspectos siendo uno de ellos la fuerza.

Todo lo dicho parece confirmar que los argumentos utilizados antes, por sí mismos, son insuficientes. El volumen afecta a la fuerza independientemente del programa de fortalecimiento adicional utilizado con lo que lo recomendable sería conjugar los dos aspectos, es decir, si queremos obtener unas mejoras importantes en la cualidad física fuerza, es necesario reducir el volumen de entrenamiento pero además es muy importante realizar un programa adecuado de fortalecimiento en seco. Aunque los resultados obtenidos por Costill y col.(1985) muestran que sólo el hecho de reducir el volumen drásticamente, hace mejorar la fuerza y la velocidad, nuestros resultados muestran además que, con volúmenes intermedios y un programa adicional de fortalecimiento, también mejora tanto la fuerza como la velocidad. En cualquier caso nuestro estudio y el citado anteriormente muestran cómo la proporción de mejora en la fuerza y la velocidad son muy diferentes entre sí. Los citados autores encontraron una mejora media en los dos tipos de medida de fuerza de un 17,7% y un 24,6% mientras que la velocidad mejoró en las distintas pruebas una media de un 3,1%. Nosotros encontramos en los ciclos con mayor diferencia entre un 10% y un 15% de incremento en FMPV0 y entre un 3% y un 4% en velocidad. Esto nos demuestra que pequeñas mejoras en la velocidad de nado necesitan entre otras cosas cambios mucho más sustanciales en las cualidades físicas, como por ejemplo la fuerza.

7.1.2.2 Otras variables estudiadas

Los resultados obtenidos en los otros tipos de variables que se midieron durante el segundo experimento a lo largo del ciclo de entrenamiento no han mostrado en general variaciones significativas en este período.

Las variables cinemáticas de la trayectoria propulsiva consideradas desde un punto de vista cuantitativo (ver figura 5.10, pág 115 y tabla 6.10, pág.173) no mostraron diferencias significativas entre los valores de los test al aplicar el ANOVA de medidas repetidas. Al comparar nuestros valores con los obtenidos por Reischle (1979) en las distintas variables podemos observar los siguientes resultados:

- Variable B Distancia desde el punto de entrada al punto más adelantado de la tracción:
 - Promedio Reischle: Nadadores de alto nivel de grupos de edad 0,511 m
 - Estudiantes de E.F. 0,362 m
 - Promedio en nuestros tres tests (extr. sup der, e izq.) 0,471 m

- Variable C Distancia entre el punto más adelantado y el más retrasado de la tracción:
 - Promedio Reischle: Nadadores de alto nivel de grupos de edad 0,412 m
 - Estudiantes de E.F. 0,505 m
 - Promedio en nuestros tres tests (extr. sup der, e izq.) 0,591 m

- Variable R

B - C:

• Promedio Reischle:	Nadadores de alto nivel de grupos de edad	0,095 m
	Estudiantes de E.F.	-0,152 m
• Promedio en nuestros tres tests(extr. sup der, e izq.)		-0,119 m

Podemos observar como nuestro grupo de nadadores, que se puede considerar como de un nivel inferior al utilizado por Reischle, tiene unos valores que podíamos calificar de inferiores al grupo en las distintas variables que se muestran en el esquema anterior. En el caso de la variable C el valor es incluso peor al realizado por los estudiantes de E.F. Estos resultados sólo se pueden explicar por dos razones:

- Que en nuestro estudio un gran número de sujetos realizan la coordinación en el estilo crol conocida como dos tiempos (44,4%). En principio tal como se vió en el capítulo cuarto los valores de estas variables son notablemente diferentes entre estas dos coordinaciones. En el estudio de Reischle no se especifica que los nadadores medidos utilizaran una coordinación determinada, aunque la discusión y conclusiones están orientadas claramente a la técnica del 6 tiempos.
- Un análisis de las trayectorias obtenidas por varios de nuestros nadadores, muestra como el parámetro C es particularmente variable lo que hace que, al ser el grupo relativamente pequeño, estos valores modifiquen en gran medida la media.

De cualquier manera los resultados obtenidos, vistos de una forma global, son similares a los obtenidos por el autor citado.

Las variables cinemáticas de la trayectoria propulsiva vistas desde un punto de vista cualitativo sí presentan variaciones a lo largo del ciclo de entrenamiento. En este caso lo que nos interesa es saber si los nadadores tienden a mejorar la técnica propulsiva a lo largo de un ciclo de entrenamiento, o lo que es lo mismo, acercarse más al modelo de la técnica del estilo crol que lo que lo hacían al principio de temporada. En este caso se encontraron mejoras en un 38,8% de los sujetos. El resto no modificó su técnica. El tipo de entrenamiento utilizado no empeoró la técnica a ningún nadador, observada desde el punto de vista cualitativo. Las diferencias que existían, en la técnica, entre los dos brazos se mantuvieron a lo largo del ciclo de entrenamiento en un 77,7% de los casos. En el resto las diferencias entre brazos fueron aleatorias, es decir, no seguían ningún patrón lógico, fruto probablemente de una inconsistencia general para mantener un patrón motor.

Si queremos observar variaciones más notables en este apartado (análisis cinemático de las trayectorias propulsivas) será necesario en el futuro usar un sistema tridimensional que permita analizar de una forma más precisa las trayectorias propulsivas de los nadadores. Por otro lado nuestros resultados parecen demostrar que para que se produzcan cambios importantes en la técnica de los nadadores se necesita un programa de entrenamiento más largo que el empleado o bien la utilización de procedimientos diferentes en el entrenamiento para

conseguir estimular estas modificaciones. Procedimientos de bio-feedback como los utilizados por Cholett (1990) parecen la vía más adecuada.

Las variables cuantitativas observadas durante la realización de la prueba de 50 m estilo crol fueron analizadas parcialmente en la primera parte de este apartado al relacionar los cambios producidos en la velocidad de nado con los producidos en el registro de FMPV0. Pero la velocidad media de nado es el producto de la frecuencia de ciclo media (FC) por la longitud de ciclo media (LC). Como se indicó antes en nuestro segundo estudio la velocidad de nado se modificó significativamente en los tres tests, particularmente entre el segundo y tercero. Sin embargo, los factores FC y LC no se modificaron significativamente. Las variaciones entre el primer y segundo test fueron en velocidad de una mejora del 0,9% y entre el segundo y el tercero de un 3,2%. Las modificaciones en LC y FC fueron pequeñas y no siempre crecientes, pero suficientes para que su producto hiciera significativa la velocidad. En el caso concreto de la FC en el segundo test disminuyó levemente con relación al primero (-0,35%) y en el tercero aumentó con relación a los dos anteriores (+3,6%). La LC aumentó del primero al segundo (+1,3%) y en el tercero disminuyó muy ligeramente (-0,26%). (Ver tabla 6.10, pág. 173). Es necesario recordar que aunque estas diferencias se observan directamente no son significativas desde el punto de vista estadístico. Estas relaciones parecen mostrar que el sujeto cuando mejora su LC tiende a disminuir la FC y cuando su LC parece estabilizada la fuerza aplicada al ser mayor facilita la mejora de la FC lo que conlleva una mejora de la velocidad.

La otra cualidad física evaluada fue la flexibilidad y como se comentó en el método y resultados, el trabajo realizado fue muy pequeño y sólo se podía considerar de mantenimiento. Efectivamente así ocurrió, ya que los resultados muestran que no existieron diferencias significativas entre los tres tests del tercer experimento en ninguno de los tests de flexibilidad. Durante mucho tiempo existió la creencia en el ámbito deportivo que el entrenamiento de fuerza perjudicaba a la flexibilidad. Nuestro experimento aunque no demuestra lo contrario sí indica que con muy poco entrenamiento de mantenimiento el nivel de flexibilidad inicial no se modifica.

En general, nuestros resultados indican que estos procedimientos tanto cualitativos como cuantitativos son particularmente útiles para la dirección individual del entrenamiento, es decir, hemos observado cómo en las variables cinemáticas de la trayectoria propulsiva las diferencias entre tests como grupo no fueron significativas, pero a cada nadador en particular si se le observan variaciones importantes. Las variaciones en la forma de la trayectoria, o las variaciones en la forma del registro son tan ostensibles como para que con estos datos se puedan dar recomendaciones para la orientación adecuada de los entrenamientos del deportista de una forma más individualizada. Es cierto que los cambios observados como grupo están realmente juzgando los efectos del programa de entrenamiento visto de una forma global, pero las adaptaciones particulares sólo se pueden observar de una forma individualizada.

Este tipo de análisis cualitativo es particularmente útil cuando se utilizan sistemas que se han desarrollado en los últimos años en donde se integran el registro del movimiento en vídeo

con los registros directos de, por ejemplo, la velocidad, como describen Costill y col. (1992). La visualización directa de la imagen con la gráfica cualitativa del registro o incluso con el valor numérico permite un inmediato feed-back al deportista o sujeto. Este método marca realmente la línea a seguir en este tipo de estudios en el futuro.

7.1.3. Las variaciones técnicas

En los experimentos primero y tercero se realizaron mediciones de la fuerza propulsiva a velocidad cero aplicada al utilizar lo que denominamos variaciones técnicas del estilo crol. En ellas se modifica la forma de nadar del mismo por la realización de los movimientos propios del estilo de una forma aislada con las extremidades superiores o inferiores, o bien, modificando la coordinación habitual entre las extremidades.

En el primer estudio, dentro de las limitaciones debidas al número de sujetos ($n=4$) se muestra cómo las variaciones técnicas utilizadas consiguen valores diferentes en el registro de la FMPV0, ordenándose de una forma lógica como se puede ver en la figura 7.1. Las acciones propulsivas de las extremidades inferiores tuvieron valores netamente inferiores si no se utilizan elementos propulsores adicionales como son las aletas. La gran fuerza que pueden aplicar los musculos extensores de las rodillas no tiene una gran eficacia propulsora debido a la superficie propulsiva tan pequeña que presentan los pies. Así mismo, la trayectoria es mucho más corta y menos compleja que la que realizan los brazos. Las aletas compensan el aspecto relativo a la superficie propulsiva con lo que su utilización mejora la fuerza generada por las piernas. Puede leerse en la página 10 de la presente tesis como Martin (1989) explica la eficiencia superior producida por la propulsión con aletas.

En el caso de querer diferenciar lo que ocurre al utilizar un movimiento alternativo de propulsión, como el realizado en el batido de crol y el movimiento simultáneo utilizado en el batido de mariposa, observamos que las diferencias prácticamente no existen. Ninguno de los sujetos podía considerarse un especialista en el nado de mariposa, pero en este tipo de registro estático (velocidad igual a cero) es difícil que la mayor ventaja del movimiento propulsivo del batido de mariposa se refleje en los resultados, es decir, la contribución a la propulsión del movimiento ondulatorio del cuerpo y por tanto a la mejora de la velocidad de nado, tal como explica Webb (1984). Este principio se está utilizando en la actualidad para el desarrollo de un nuevo modelo técnico en el estilo braza denominado braza ondulatoria (Colman y Persyn, 1991).

Como se puede observar en la figura 7.1 las acciones propulsivas aisladas de las extremidades superiores obtienen valores de FMPV0 menores que cuando se utiliza el estilo completo, pero la acción con palas aumenta notablemente la fuerza propulsiva haciéndola muy similar a la del estilo completo. Esto no ocurre en el grupo de mujeres. El aumento de la superficie propulsiva no aumenta en la misma proporción su capacidad para aplicar más FMPV0 como ocurre en los hombres. En este caso, como indicamos antes, las diferencias de fuerza propias de los sexos explican este fenómeno. Las diferencias entre sexos se hacen

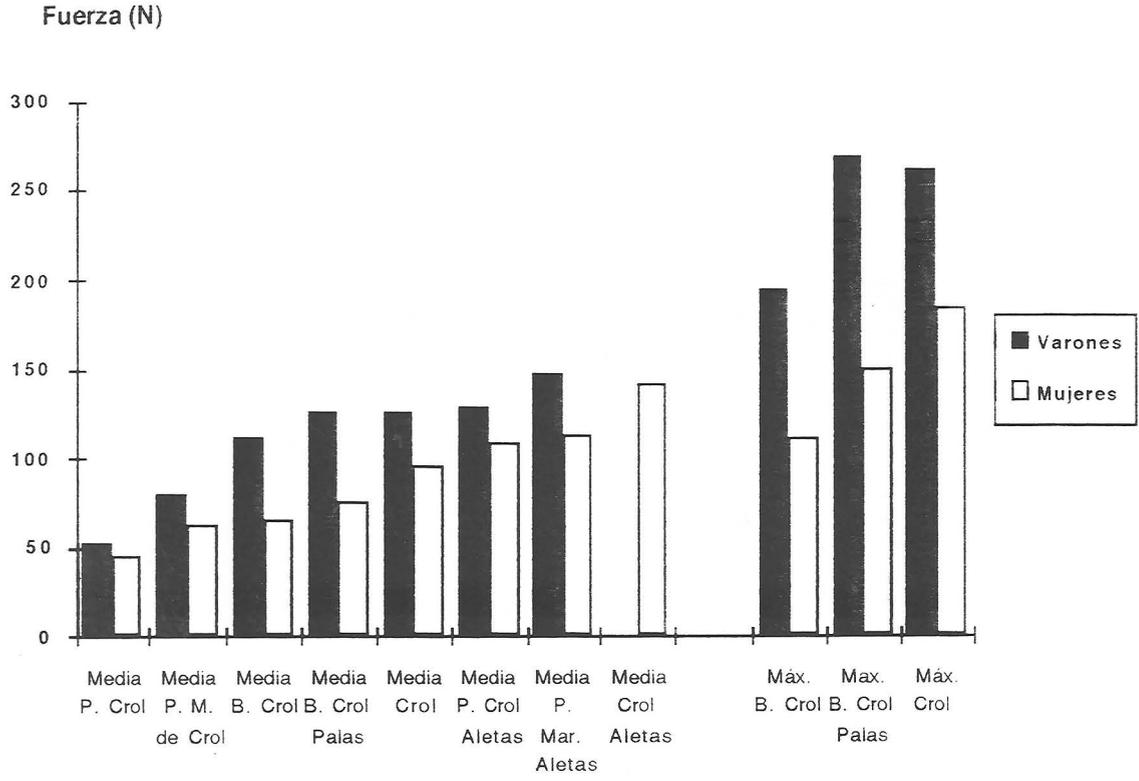


Figura 7.1.: Promedios obtenidos en el registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en las distintas variaciones técnicas del primer experimento.

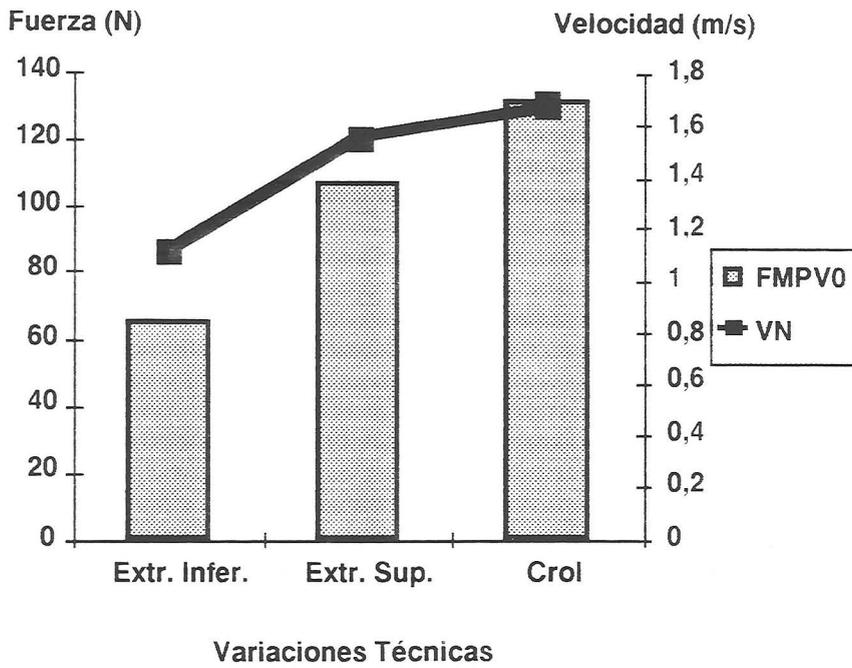


Figura 7.2.: Comparación entre los promedios obtenidos en velocidad media en 25 m y fuerza máxima propulsiva a velocidad cero en las variaciones técnicas medidas en el tercer experimento.

todavía más claras cuando observamos los valores de los promedios de las amplitudes máximas de los registros. Los picos de fuerza obtenidos por ciclo por los hombres son en proporción mucho mayores que en las mujeres. Lo que confirma todavía más lo manifestado hasta ahora.

Un aspecto que consideramos interesante resaltar aquí es que los valores más altos en amplitud se han conseguido en una variante técnica que se caracteriza por su falta de uniformidad propulsiva: el punto muerto de crol. La única razón que puede explicar este hecho es que el nadador aplica la fuerza con cada brazo de una forma aislada sin que a la vez esté moviendo el otro brazo, lo cual le posibilita aplicar más fuerza —la situación de su cuerpo es más estable, y puede centrarse con más facilidad en la aplicación de una correcta técnica con cada brazo de una forma independiente—. También puede tenerse en cuenta que la ejecución más lenta posibilita una recuperación ligeramente más larga entre cada ejecución. La variación que se produce en la posición del centro de gravedad al moverse sólo un brazo, podría también ser registrada, lo que ayudaría a aumentar los picos de fuerza. Durante la sincronización normal del crol, los dos brazos se mueven de manera casi opuesta lo que compensa el efecto del desplazamiento de sus masas sobre el centro de gravedad.

En la figura 7.2. se encuentran los resultados de los tests realizados para medir la FMPV0 y la velocidad media de nado en las distintas variaciones técnicas utilizadas durante el tercer experimento. Como se puede ver, el orden entre ellas es similar al que se encontró en el primer experimento. Podemos observar cómo las relaciones entre extremidades inferiores y superiores con el estilo crol completo en velocidad de nado y en FMPV0 son diferentes. Esta diferencia es particularmente notable en la acción propulsiva de los pies. La razón de esta diferencia se debe a que la posibilidad de generar fuerza de arrastre necesaria para que el sistema de registro mida la FMPV0 es menor en los pies cuando actúan como elementos propulsores. Sin embargo, cuando el nadador se desplaza libremente la trayectoria ondulatoria que describen los pies en el plano sagital posibilita que se produzca una circulación del fluido de diferente velocidad por el empuje y por la planta del pie, con lo que se produce fuerza de sustentación, tal como indica Maglischo (1982). Esto explica que en relación al estilo completo sea más eficaz el realizar el batido de crol libremente que el hacerlo sujeto a un sistema de registro.

Aplicando la fórmula del coeficiente de coordinación (Ria y col.,1986⁵) obtuvimos unos valores de 0,77 en hombres y 0,86 en mujeres durante el primer experimento (sólo 4 sujetos). Recuérdese que para considerarse una coordinación perfecta debería de obtenerse un valor próximo a uno. Los valores obtenidos por Ria y col.(1986) fueron de 0,729 en chicas (11-14 años) y 0,723 en chicos (13-14 años). En nuestro tercer experimento aplicamos también el C.C. obteniendo para los hombres un valor de 0,75 (n=17) y para las mujeres un

5

$$\text{Coeficiente de Coordinación (C.C.)} = \frac{\text{FMPV0 (NC)}}{\text{FMPV0 (P)} + \text{FMPV0 (B)}}$$

valor de 0.78 (n=11). Aplicando una variante de esta fórmula donde se sustituyen los valores de fuerza por los de la velocidad media de nado en 25 con los datos del último experimento observamos como el C.C. disminuye a unos valores de 0,69 (n=18) en hombres y 0,68 (n=11) en mujeres. A pesar de los valores tan similares, al correlacionar los valores del C.C. obtenidos a partir de los valores de fuerza y a partir de los valores de velocidad de nado, obtenemos un coeficiente de correlación de 0.106, significando probablemente que los dos resultados midan aspectos completamente diferentes, y de escasa relación entre sí. Este hecho no sería demasiado importante si no ocurriera además que sólo se encontró un coeficiente de correlación significativo ($r=0,701$ $p<0,01$) entre la velocidad de nado media en 25 m estilo crol y el C.C. a partir de los valores de nado, no siendo significativo ($r=0,213$) con el C.C. obtenido a partir de la fuerza propulsiva a velocidad cero. Probablemente este resultado valorado en nuestro grupo experimental pueda poner en duda la aplicabilidad del citado C.C. obtenido a partir de la FMPV0 cuando sus resultados se quieren aplicar a la posible evaluación de la técnica del estilo crol completo cuando se nada libremente.

Las relaciones entre velocidad de nado en estilo crol con las velocidades obtenidas utilizando las extremidades inferiores o superiores separadamente se pueden analizar siguiendo el procedimiento sugerido por Karpovich (1935) que se ha dado en llamar el "teorema de Pitágoras" aplicado a la natación. En su fórmula relacionaba la velocidad de nado estilo crol completo (Vn) con la velocidad conseguida utilizando sólo las extremidades inferiores (Vp) y sólo las extremidades superiores (Vb) de la siguiente manera:

$$Vn^2 = Vp^2 + Vb^2 \quad (7.1)$$

En nuestro experimento el coeficiente de correlación entre la velocidad obtenida teóricamente a partir de la fórmula anterior y la velocidad real fue de $r=0,939$ $p<0,01$. Los valores de la velocidad obtenidos en cada caso fueron los siguientes:

- Velocidad teórica hombres (n=18)	1,998 m/s ($\pm 0,138$)
- Velocidad teórica mujeres (n=11)	1,845 m/s ($\pm 0,082$)
- Velocidad real hombres (n=18)	1,741 m/s ($\pm 0,128$)
- Velocidad real mujeres (n=11)	1,621 m/s ($\pm 0,07$)

Como puede observarse en los dos casos la velocidad teórica es notablemente superior a la velocidad real. Las diferencias entre sexos en cada caso fueron significativas:

- Velocidad teórica	T(27) = 3,32	$p<0,01$
- Velocidad real	T(27) = 2,849	$p<0,01$

El citado autor señalaba que si los valores diferían en un nadador, siendo la velocidad teórica mayor que la real existía un problema de coordinación en el estilo completo. Si ocurre al

revés demuestra que la eficiencia de la utilización de las extremidades inferiores o superiores de forma aislada es menor. Este último hecho es particularmente importante en la acción propulsiva de las extremidades inferiores. Aunque este tipo de evaluación ha sido utilizado en natación desde la época en que fue escrito el citado artículo, es difícil pensar que la validez del procedimiento para evaluar la técnica esté completamente vigente en la actualidad. Según sus resultados un nadador de crol debería guardar una relación entre las velocidades obtenidas por las extremidades superiores e inferiores de un 70% y un 30% respectivamente. En nuestro tercer experimento las relaciones porcentuales fueron de un 81,3% y un 49,5% respectivamente. Lo que consideramos diferencias demasiado grandes. Probablemente sea necesario una revisión del citado estudio con criterios diferentes, una muestra de sujetos más amplia y de diferentes niveles y unos procedimientos de medición más modernos.

Si observamos los resultados que se muestran en las figuras 7.1 podemos ver cómo los valores que obtienen los varones y las mujeres en la FPMV0 utilizando sólo las extremidades inferiores, son prácticamente iguales ($t(1)=5,45$). En el caso de la FPMV0 utilizando la acción propulsiva de las extremidades superiores observamos que la diferencia entre ellos es notable (al existir sólo un sujeto en el grupo femenino no se ha podido realizar la prueba "t". Pero si tomamos los resultados en el registro de FMPV0 utilizando el estilo crol completo que podemos considerar proporcional a la acción propulsiva de los miembros superiores son estadísticamente diferentes ($t(1)=90,13$ $p<0,01$). En el tercer experimento al diferenciar la acción propulsiva del tren superior e inferior y estilo completo entre los sexos los resultados son similares a excepción de la FMPV0 utilizando la acción propulsiva de las extremidades inferiores, como se puede observar al realizar la prueba "t" para grupos no apareados entre los sexos:

FMPV0	Extremidades Inferiores	$t(26) = 2,697$	$p < 0,05$
FMPV0	Extremidades Superiores	$t(26) = 2,851$	$p < 0,01$
FMPV0	Estilo Completo	$t(26) = 2,363$	$p < 0,05$
V25	Extremidades Inferiores	$t(27) = 0,768$	n.s.
V25	Extremidades Superiores	$t(27) = 4,566$	$p < 0,01$
V25	Estilo Completo	$t(27) = 2,849$	$p < 0,01$

Es curioso observar en este caso cómo por un lado la velocidad de nado en 25 m utilizando sólo las extremidades inferiores, no se diferencian significativamente entre sexos y sí la FMPV0 medida en los miembros inferiores como se comentó antes. Si a esto añadimos que el grupo femenino tenía una media de edad significativamente superior en año y medio al grupo masculino ($t(25) = 2,23$ $p < 0,05$), lo lógico hubiera sido que la inexistencia de diferencias se hubiera producido de igual modo en las dos pruebas realizadas. La inexistencia de diferencias en fuerza en las extremidades inferiores era algo esperado tal como ocurrió en el primer experimento y como citan Costill y col. (1992), mostrando los resultados de un estudio

en el que las diferencias entre sexos en la fuerza relativa al peso corporal medida con aparatos fuera del agua.

La eficacia de la mujer desplazándose con sus extremidades inferiores es similar a la del hombre en natación libre pero no así en natación estática como nuestros resultados demuestran. Este hecho puede explicarse por las diferencias en cuanto a comportamiento del fluido alrededor del pie cuando se realiza el batido de forma estática o en movimiento. Estáticamente la fuerza de arrastre es el criterio fundamental para explicar la fuerza registrada, la dependencia de la superficie de contacto con el agua con esta fuerza es directa. Al tener los sujetos masculinos por lo general los pies y extremidades inferiores de mayor tamaño y por tanto de mayor superficie, podrían aplicar más fuerza propulsiva. En natación libre un criterio relevante es la flexibilidad en la posición de flexión plantar del tobillo (Colman, Persyn y Dali 1989). En general las mujeres tienen más flexibilidad que los hombres, aunque no es posible saber si se debe a razones genotípicas o del tipo de actividad que desarrollan las mujeres en sus clases de Educación Física, más orientadas durante años a actividades en las que la flexibilidad era un elemento fundamental (Borms, 1984). El tener una mayor flexibilidad en el tobillo posibilita una posición propulsiva más eficaz cuando se desplaza el pie hacia abajo en el agua. (Schleihauf, 1986).

7.1.4. Diferencias entre grupos

En el tercer experimento se registró la FMPV0 y se midió la velocidad de nado en tres grupos de características diferenciadas fundamentalmente en edad y nivel de práctica de natación como se puede ver en la tabla 5.8 pág. 137. Al ser los grupos de sujetos significativamente diferentes en cuanto a la edad, comprendiendo un rango de edades que se caracteriza por el rápido desarrollo de las características antropométricas individuales, correlacionamos el total de las variables medidas con la edad. Como era esperado la edad correlacionó con la talla, peso, envergadura y la evaluación de la fuerza dinamométrica, significativamente y con valores altos tanto en hombres como en mujeres (la correlación osciló entre 0,640 a 0,797 en hombres, por ejemplo). Al correlacionar la edad con los tests específicos aquí propuestos FPV0, T25 y FPV0/P ésta bajó con relación a las variables anteriores obteniéndose los valores menores entre edad y FPV0/P en los dos sexos (hombres $r=-0,322$ y mujeres $r=0,053$, ver tabla 6.16, pág. 192)).

Al correlacionar las variables antropométricas con los resultados experimentales observamos que en hombres la tendencia a relacionarse entre sí estas variables es relativamente mayor que en mujeres. Debe destacarse que, por ejemplo, la envergadura en hombres fue la variable antropométrica que más correlacionó con FPV0 y la V25, sin embargo en el grupo femenino esta variable fue la única que no correlacionó significativamente con V25 y obtuvo un valor significativo pero muy bajo con FPV0 (ver tabla 6.16). En el caso concreto de la relación peso con FPV0 esta relación fue encontrada por Wankow (1972).

Si observamos las diferencias encontradas entre grupos en las variables antropométricas, vemos que en todos los casos las diferencias fueron significativas, siendo siempre el grupo nº 3 de alumnos de cuarto y quinto curso de la licenciatura de Educación Física el que consiguió valores más altos en todas las mediciones. El grupo nº1 de sujetos de un nivel alto de práctica de la natación de competición obtuvo unos valores inferiores y el grupo nº2, el de sujetos más jóvenes con pocos años de práctica de natación, el que obtuvo resultados más bajos. Esta situación era lógica al tener estas variables relación con la edad.

Al medir las diferencias entre sexos en las variables experimentales, en todos los casos los hombres obtuvieron mejores resultados (T25, FPV0 y FPV0/P). Pero si se observan las diferencias entre grupos pormenorizadamente en cada variable experimental, se encontró lo siguiente:

a) Variable velocidad de nado en 25m: En general los hombres nadaron más rápido que las mujeres y los grupos completos (sin diferenciar el sexo) se ordenaron en velocidad de esta manera: 1,3 y 2. Este resultado era lógico, en general los nadadores más experimentados nadan más rápido que los novatos y que sujetos adultos sin tanta experiencia natatoria. Los sujetos adultos nadaron más rápido que los niños. Al diferenciar entre sexos, los grupos 1 y 3 fueron más rápidos que el 2, pero no hubo diferencias entre ellos. Esta situación se repitió entre los grupos de sexo femenino, aunque en estos existió una diferencia de valores entre los grupos 1 y 3 muy próxima a ser significativa.

b) En la variable FMPV0: La situación fue análoga a la de la variable anterior tomando los grupos independientemente del sexo. Al diferenciar los grupos por el sexo, en el caso de los hombres se repite lo de la variable anterior. En las mujeres las diferencias entre grupo 1 y 3 fueron significativas.

c) En la variable FMPV0/P: Se obtuvieron resultados similares a los de las variables anteriores al considerar el grupo completo ya que los hombres consiguieron una fuerza relativa mayor que las mujeres. Se obtuvieron resultados diferentes al comparar los grupos diferenciando los sexos. El grupo 1 obtuvo valores superiores a los otros dos, siendo los valores de los grupos 2 y 3 similares tanto en hombres como en mujeres.

El no observar diferencias cuando se toman los sujetos masculinos, entre los grupos 1 y 3, tanto en velocidad de nado como en FMPV0, puede explicarse por razonamientos similares. La prueba de natación utilizada fue muy corta, y algunos de los alumnos de INEF eran ex-nadadores. Por otro lado, el impulso efectuado en la pared con sus miembros inferiores, que influye en la aceleración inicial del sujeto, podía ser realizado de una forma más potente por estos alumnos que por los propios nadadores, debido a la actividad deportiva multidisciplinar que el alumno de Educación Física realiza durante sus estudios, que entre otras cosas mejora o mantiene su potencia en las extremidades inferiores. La fuerza absoluta medida con dinamometría manual era un 30,2% superior en los sujetos del grupo 3, con lo que las posibilidades de aplicar fuerza tanto al nadar como al registrar la FMPV0 eran mucho mayores. Sin embargo, las diferencias en calidad técnica entre un grupo y otro eran lo suficientemente importantes como para que las diferencias en estas variables luego no existieran.

En los sujetos femeninos las características fueron diferentes. En el caso de las alumnas de educación física no existió ninguna que hubiera practicado la natación de competición con anterioridad, así mismo ninguna practicaba algún deporte que se caracterizara por una gran utilización de la fuerza de las extremidades superiores, cosa que en el grupo masculino sí ocurría. Al observar los resultados del test de fuerza absoluta de dinamometría manual, el grupo de alumnas de INEF sólo fueron un 9,5% más fuertes. Si a esto unimos que la práctica previa de la natación por este grupo fue mucho menor que en el grupo masculino es lógico pensar que los resultados en las variables velocidad de nado en 25 m y FMPV0 no se correspondan a los obtenidos por los sujetos masculinos. La velocidad de nado fue un 14,1 % inferior en las alumnas de Educación Física y un 23,3% la FMPV0. En este caso la práctica deportiva fue un factor suficiente como para diferenciar a los sujetos femeninos en cuestión, cosa que no ocurrió anteriormente con los hombres.

Estos resultados viene otra vez a apoyar lo comentado en este capítulo con anterioridad: las mejoras en la velocidad de nado vienen siempre acompañadas por unas mejoras proporcionalmente superiores de la fuerza. En este caso los sujetos masculinos alumnos de E.F. tenían un valor de fuerza absoluta muy superior al de los nadadores, con lo que a pesar de ser tests específicos obtuvieron unos valores similares tanto en velocidad de nado como en FMPV0. Pero en el grupo femenino la fuerza absoluta de mayor valor no fue suficiente para que igualaran los resultados de las nadadoras. Por otro lado, esto también refuerza lo comentado antes sobre la diferencia en la necesidad de fuerza entre hombres y mujeres.

La tercera variable comparada que fue la fuerza relativa (FMPV0/peso corporal) cambió la situación planteada por los otros tests. El grupo de nadadores ($n^{\circ}1$) obtuvo unos valores netamente superiores en ambos sexos sobre los otros dos grupos. Está claro que el desplazamiento del nadador no es nada más que el resultado de una fuerza aplicada contra el agua que acelera la masa corporal del nadador. Las posibilidades de que el nadador se desplace más rápido aplicando la misma fuerza pero teniendo una masa corporal menor son muy grandes. En el grupo femenino de nadadoras (G1) se dan los tres aspectos: la fuerza relativa es mayor, la FMPV0 es mayor, por tanto la velocidad de nado es mayor (obsérvese en los resultados la significación estadística de la diferencia de medias de velocidad que es $p=0,05$). En el grupo masculino de nadadores (G1) la situación es similar, la fuerza relativa es superior, la FMPV0 es mayor pero no significativamente y la velocidad de nado es mayor también pero no significativamente. Cabría preguntarse ¿cómo siendo las diferencias en fuerza relativa entre los distintos grupos muy similares entre los dos sexos, no lo son los valores de FMPV0 y velocidad de nado? o lo que es lo mismo, ¿cómo personas con un peso corporal mucho mayor pueden nadar a la misma velocidad que otras con FMPV0 similar? El resultado en el grupo femenino se corresponde con los obtenidos por Onoprienko y Bartaszuk (1973) donde los nadadores soviéticos de mayor nivel tenían unos valores de fuerza relativa al peso corporal mayores que los de peor nivel. En el caso de los hombres la única explicación lógica se basa en lo comentado antes sobre el impulso que facilita la aceleración corporal en la primera fase del test. Así mismo, la corta distancia nadada permite que incluso una persona no entrenada

tenga energía para aplicar valores muy altos de fuerza propulsiva en ese recorrido. Los resultados probablemente hubieran sido muy distintos si la distancia utilizada en la prueba de natación hubiera sido mayor.

5. CONCLUSIONES:

El presente trabajo tenía dos tipos de objetivos: (1) metodológicos, orientados al desarrollo de procedimientos que permitan cuantificar de una manera lo más automatizada posible las variables a estudio, y (2) experimentales, orientados a medir las variables citadas en distintos grupos y bajo distintas situaciones.

1) La principal aportación metodológica reside en la utilización de los registros computarizados para la evaluación de la fuerza propulsiva en natación. Esto ha sido posible gracias al desarrollo tecnológico actual, mediante la utilización de "interfaces" para la conversión de señales analógicas en digitales que permiten que los datos obtenidos en un registro puedan ser tratados y almacenados por un ordenador de manera automática, evitando los sistemas anteriores donde el análisis de los datos debía hacerse a partir de las gráficas obtenidas sobre papel milimetrado propio de los polígrafos tradicionales. En nuestro caso los primeros registros se realizaron de esta manera, pero una vez conocidas las técnicas (calibración, amplificación, etc.) comenzamos a utilizar el registro computarizado, primeramente con ayuda de un programa comercial para la adquisición de señales con el que se realizó el experimento número uno. Sin embargo, el programa no permitía una gran flexibilidad en la organización y almacenamiento de registros, lo que convertía la recogida de datos en algo tedioso y que exigía pasar por multitud de menús de comandos. Esto nos llevó a desarrollar nuestros propios programas construidos en lenguaje BASIC que permitían utilizar rutinas específicas de control de la tarjeta convertidora. Estos programas se utilizaron durante el segundo experimento registrándose todos los datos obtenidos por los nadadores en el período de esfuerzo. Al usarse un sistema no elástico de sujeción del nadador, era necesario almacenar todos los datos obtenidos (3000 o 2000 por registro) para luego escoger dentro de la curva los ciclos válidos para el análisis, por ejemplo en el registro de 10 ciclos, se realizaban 6 ciclos de puesta en movimiento que hubo que "cortar" para el análisis posterior, pues se ejecutaban sin aplicar gran fuerza. Esto llevaba gran tiempo, pero menos del que era necesario en el primer experimento, aunque el problema fundamental era que los resultados (medias, máximos, mínimo, etc.) no podían obtenerse en el mismo momento del registro. En el tercer experimento donde el sistema de sujeción fue elástico, todo el proceso se consiguió automatizar. Una vez introducidos los datos de la

calibración. se realizaban los registros y al acabar cada uno, el programa mostraba en pantalla la gráfica, con el máximo obtenido, las medias cada segundo y el tiempo del máximo, datos que eran archivados en un fichero común para todos los sujetos, que era luego leído directamente por programas estadísticos. Esto permitió algo muy importante: dar información inmediata al nadador de su resultado, lo que es un gran elemento motivador. Hay que tener en cuenta que la utilización de sujetos experimentales, en general, es algo que necesita de algún tipo de refuerzo, en un deportista el conocimiento de los resultados de su rendimiento es un gran reforzador.

- 2) A pesar de todo, el sistema tenía algunos problemas: necesitaba de una calibración previa a cada sesión experimental, no siendo esto debido al propio instrumental, sino a las condiciones tan variables que suele mostrar un recinto como el utilizado —una piscina cubierta—, donde las oscilaciones tanto de temperatura como de humedad modifican en muchos casos la respuesta del instrumental. Por ejemplo, se ha estado trabajando en condiciones del alta humedad relativa con un rango de temperaturas entre 24° C a 36° C. El segundo problema fue el no saber exactamente a qué momento del ciclo propulsivo correspondía el registro obtenido. Hemos utilizado la referencia dada por otros autores, pero no encontramos un sistema de sincronización adecuado. Esto en la actualidad ya ha sido solventado gracias a la aparición de interfaces que permiten visualizar en una pantalla, mezcladas la imagen del registro del computador con la proveniente de una cámara de vídeo en la que se observa el movimiento del nadador, esto permite conocer con exactitud el momento del ciclo al que corresponde cada valor del registro. De todas maneras esto sólo podría ser utilizable con sujeción rígida, ya que es la única manera de obtener unas gráficas (sinusoides) que puedan relacionarse con las fases propulsivas. La suavización de la señal producida por la sujeción elástica no permite relacionar las fases con el registro. En cualquier caso nuestros próximos trabajos con registros se realizarán utilizando este procedimiento.
- 3) Otro aspecto solucionado relacionado es el procedimiento de filmación subacuático, controlado en su totalidad desde fuera del agua. Este sistema similar al utilizado por Persyn y col. (1979), aunque mucho más portátil, permite colocar la cámara sumergida en una carcasa de manera que fue posible filmar al nadador durante los 50 m (dos largos de piscina) girando el sistema desde fuera del agua. Con el fin de conseguir una imagen más nítida se aumentó la imagen con el "zoom" a un tamaño en el que el nadador tenía unas proporciones similares a las del propio fotograma, este control fue posible gracias a que el nadador se visualizaba simultáneamente en un monitor externo. La cámara se colocaba verticalmente en la carcasa con lo que era necesario un espejo en 45° para realizar la filmación, esto traía como consecuencia el que la imagen filmada fuera una imagen reflejada. En este período se han probado nuevos materiales que han permitido fabricar una carcasa donde la cámara se coloca horizontalmente y por tanto, la imagen ya no es reflejada. Así mismo, por medio de un prisma y un espejo, podemos filmar simultáneamente al nadador por encima y por debajo del agua. con lo que el análisis de los movimientos puede

ser mucho más completo que el empleado con el sistema inicial que sólo permitía una filmación subacuática.

- 4) Relacionado con todo esto debemos hablar aquí del sistema de filmación en vídeo utilizado para medir la flexibilidad. Colocado el sujeto en la posición requerida y con la cámara en una posición fija se filma al sujeto, posteriormente se digitalizan los puntos articulares y referencias, con el mismo procedimiento utilizado para digitalizar las trayectorias propulsivas, dando de forma inmediata el ordenador los grados de flexión o extensión medidos. Este sistema es una aportación realmente novedosa al campo de la medición de variables antropométricas relacionadas con la flexibilidad, por su facilidad de uso y por su rapidez.
- 5) En el caso del análisis cuantitativo de la técnica, ha sido desarrollado un sistema de toma de datos automática de las variables aquí medidas (frecuencia y longitud ciclo, velocidad media, tiempo de salida, tiempo de vuelta, etc.) El sistema son programas realizados por nosotros específicamente para resolver este problema. Estos programas se han desarrollado para evaluar cualquier prueba perteneciente al programa oficial de competiciones, y no sólo para medir la variables experimentales. La exposición de los resultados es inmediata y se puede utilizar a partir de una filmación en vídeo o directamente en la propia competición, siempre y cuando se hayan colocado unas referencias adecuadas en la piscina.

En la actualidad, los sistema expuestos (registro en vídeo, valoración de la flexibilidad y análisis cuantitativo) están siendo utilizados para la evaluación de una gran cantidad de nadadores en los programas de control llevados a cabo por la Federación Española de Natación, particularmente en el grupo de nadadores que se preparan para participar en los Juegos Olímpicos de Barcelona-92.

Las conclusiones relacionadas con los objetivos experimentales podrían resumirse en los siguientes puntos:

- 1• Las correlaciones obtenidas entre velocidad media de nado en distancias cortas (25 y 50 m) con los valores alcanzados en registro de fuerza propulsiva a velocidad cero en distintas condiciones, muestran, de forma general, que existe una relación entre estas dos variables (fuerza y velocidad) en natación.
- 2• Dicha relación depende en gran medida del sexo del grupo. La relación es mucho más importante y se repite en todas las condiciones en el hombre cosa que no ocurre con las mujeres. Podemos afirmar, vistos los resultados, que la importancia relativa de la fuerza en el rendimiento en natación es más baja en el caso de las mujeres, siempre que la fuerza sea medida con los procedimientos de registro de fuerza propulsiva a velocidad cero con sujeción rígida.
- 3• En el caso de la sujeción elástica, el hecho de que el nadador se desplace ligeramente permite que en ciertos momentos la fuerza propulsiva registrada no sea exclusivamente la de

arrastre, lo que facilita la utilización de una fuerza propulsiva un poco más parecida a la real en desplazamiento libre. Esto puede explicar que en el tercer experimento, donde se utilizó este sistema de sujeción la fuerza registrada tuviera unos valores de correlación con la velocidad de nado significativos también en las mujeres.

- 4• La relación entre fuerza y velocidad disminuye a medida que los grupos son más homogéneos en edad y su nivel de rendimiento es mayor, entrando en juego factores complejos que tienen que ver con la biomecánica de la técnica y que el sistema de registro a velocidad cero no es capaz de diferenciar.
- 5• El incremento necesario en los valores de fuerza propulsiva a velocidad cero para mejorar la velocidad media de nado en distancias cortas es mucho mayor proporcionalmente. Pequeñas mejoras en la velocidad se producen entre otras razones gracias a un incremento notable en el entrenamiento de fuerza.
- 6• No parece muy acertado, a la vista de nuestros resultados, utilizar el coeficiente de coordinación basado en los registros de fuerza propulsiva a velocidad cero, para valorar la calidad en la coordinación de las acciones propulsivas de las extremidades superiores e inferiores al nadar estilo crol. Lo mismo ocurre con la relación exponencial entre la velocidad de nado y la suma de las velocidades al utilizar los miembros inferiores y superiores aisladamente.
- 7• La relación fuerza propulsiva a velocidad cero con el peso corporal, que inicialmente diferencia grupos de características distintas de una forma lógica, no guarda relación con las diferencias obtenidas entre grupos al medir la velocidad de nado en 25 m y la fuerza propulsiva a velocidad cero. Esto deberá ser analizado con más profundidad en el futuro, recomendando, que para que los tests sean más específicos, la duración del esfuerzo sea mayor. Así mismo, podría ser interesante la sustitución del peso corporal por el peso hidrostático.
- 8• Con el fin de compensar el efecto negativo de las cargas de gran volumen aeróbico sobre la velocidad de nado recomendamos entrenar a los nadadores simultáneamente con un programa de ejercicios en seco donde se trabaje con cargas altas (programas orientados al desarrollo de la hipertrofia muscular y la coordinación intramuscular).
- 9• No encontramos diferencias a nivel general (a excepción de lo comentado anteriormente relacionado con el sexo) en la utilización de un sistema de registro de la fuerza propulsiva a velocidad cero con sujeción rígida o elástica. La decisión de utilizar uno u otro viene marcada por la necesidad de obtener los resultados de una forma inmediata, con lo que recomendamos utilizar el sistema elástico o bien por la necesidad de analizar los registros de cada ciclo de una forma pormenorizada lo que obliga a utilizar un sistema de sujeción rígido.
- 10• El sistema de filmación utilizado para el análisis cinemático de las trayectorias propulsivas, aunque útil para el análisis cualitativo de las mismas, no presenta tanta capacidad para el análisis cuantitativo. La propia resolución del vídeo utilizado, la pérdida de luz que la filmación subacuática provoca, la rotación de la cámara, etc. recomiendan entre otras cosas

que: los puntos antropométricos a analizar lleven un punto luminoso que facilite su visualización, el fondo del espacio por donde se desplaza el nadador sea lo más oscuro posible, lo que hace que la luz que recibe la cámara sea sólo la que el propio nadador refleja (esto se utilizó en una de las filmaciones y las diferencias fueron notables). El realizar las filmaciones con metodología tridimensional, de manera que se pueda observar la proyección del desplazamiento de los puntos a analizar en los tres planos, parece lo más recomendable en el futuro.

- 11• Los sistemas utilizados para medir la flexibilidad y las características cuantitativas de la competición parecen lo suficientemente fiables para automatizar el proceso de toma de datos de esas variables.
- 12• Recomendamos en un futuro utilizar sistemas integradores donde el registro en vídeo y el registro de señales analógicas permitan la observación simultánea de las variables técnicas y las variables cuantificadas (fuerza, velocidad, resistencia, etc.). Esta señal grabada en un magnetoscopio externo permitirá un análisis cualitativo y cuantitativo inmediato que con los sistemas actuales es imposible de realizar de forma simultánea.
- 13• Este tipo tecnología permitirá también desarrollar sistemas de biofeedback que ayuden al aprendizaje de las técnicas complejas de que se compone la natación.
- 14• Nuestros sistemas desarrollados en la presente tesis, así como los propuestos para investigaciones futuras, pueden facilitar el análisis del movimiento humano no sólo en deportistas de competición, sino también en el control de la ejecución de movimientos de rehabilitación utilizados en el medio acuático para la mejora de determinadas patologías. Su utilización en el campo de la salud parece algo muy recomendable en el futuro una vez desarrollados sistemas más portátiles y económicos.

Este trabajo ha tratado de profundizar en el estudio de una variable que interviene de forma crítica en la capacidad del ser humano para desplazarse en el medio acuático: la fuerza propulsiva. Los procedimientos desarrollados y la experiencia adquirida en estos años facilitará en el futuro el desarrollo de proyectos más ambiciosos que den algo más de información para el estudio de este problema.

* * * * *

BIBLIOGRAFIA

- Abacus (1987). Statview II™. In Berkeley, CA: Abacus Concepts, Inc.
- Abramson, P. B. (1973). Hydrodynamics in Swimming. Swimming Technique, 10(3), 74-77.
- Adams, T. A., Martin, R. B., Yeater, R. A., & Gilson, K. A. (1983). Tethered Force and Velocity Relationships. Swimming Technique, 20(3), 21-28.
- Alley, L. E. (1952). An Analysis of Water resistance and Propulsion in Swimming the Crawl Stroke. The Research Quarterly, 23, 253-270.
- Arellano, R., & Pardillo, S. (1990). Aproximación al Análisis Biomecánico Tridimensional aplicado a las Trayectorias propulsivas de los nadadores del equipo nacional participantes en los Campeonatos de Europa 1989. In Madrid: Asociación Nacional de Entrenadores de Natación.
- Barthels, K. M. (1979). The Mechanism for Body Propulsion in Swimming. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 45-54). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Belokovsky, V. V. (1971). An Analysis of Pulling Motions in the Crawl Arm Stroke. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Ed.), First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", . Bruxelles: Université libre de Bruxelles.
- Boicev, K., & Tzvetkov, A. (1975). Instrumentation and Methods for the Complex Investigations of Swimming. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Eds.), Second International Symposium on Biomechanics in Swimming (pp. 80-89). Bruselas, Belgium: University Park Press.
- Bollens, E., Annemans, L., Vaes, W., & Clarys, J. P. (1988). Peripheral EMG Comparison Between Fully Tethered and Free Front Crawl Swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), Swimming Science V Pennsylvania: Human Kinetics Books.
- Bollens, E., & Clarys, J. P. (1984). Front Crawl Training with Hand Paddles: A Telemetric EMG Investigation. In 1984 Olympic Scientific Congress, . Eugene (Oregon):
- Bompa, T. O. (1983). Theory and Methodology of Training (1 ed.). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt.
- Borms, J. (1984). Importance of Flexibility in Overall Physical Fitness. International Journal of Physical Education, 21(2), 15-26.
- Boulgakova, N. (1990). Sélection et Préparation des Jeunes Nageurs (Editions Planeta, Trans.). (1 ed.). Paris: Vigot.

- Cabri, J. M. H., Annemans, L., Clarys, J. P., Bollen, E., & Public, J. (1988). The Relation of Stroke Frequency, Force, and E.M.G. in Front Crawl Tethered Swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), Swimming Science V (pp. 183-189). Pennsylvania: Human Kinetics Books.
- Clarys, J. P. (1979). Human Morphology and Hydrodynamics. In SWIMMING III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming
- Colman, V., & Persyn, U. (1991). Diagnosis of the Movement and Physical Characteristics Leading to Advice in Breaststroke. In R. Arellano (Ed.), Ciencia y Natación: Su Aplicación Práctica, (pp. 20-46). Granada:
- Colman, V., Persyn, U., & Daly, D. (1989). PC-Seminars on Sport Technique and Training. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven.
- Colwin, C. (1985). Essential Fluid Dynamics of Swimming Propulsion. A.S.C.A. Newsletter (July/August), 22-27.
- Costill, D. L., D'Acquisto, G. L., & D'Acquisto, L. J. (1987). Video-Computer Assisted Analysis of Swimming Technique. , 3(2), 5-9.
- Costill, D. L., King, D. S., Holdren, A., & Hargreaves, M. (1983). Sprint Speed vs. Swimming Power. Swimming Technique, 20(1), 20-22.
- Costill, D. L., King, D. S., Thomas, R., & Hargreaves, M. (1985). Muscle Strength and the Taper. Swimming Technique, 22(1), 23-26.
- Costill, D. L., Maglischo, E. W., & Richardson, A. B. (1992). Swimming (1 ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Costill, D. L., Rayfield, F., Kirwan, J., & Thomas, R. (1986). A Computer Based System for the Measurement of Force and Power During Front Crawl Swimming. The Journal of Swimming Research, 2(1), 16-19.
- Councilman, J., & Wasilak, J. (1982). The Importance of Hand Speed and Hand Acceleration. In R. M. Ousley (Ed.), 1981 ASCA World Clinic Yearbook, 1 (pp. 41-55). Fort Lauderdale, Florida: American Swimming Coaches Assoc.
- Councilman, J. E. (1955). Forces in Swimming Two Types of Crawl Stroke. The Research Quarterly, 26(2), 127-139.
- Councilman, J. E. (1968). The Science of Swimming (1 ed.). Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Int.
- Councilman, J. E. (1971). The Application of Bernoulli's Principle to Human Propulsion in Water. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Ed.), First International Symposium on

- "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", (pp. 59-71). Bruxelles: Université libre de Bruxelles.
- Counsilman, J. E. (1977). Competitive Swimming Manual for Coaches and Swimmers (1 ed.). Bloomington, Indiana: Counsilman., Inc.
- Craig, A. B., & Boomer, W. F. (1980). Relationships Between Tethered and Free Swimming the Front Crawl Stroke (abstract) (Abstract No. Medicine and Dentistry, and Division of Sports and Recreation, University of Rochester, Rochester, NY 14642.
- Chollet, D. (1990). Approche Scientifique de la Natation Sportive (1 ed.). Paris: Vigot.
- Chollet, D., Madani, M., & Micallef, J. P. (1990). The effects of two types of biomechanical biofeedback on crawl performance. In T. Reilly & D. MacLaren (Ed.), Sixth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, . Liverpool (Inglaterra):
- Chollet, D., Micallef, J. P., & Rabischong, P. (1988). Biomechanical Signals for External Biofeedback to Improve Swimming Techniques. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), Swimming Science V (pp. 389-396). Pennsylvania: Human Kinetics Books.
- Christensen, C. L., & Smith, G. W. (1987). Relationship of Maximum Sprint Speed and Maximal Stroking Force in Swimming. The Journal of Swimming Research, 3(2), 18-20.
- Daly, J. (1984) An Individually Appropriate Pattern per Distance for Women Competitive Crawl Swimmers. Leuven.
- Dupuis, R., Adrian, M., Yoneda, Y., & Jack, M. (1979). Forces Acting on the Hand during Swimming and their Relationship to Muscular, Spatial and Temporal Factors. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 110-117). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Firby, H. (1975). Howard Firby on Swimming. London: Pelham Books.
- Fox, E. L. (1979). Sports Physiology. Iowa: W.B. Saunders Co.
- Glukhov, V. I., & Bratkovskiy, V. K. (1974). A Combination Method for Studying Swimming Technique. Theory and Practice of Physical Culture, 10, 63-67.
- Goldfuss, A. J., & Nelson, R. C. (1971). A Temporal and Force Analysis of the Crawl Arm Stroke During Tethered Swimming. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Ed.), First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", (pp. 129-142). Bruxelles: Université libre de Bruxelles.
- Gullstrand, L., & Holmer, I. (1983). Physiological Characteristics of Champion Swimmers during a Five-Year Follow-Up Period. In A. P. Hollander, P. A. Huijting, & G. d. Groot

- (Ed.), Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming and the Fifth International Congress on Swimming Medicine, 14 (pp. 258-262). Amsterdam, Holanda: Human Kinetics Publishers, Inc.
- Haljan, R. (1984). A New Scientific Approach to Analyzing Swimming Technique. In J. L. Cramer (Eds.), How to Develop Olympic Level Swimmers - Scientific and Practical Foundations (pp. 70-105). Helsinki: International Sports Media.
- Hay, J. G. (1986). Swimming. In J. G. Hay (Eds.), Starting, Stroking & Turning (A Compilation of Research on the Biomechanics of Swimming, The University of Iowa, 1983-86) (pp. 1-51). Iowa: Biomechanics Laboratory, Department of Exercise Science.
- Hochmuth, G. (1973). Biomecánica de los Movimientos Deportivos (Casimiro Tylco, Trans.). (1 ed.). Madrid: Doncel.
- Holmér, I. (1979). Analysis of Acceleration as a Measure of Swimming Proficiency. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 118-126). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Hopper, R. T., Hadley, C., Piva, M., & Bambauer, B. (1983). Measurement of Power Delivered to an External Weight. In A. P. Hollander, P. A. Huijing, & G. d. Groot (Eds.), Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming and the Fifth International Congress on Swimming Medicine (pp. 113-119). Amsterdam, Holanda: Human Kinetics Publishers, Inc.
- Iguarán, J. (1972). Historia de la Natación Antigua y de la Moderna de los Juegos Olímpicos (1 ed.). Tolosa: Caja de Ahorros de Guipúzcoa.
- Jahnig, W. (1987). Grundlegende strukturelle Betrachtungen. In Hochschullehrbuch (Eds.), Sport Schwimmen (pp. 74-86). Berlin: Sportverlag Berlin.
- Jurina, K. (1974). Estudio Comparativo del Nadar del Pez y el del Hombre. Novedades en Natación (Centro de Documentación e Información) INEF de Madrid(1), 19-28.
- Karpovich, P. V. (1935). Analysis of the Propelling Force in the Crawl Stroke. The Research Quaterly, 6(2), 49-58.
- Kemper, H. C. G., Clarys, J. P., Verschuur, R., & Jiskoot, J. (1983). Total Efficiency and Swimming Drag in Swimming the Front Crawl. In A. P. Hollander, P. A. Huijing, & G. d. Groot (Ed.), Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming and the Fifth International Congress on Swimming Medicine, 14 (pp. 199-206). Amsterdam, Holanda: Human Kinetics Publishers, Inc.

- Keskinen, K. L., Tilli, L. J., & Komi, P. V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. Scand. J. Sports. Sci., 11(2), 87-92.
- Larrabie, E. E. (1980). La Hélice. Investigación y Ciencia(48), 90-101.
- Levinson, D. A. (1987). Internal Stroke Motions and the Effective Coaching of Stroke Mechanics. , 3(2), 21-28.
- Lewillie, L. (1983). Research in Swimming. In A. P. Hollander, P. A. Huijing, & G. d. Groot (Eds.), Fourth International Symposium of Biomechanics in Swimming and the Fifth International Congress on Swimming Medicine (pp. 5-16). Amsterdam, Holanda: Human Kinetics Publishers. Inc.
- Loetz, C., Reischle, K., & Schmitt, G. (1988). The Evaluation of Highly Skilled Swimmers via Quantitative and Qualitative Analysis. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Eds.), Swimming Science V (pp. 361-367). Pennsylvania: Human Kinetics Books.
- Magel, J. R. (1970). Propelling Force Measured During Tethered Swimming in the Four Competitive Swimming Styles. The Research Quarterly, 41(1), 69-74.
- Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., Higgins, J., Hinricks, R., Luedtke, D., Schleihauf, R. E., & Thayer, A. (1986). A Biomechanical Analysis of the 1984 U.S. Olympic Swimming Team: The Distance Freestylers. The Journal of Swimming Research, 3(2), 12-16.
- Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., & Santos, T. R. (1987). The Relationship Between the Forward Velocity of the Center of Gravity and the Hip in the Four Competitive Strokes. The Journal of Swimming Research, 3(2), 11-17.
- Maglischo, C. W., Maglischo, E. W., Sharp, R. L., Zier, D. J., & Katz, A. (1984). Tethered and NonTethered Crawl Swimming. In J. Terauds, K. Barthels, E. Kreigbaum, R. Mann, & J. Cakes (Ed.), ISBS Sports Biomechanics, (pp. 163-176). Del Mar, California: Academic Publishers.
- Maglischo, E. W. (1982). Swimming Faster (1 ed.). California State University, Chico: Mayfield Publishing Company.
- Manen, J. D. v., & Rijken, H. (1975). Dynamic Measurement Techniques on Swimming Bodies at the Netherlands Ship Model Basin. In L. Lewille & J. P. Clarys (Eds.), Swimming II - Int. Symposium on Biomechanics in Swimming (pp. 64-79.). Baltimore: University Park Press.
- Marchaj, C. A. (1988). Aero-Hydrodynamics of Sailing (2 ed.). London: Adlard Coles Nautical.

- Martin, B. (1989). Swimming: Forces on Aquatic Animals and Humans. In C. L. Vaughan (Eds.), Biomechanics of Sport (pp. 35-51). Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- Martin, B., Yeater, R. A., & White, M. K. (1981). A Simple Analytical Model for the Crawl Stroke. Journal of Biomechanics, 14(8), 539-548.
- Merwe, C. W. v. d. (1970). Teoría y Problemas de Física General (Luis Gutiérrez Angel Gutiérrez, Trans.). (6 ed.). Méjico: Mc Graw-Hill.
- Microsoft (1988). QuickBASIC. In Microsoft Corporation.
- Miyashita, M. (1971). An Analysis of Fluctuations of Swimming Speed. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Ed.), First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", 1 (pp. 53-58). Bruxelles: Université libre de Bruxelles.
- Montpetit, R., Duvallet, A., Cazorla, G., & Smith, H. (1987). The Relative Stability of Maximal Aerobic Power in Elite Swimmers and its Relation to Training Performance. , 3(1), 15-18.
- Montpetit, R. R. (1981). Maximal Voluntary Propelling Force in Swimming. In J. Leonard (Ed.), American Swimming Coaches Ass. World Clinic, (pp. 279-283). American Swimming Coaches Ass.
- Navarro, F. (1978). Pedagogía de la Natación (1 ed.). Valladolid: Editorial Miñón.
- Okamoto, T., & Wolf, S. L. (1979). Underwater Recording of Muscular Activity Using Fine-Wire Electrodes. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 160-166). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Onoprienko, B. I., & Bartaszuk, W. J. (1973). Índice del Peso Específico y de la Fuerza de Tracción de los Nadadores. Sport Wyczynowy, 11(1), 60-61.
- Persyn, U. (1974). Technisch-hydrodynamische benadering van de bewegende-means-in-het-water (1 ed.). Leuven: Pencoprint, Wilsele.
- Persyn, U. J. J., Hoeven, R. G. C., & Daly, D. J. (1979). Evaluation Center for Competitive Swimmers. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Piette, G., & Clarys, J. P. (1979). Telemetric Electromyography of the Front Crawl Movement. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 153-159). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.

- Platonov, V. N. (1988). L'Entrainement Sportif (N. Jonco, D. Water, J. R. Lacour, Trans.). (1 ed.). Paris: Revue EPS.
- Rasulbekov, R. A., Fomin, R. A., Chulkov, V. U., & Chudovsky, V. I. (1986). Explosive Strength in Pulling. National Strength and Conditioning Ass. Journal, 8(2), 30-32.
- Redondo, J. M. (1987). Efecto de la Velocidad de la Brazada en el Coeficiente de Arrastre de las Manos. In S. I. d. Biomecánica (Ed.), X Simposio de la Sociedad Ibérica de Biomecánica, (pp. 12). Madrid:
- Redondo, J. M., & Cano, J. L. (1979). Primeras Determinaciones de los Efectos de Sustentación e Impulso en Natación. Natación, Saltos y Water-Polo, 1(5 (5)), 36-46.
- Redondo, J. M., Morris, S., & Cano, J. L. (1981). Estudio sobre la Propulsión Producida por las Manos en Natación. Natación, Saltos y Water-Polo, 3(1 (18)), 32-37.
- Reischle, K. (1979). A Kinematic Investigation of Movement Patterns in Swimming with Photo-optical Methods. In T. a. Bedingfield (Eds.), SWIMMING III - Third Int.Symp.of Biomechanics in Swimming (pp. 127-136). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Reischle, K. (1988). Biomechanik des Schwimmens (1 ed.). Bockenem: Sport Fahneman Verlag.
- Rennie, D. W., Pendergast, D. R., & Prampero, P. E. d. (1975). Energetics of Swimming in Man. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Eds.), Second International Symposium on Biomechanics in Swimming Bruselas, Belgium: University Park Press.
- Ria, B., Van-Praagh, & Falgairette, G. (1986). Forces Maximales Propulsives et Coordination Motrice des Sprinters en Nage Libre. Cinésiologie, 25(106), 121-126.
- Rohrs, D. M., Mayhew, J. L., Arabas, C., & Shelton, M. (1990). The Relationship Between Seven Anaerobic Tests and Swim Performance. The Journal of Swimming Research, 6(4), 15-19.
- Schleihauf, R. E. (1974). A Biomechanical Analysis of Freestyle. Swimming Technique, 11(3x), 89-96.
- Schleihauf, R. E. (1979). A Hydrodynamical Analysis of Swimming Propulsion. In T. a. Bedingfield (Eds.), SWIMMING III - Third Int.Symp.of Biomechanics in Swimming (pp. 70-109). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Schleihauf, R. E. (1986). Swimming Skill: A Review of Basic Theory. The Journal of Swimming Research, 2(2), 11-20.

- Schleihauf, R. E., Gray, L., & DeRose, J. (1983). Three-dimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In A. P. Hollander (Ed.), Fourth International Symposium of Biomechanics and Fifth International Symposium on Swimming Medicine, 14 (pp. 173-183). Amsterdam: Human Kinetics.
- Schleihauf, R. E., Higgins, J. R., Hinrichs, R., Luedtke, D., Maglischo, C., & Thayer, A. (1988). Propulsive Techniques: Front Crawl Stroke, Butterfly, Backstroke, and Breaststroke. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, & K. Reischle (Ed.), Swimming Science V, 18 (pp. 53-59). Bielefeld, Alemania: Human Kinetics Books.
- Svec, O. J. (1982). Biofeedback for Pulling Efficiency. Swimming Technique, 36-46.
- Systat (1989). SYSTAT. In Evanston, Ill: Systat, Inc.
- Thomas, J., & Nelson, J. (1985). Introduction to Research in Health, Physical Education, Recreation, and Dance. (1 ed.). Champaign, Illinois:
- Toussaint, H. M., Groot, G. d., Savelberg, H. H. C. M., Vervoorn, K., Hollander, A. P., & Schenau, G. J. v. I. (1988). Active Drag Related to Velocity in Male and Female Swimmers. In H. M. Toussaint (Eds.), Mechanics and Energetics of Swimming (pp. 3-6). Amsterdam: Vrije Universiteit Te Amsterdam.
- Translation, D. (1985). ASYSTANT+. In Marlboro, MA: Data Translation, Inc.
- Translation, D. (1985). PCLAB™. In Marlboro, MA: Data Translation, Inc.
- Troup, J. (1980). Monitoring Performance with an Applied Approach. In J. Leonard (Ed.), American Swimming Coaches Ass. World Clinic, (pp. 95-110). New Orleans: American Swimming Coaches Ass.
- Ungerechts, B. (1979). Optimizing Propulsion in Swimming by Rotation of the Hands. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 55-61). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Vaday, M., & Nemessuri, M. (1971). Motor Pattern of Free-style Swimming. In L. Lewillie & J. P. Clarys (Ed.), First International Symposium on "Biomechanics in Swimming, Water-Polo and Diving", (pp. 167-174). Bruxelles: Université libre de Bruxelles.
- Wankow (1972). Bases Teóricas de la Técnica de Natación (1 ed.). Madrid: INEF.
- Webb, P. W. (1984). Forma y Función en la Locomoción de los Peces. Investigación y Ciencia(96).
- Wilke, K. (1991). La Técnica de las Pruebas de Sprint. In R. Arellano (Ed.), Natación Ciencia y Técnica su Aplicación Práctica, (pp. 80-96). Granada:

- Wood, T. C. (1979). A Fluid Dynamics Analysis of the propulsive Potential of the Hand and Forearm in Swimming. In T. a. Bedingfield (Eds.), Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming (pp. 62-69). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Yancher, R.,Larsen, O., & Baer, C. (1983). Velocity Profiling as a Diagnostic Tool. Sw. Tech., 19(4), 13-14.
- Yancher, R.,Larsen, O., & Baer, C. L. H. (1984). Sprint Recovery Times. Swimming Technique, 20(3), 27-28.
- Yeater, R. A.,Martin, R. B.,White, M. K., & Gilson, K. H. (1981). Tethered Swimming Forces in the Crawl, Breast and Back Strokes and their Relationship to Competitive Performance. Journal of Biomechanics, 14(8), 527-537.
- Zaciorskiy, V. M., & Safarian, I. G. (1972). Examen de los Factores para Determinar la Velocidad Máxima en Estilo Libre. Theorie und Praxis der Korpelkultur (Traducido por Centro de Investigación Documentación e Información, INEF, Madrid), 21(8), 1-25.

ANEXOS

ANEXO I

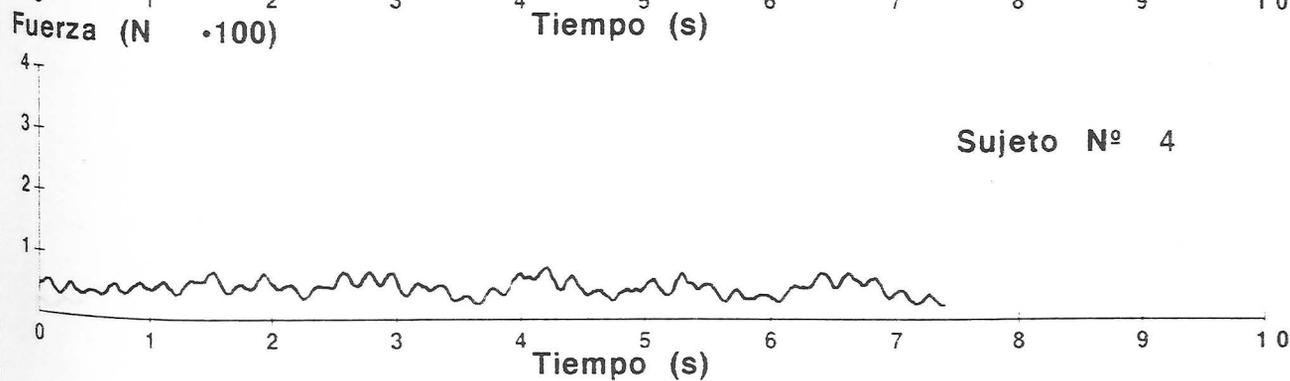
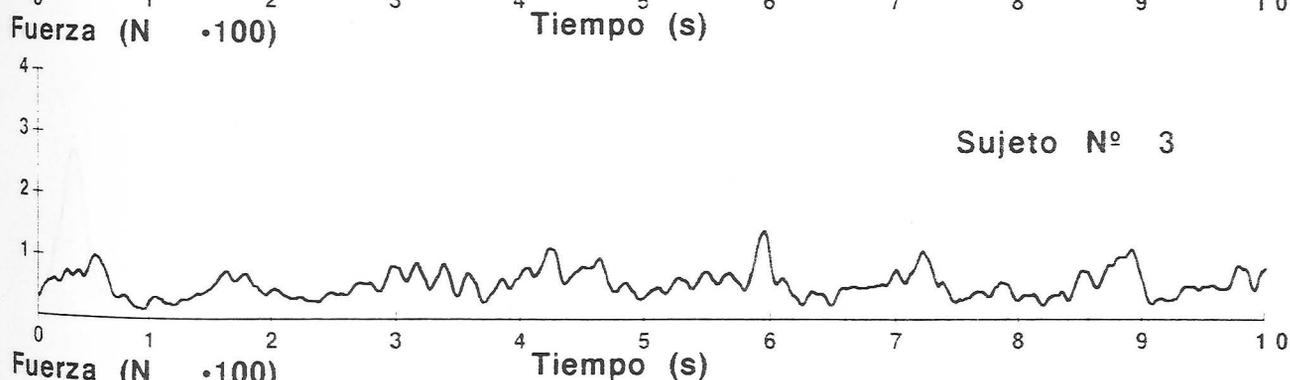
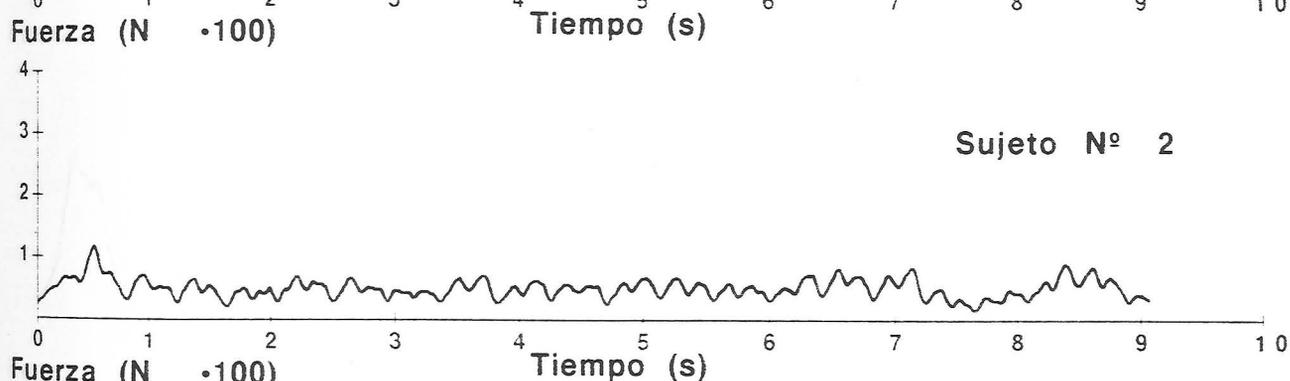
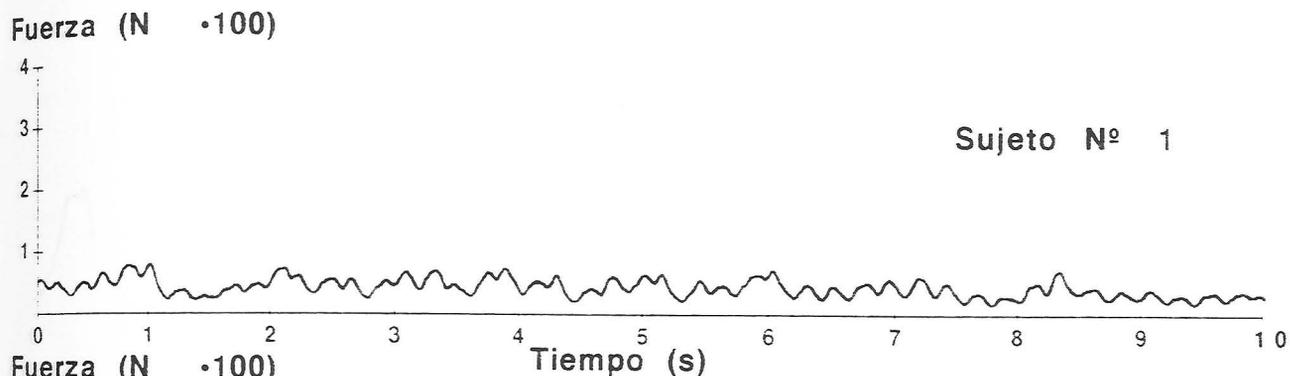
GRAFICAS DEL REGISTRO DE FUERZA
PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
EN LAS DISTINTAS VARIACIONES TECNICAS
UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO N° 1

EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

Variación Técnica: Crol sólo Pies

Frecuencia de Registro: 200 Hz



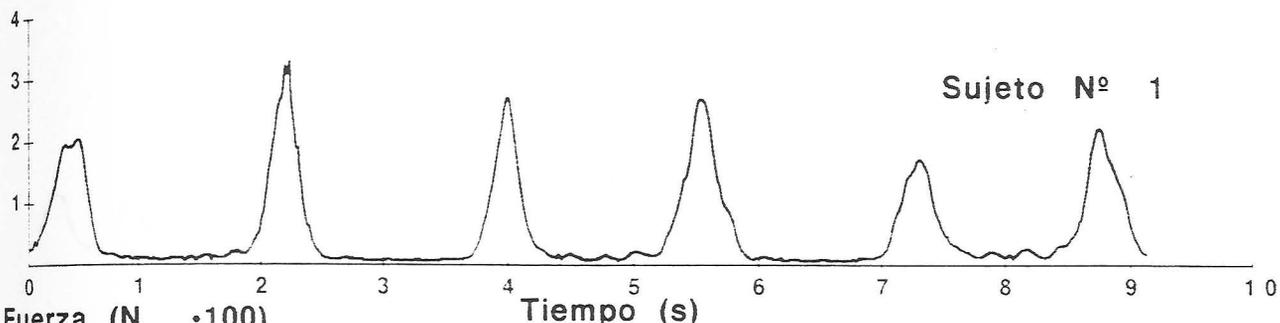
EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

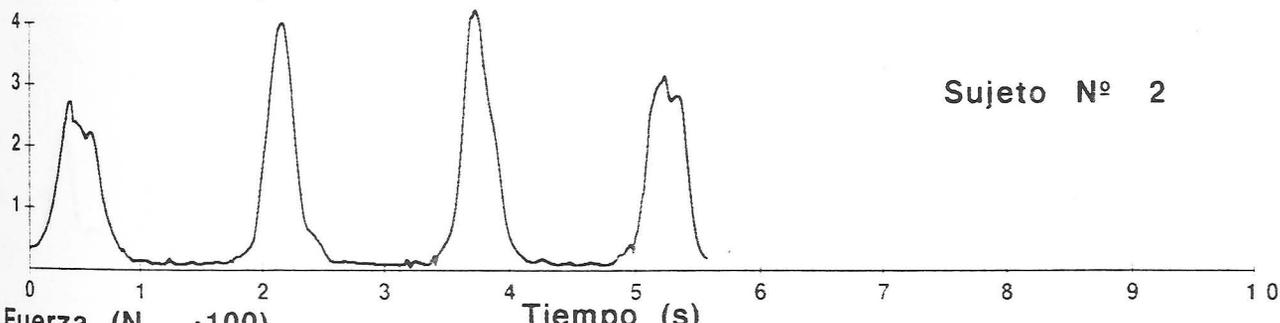
Variación Técnica: Crol Punto Muerto

Frecuencia de Registro: 300 Hz

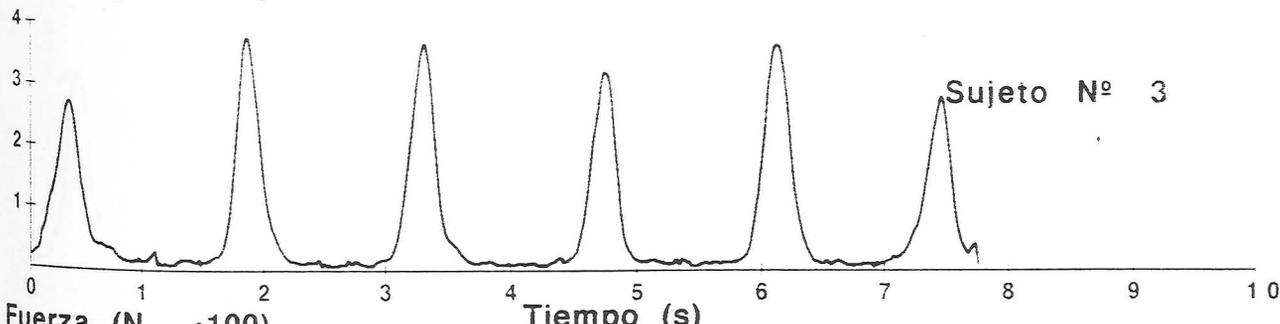
Fuerza (N ·100)



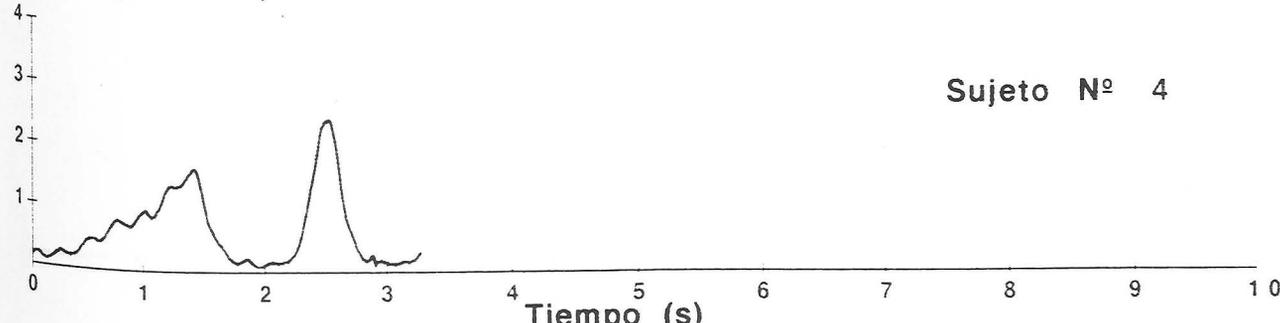
Fuerza (N ·100)



Fuerza (N ·100)



Fuerza (N ·100)



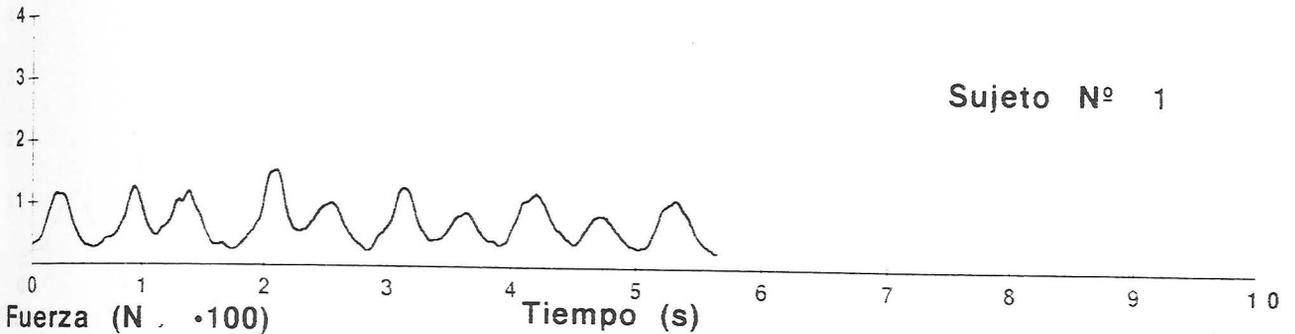
EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

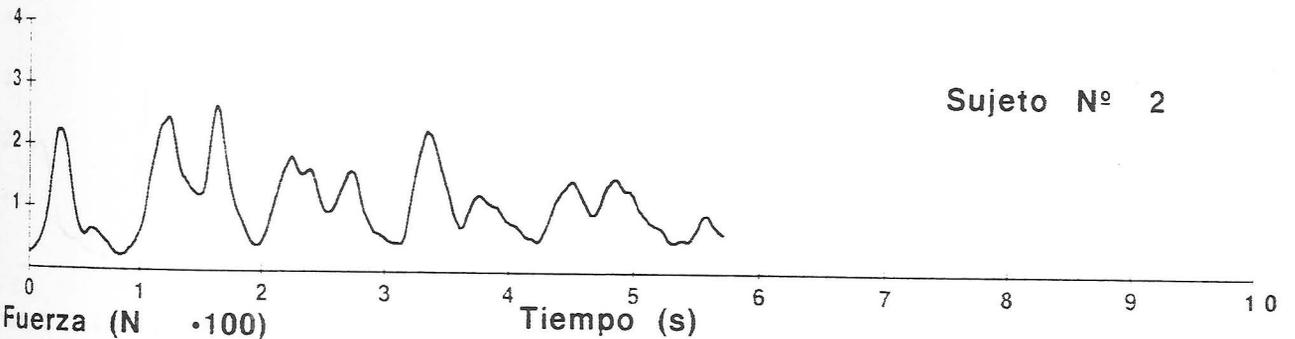
Variación Técnica: Crol sólo Brazos

Frecuencia de Registro: 300 Hz

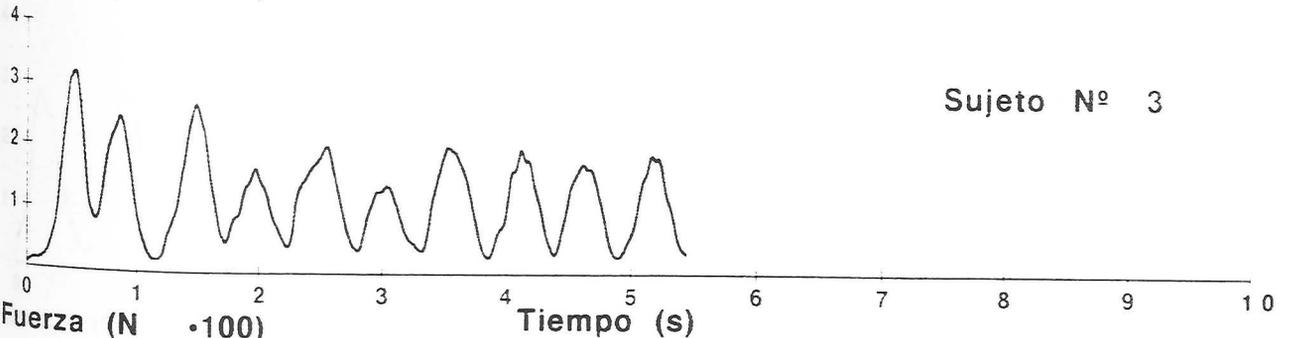
Fuerza (N · 100)



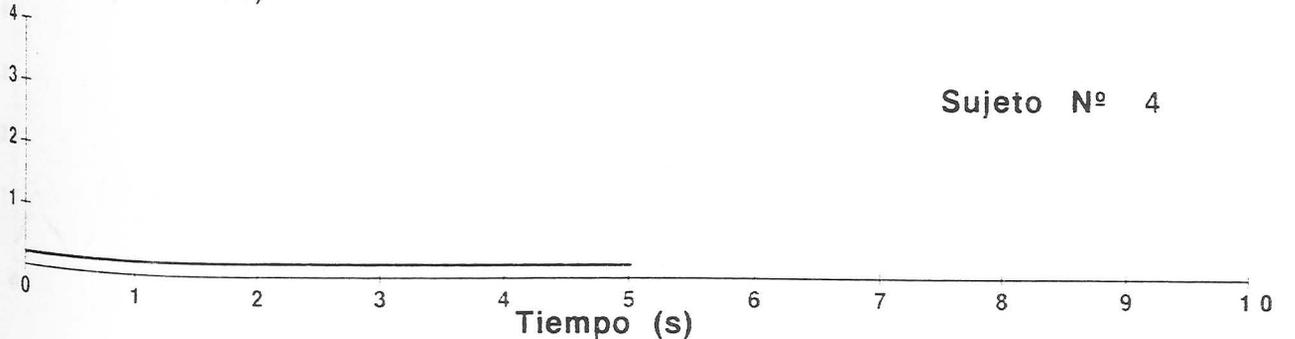
Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



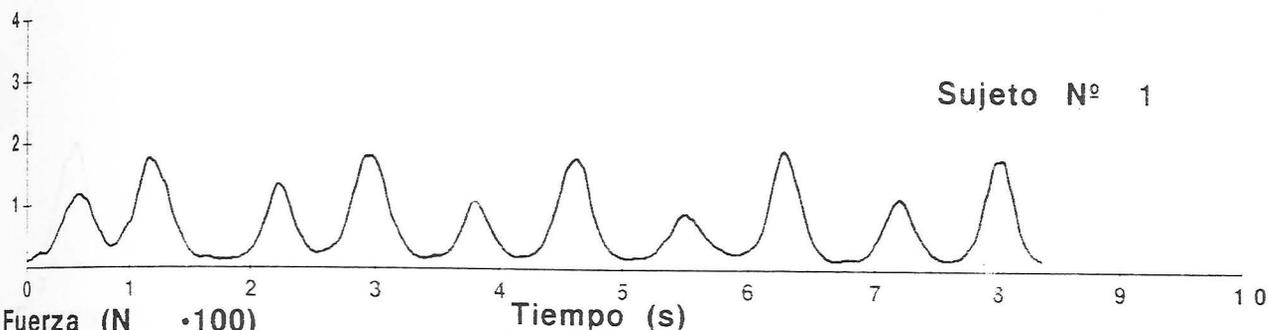
EXPERIMENTO N°1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación ($V=0$)

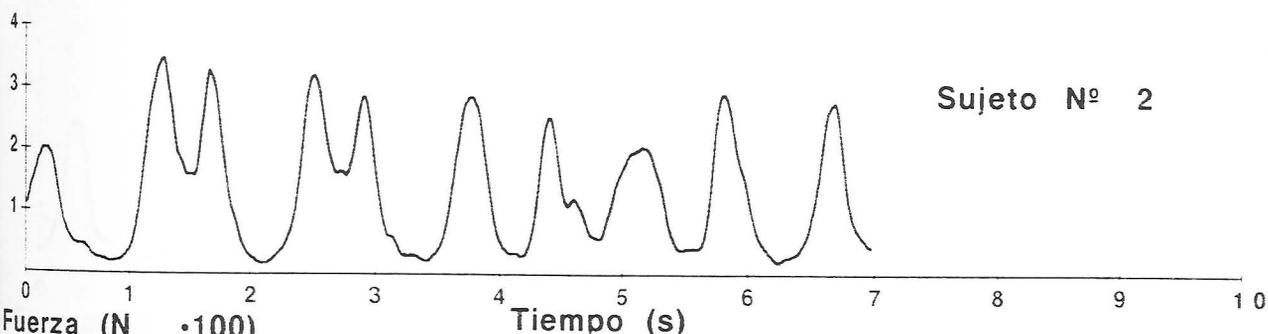
Variación Técnica: Crol sólo Brazos con Palas

Frecuencia de Registro: 300 Hz

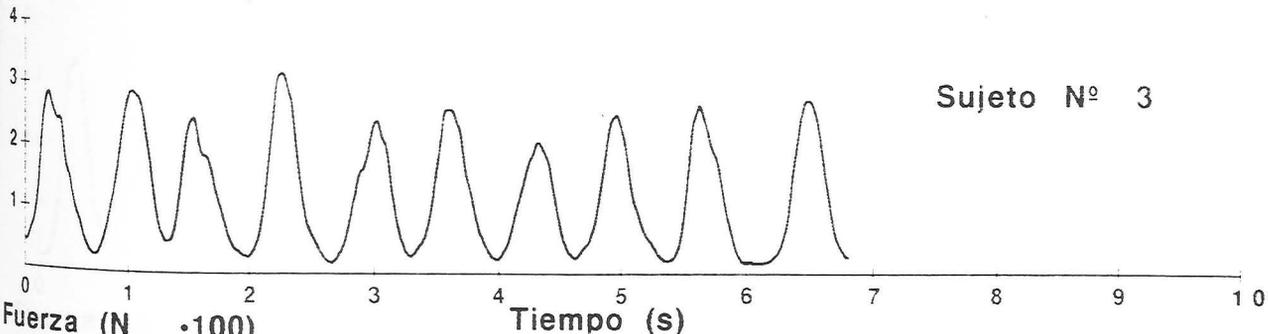
Fuerza (N $\cdot 100$)



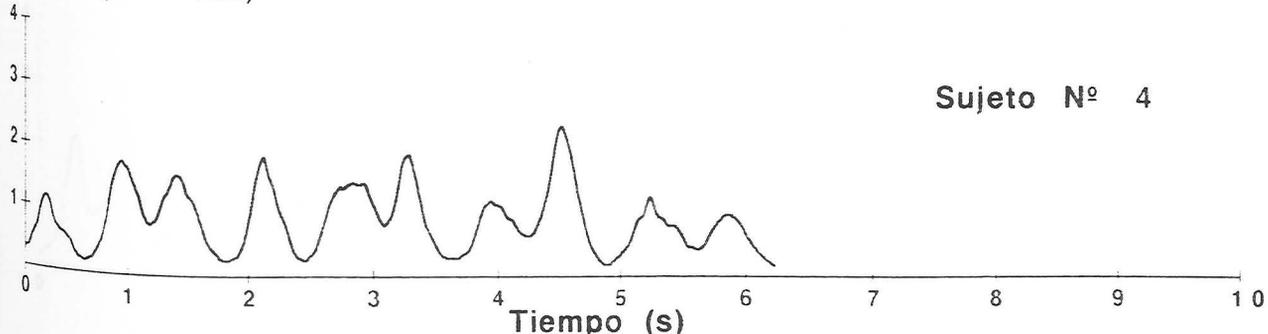
Fuerza (N $\cdot 100$)



Fuerza (N $\cdot 100$)



Fuerza (N $\cdot 100$)



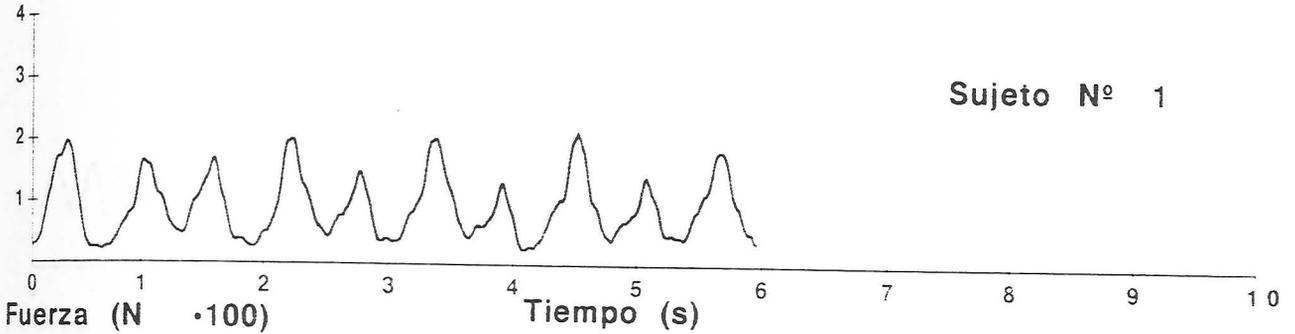
EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

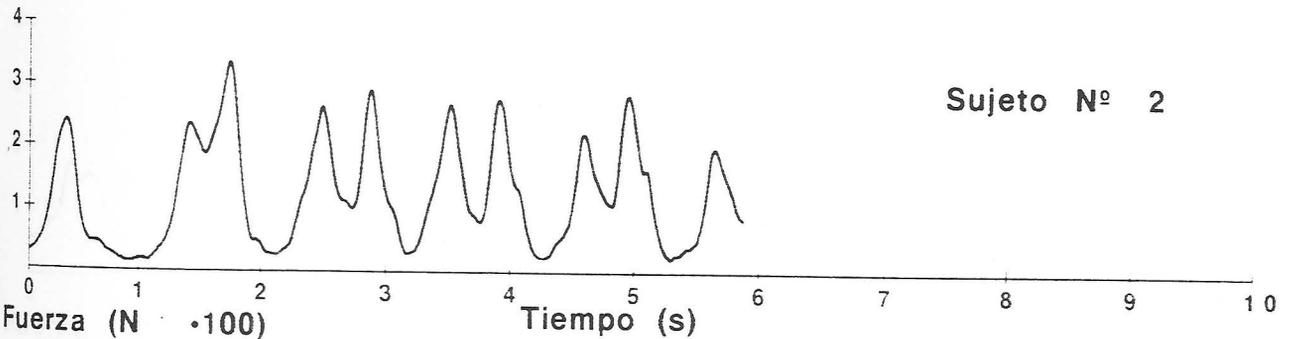
Variación Técnica: Crol Completo

Frecuencia de Registro: 300 Hz

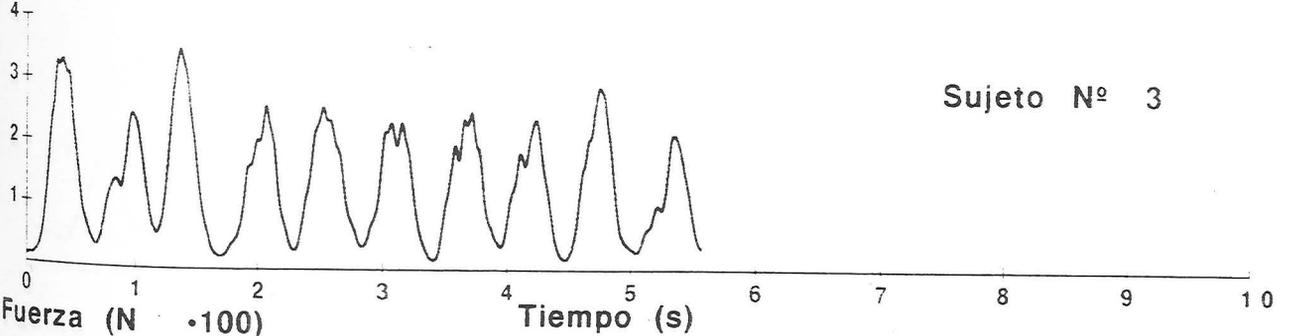
Fuerza (N · 100)



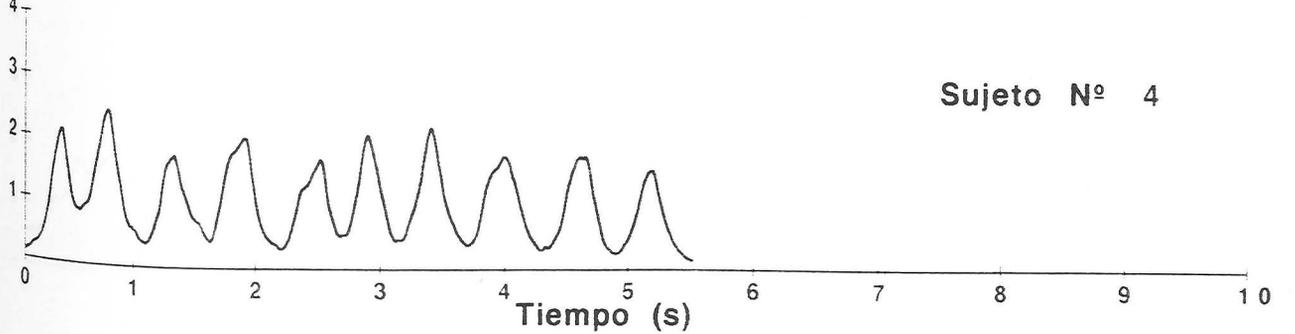
Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



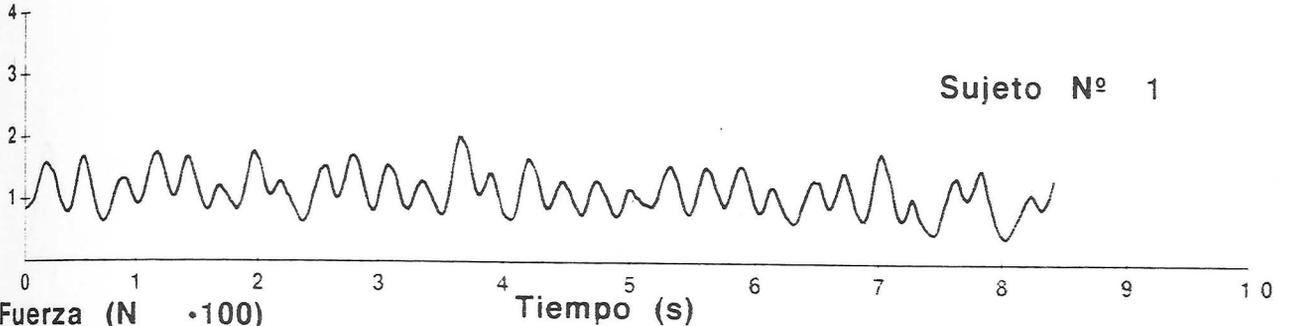
EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación ($V=0$)

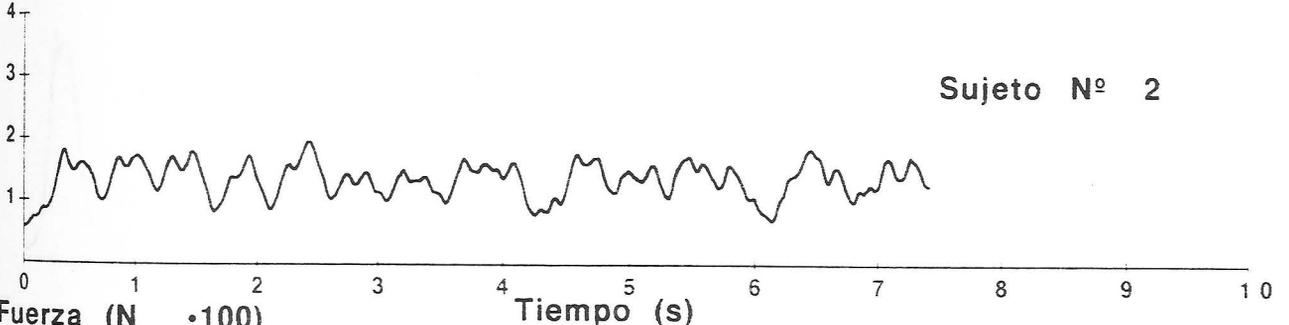
Variación Técnica: Crol sólo Pies con Aletas

Frecuencia de Registro: 200 Hz

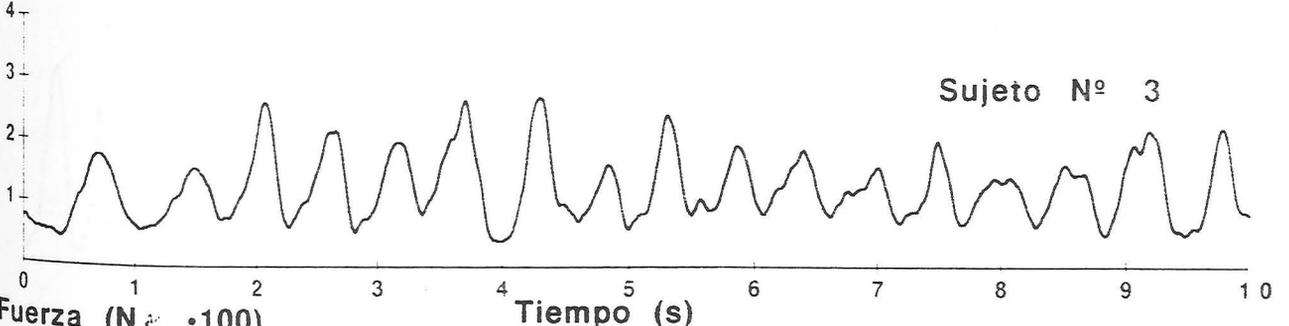
Fuerza (N $\cdot 100$)



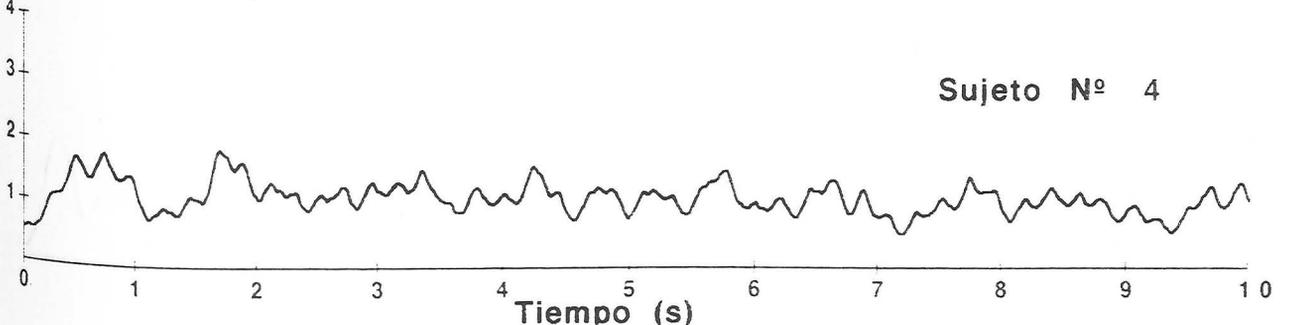
Fuerza (N $\cdot 100$)



Fuerza (N $\cdot 100$)



Fuerza (N $\cdot 100$)



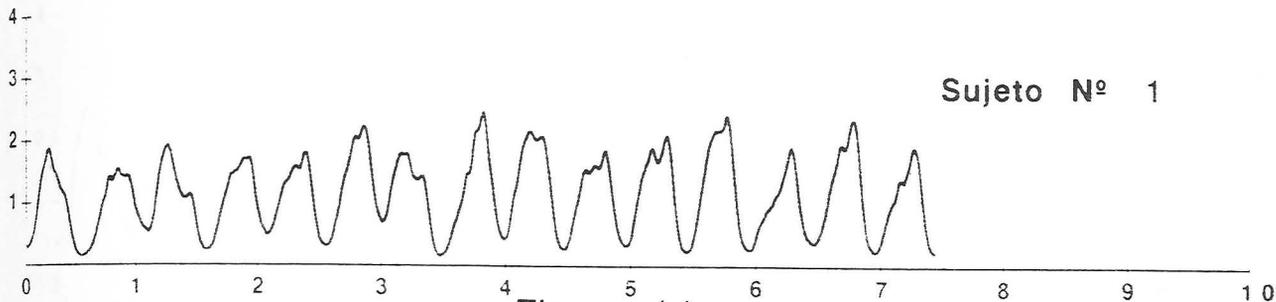
EXPERIMENTO N°1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

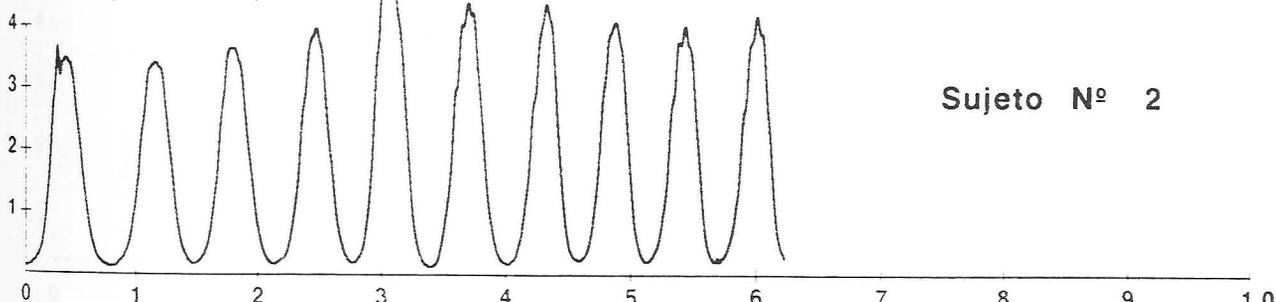
Variación Técnica: Mariposa sólo Pies con Aletas

Frecuencia de Registro: 200 Hz

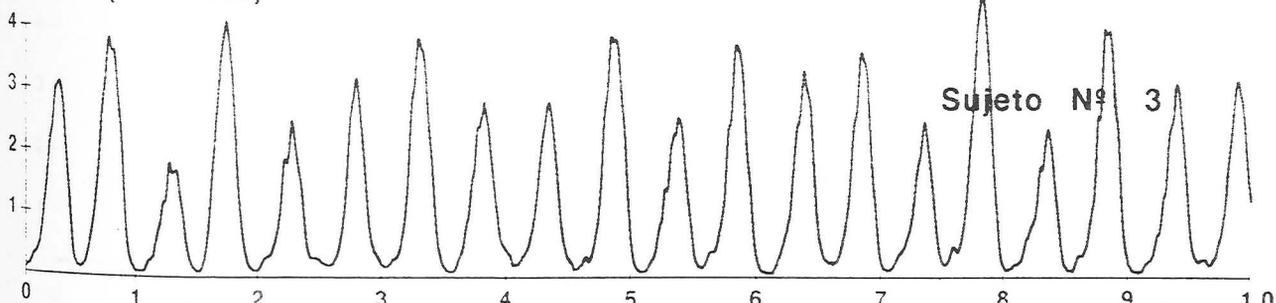
Fuerza (N ·100)



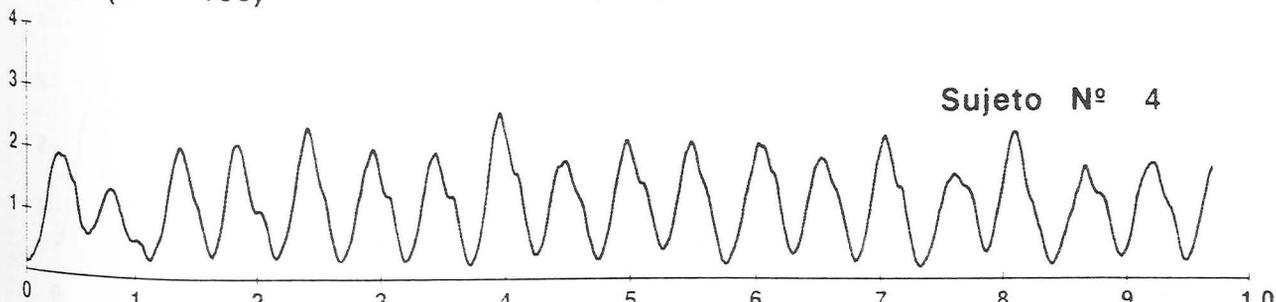
Fuerza (N ·100)



Fuerza (N ·100)



Fuerza (N ·100)



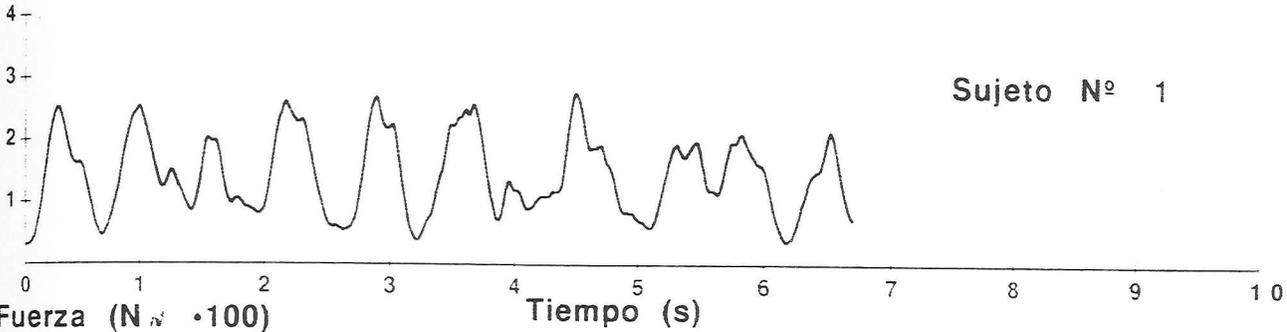
EXPERIMENTO Nº1

Gráfica de Fuerza Propulsiva en Natación (V=0)

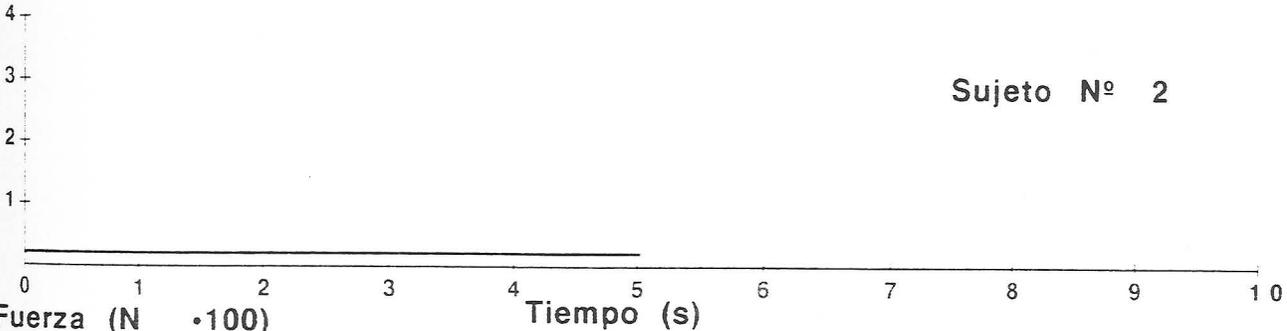
Variación Técnica: Crol Completo con Aletas

Frecuencia de Registro: 300 Hz

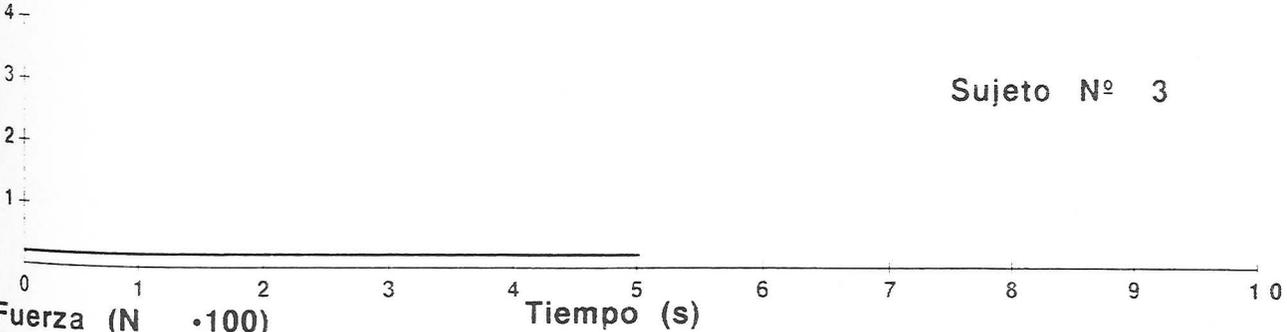
Fuerza (N · 100)



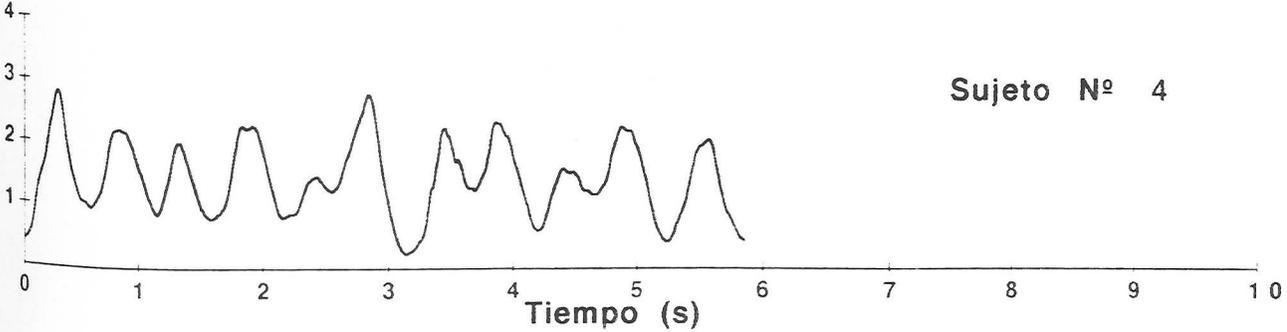
Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



Fuerza (N · 100)



ANEXO II

TABLAS CON LOS RESULTADOS
DEL REGISTRO DE FUERZA
PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
EN LAS DISTINTAS VARIACIONES TECNICAS
UTILIZADAS EN EL EXPERIMENTO N° 1
Y LOS CORRESPONDIENTES
ANALISIS DE VARIANZA

**VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA
POR CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL COMPLETO**

Suj.	Sexo		Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	9,88	8,57	7,91	7,29	7,54	8,23	9,96	10,74	9,61	10,39
		dt	6,30	4,55	3,61	2,95	3,04	4,46	5,61	5,50	5,90	4,74
2	M	media	8,86	15,51	14,95	13,59	13,84	10,07	13,18	13,07	11,24	10,60
		dt	7,50	11,06	8,03	8,37	8,94	8,60	7,26	7,48	6,42	5,81
3	M	media	15,28	16,44	14,85	13,54	13,45	13,82	12,00	12,69	12,84	11,12
		dt	11,75	11,60	7,85	7,81	9,68	6,43	7,95	8,06	7,23	6,12
4	F	media	10,05	10,12	10,40	10,83	9,28	12,85	11,50	12,00	10,75	7,28
		dt	6,57	4,67	4,63	6,13	5,79	6,79	6,44	5,76	5,24	4,85

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MEDIA PROPULSIVA POR CICLO EN EL ESTILO CROL COMPLETO**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	139,7264	1	139,7264	8,02	0,1053
ERROR	34,8389	2	17,4194		
BRAZO	7,4304	1	7,4304	9,63	0,0900
INTERACCION Brazos x Sexo	12,2323	1	12,2323	15,86	0,0577
ERROR	1,5425	2	0,7712		
CICLOS	12,5399	4	3,1349	0,54	0,7110
INTERACCION Ciclos x Sexo	18,1740	4	4,5435	0,78	0,5668
ERROR	46,4049	8	5,8006		
INTERACCION Brazos x Ciclos	6,8041	4	1,7010	0,46	0,7641
INTERACC. Braz. x Cic. x Sex.	8,0742	4	2,0185	0,55	0,7080
ERROR	29,6244	8	3,7030		

**VALORES MAXIMOS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA
EN EL ESTILO CROL COMPLETO**

Suj. Sexo	Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 F	19,76	16,93	14,92	13,20	14,20	16,51	20,13	20,48	21,57	18,56
2 M	24,39	33,83	29,46	27,97	28,75	23,94	26,62	27,18	22,50	20,27
3 M	33,71	35,67	26,46	25,60	29,89	25,10	26,56	23,86	24,51	22,11
4 F	21,69	18,06	17,69	22,99	18,38	25,27	21,31	21,73	18,38	16,19

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MAXIMA PROPULSIVA POR CICLO EN EL ESTILO CROL COMPLETO**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	643,4447	1	643,4447	35,75	0,0269
ERROR	35,9980	2	17,9990		
BRAZO	23,6698	1	23,6698	4,14	0,1790
INTERACCION BrazosxSexo	142,0914	1	142,0914	24,83	0,0380
ERROR	11,4439	2	5,7219		
CICLOS	71,1304	4	17,7826	2,84	0,0978
INTERACCION CiclxSexo	41,0628	4	10,2657	1,64	0,2559
ERROR	50,14210	8	6,2677		
INTERACCION BrazosxCiclo	26,6146	4	6,6536	0,70	0,6138
INTERACC. Braz.xCic.xSex.	15,7190	4	3,9297	0,41	0,7951
ERROR	76,1353	8	9,5169		

**VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA POR
CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL COMPLETO CON ALETAS**

Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ,					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	14,06	12,72	15,17	13,53	14,53	15,11	15,62	16,09	14,88	12,49
		dt	7,12	4,29	7,94	5,78	5,33	5,94	7,39	7,39	4,29	5,28
2	M	media										
		dt										
3	M	media										
		dt										
4	F	media	15,93	13,74	14,49	16,01	15,11	15,95	15,65	12,79	12,78	12,15
		dt	7,11	4,18	6,76	5,67	6,06	4,81	5,80	6,67	3,06	5,75

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
FUERZA MEDIA PROPULSIVA POR CICLO
EN EL ESTILO CROL COMPLETO CON ALETAS**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
BRAZO	0,1584	1	0,15842	0,03	0,8894
ERROR	5,1409	1	5,1409		
CICLOS	5,9643	4	1,4910	0,98	0,5093
ERROR	6,1142	4	1,5285		
INTERACCION BrazosxCiclo	13,1975	4	3,2993	5,19	0,0698
ERROR	2,5410	4	0,6352		

**VALORES MAXIMOS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA
EN EL ESTILO CROL COMPLETO CON ALETAS**

Suj. Sexo	Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 F	25,58	20,45	27,12	27,92	21,30	25,49	26,31	25,95	20,03	21,23
2 M										
3 M										
4 F	28,66	20,45	28,41	23,88	22,47	22,41	23,27	22,93	16,31	21,02

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MAXIMA PROPULSIVA POR CICLO
EN EL ESTILO CROL COMPLETO CON ALETAS**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
BRAZO	22,6632	1	22,6632	2,14	0,3821
ERROR	10,6142	1	10,6142		
CICLOS	71,1887	4	17,7971	6,11	0,0538
ERROR	11,6501	4	2,9125		
INTERACCION BrazosxCiclo	77,6075	4	19,4118	12,26	0,0162
ERROR	6,3282	4	1,5820		

VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL SOLO BRAZOS

Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	6.88	6.56	6.70	5.82	5.77	6.57	8.27	7.25	7.59	6.48
		dt	3.19	3.03	2.45	1.75	1.82	3.08	4.24	3.26	2.86	2.97
2	M	media	9.03	13.77	9.39	8.82	10.38	13.65	12.84	14.43	10.94	6.84
		dt	6.51	7.30	4.02	2.35	3.24	7.30	4.27	5.74	2.99	1.48
3	M	media	12.98	13.80	12.76	12.42	11.07	13.98	10.58	9.08	11.21	10.42
		dt	11.07	8.17	5.57	6.26	5.33	8.01	3.89	3.70	5.82	5.76
4	F	media										
		dt										

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO FUERZA MEDIA PROPULSIVA POR CICLO EN BRAZOS DE CROL

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	143.8711	1	143.8711	45.99	0,0932
ERROR	3,1284	1	3,1284		
BRAZO	1,0962	1	1,0962	0,10	0,8046
INTERACCION Brazos x Sexo	1,5392	1	1,5392	0,14	0,7712
ERROR	10,9076	1	10,9076		
CICLOS	14,7628	4	3,6907	1,30	0,4028
INTERACCION Ciclos x Sexo	4,2719	4	1,0679	0,38	0,8167
ERROR	11,3574	4	2,8393		
INTERACCION Brazos x Ciclos	3,5829	4	,8957	0,21	0,9199
INTERACC. Braz. x Cic. x Sex.	9,3812	4	2,3453	0,55	0,7111
ERROR	17,0288	4	4,2572		

**VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA POR
CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL SOLO BRAZOS**

Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	6,88	6,56	6,70	5,82	5,77	6,57	8,27	7,25	7,59	6,48
		dt	3,19	3,03	2,45	1,75	1,82	3,08	4,24	3,26	2,86	2,97
2	M	media	9,03	13,77	9,39	8,82	10,38	13,65	12,84	14,43	10,94	6,84
		dt	6,51	7,30	4,02	2,35	3,24	7,30	4,27	5,74	2,99	1,48
3	M	media	12,98	13,80	12,76	12,42	11,07	13,98	10,58	9,08	11,21	10,42
		dt	11,07	8,17	5,57	6,26	5,33	8,01	3,89	3,70	5,82	5,76
4	F	media										
		dt										

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MEDIA PROPULSIVA POR CICLO EN BRAZOS DE CROL**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	143,8711	1	143,8711	45,99	0,0932
ERROR	3,1284	1	3,1284		
BRAZO	1,0962	1	1,0962	0,10	0,8046
INTERACCION BrazosxSexo	1,5392	1	1,5392	0,14	0,7712
ERROR	10,9076	1	10,9076		
CICLOS	14,7628	4	3,6907	1,30	0,4028
INTERACCION CiclxSexo	4,2719	4	1,0679	0,38	0,8167
ERROR	11,3574	4	2,8393		
INTERACCION BrazosxCiclo	3,5829	4	,8957	0,21	0,9199
INTERACC. Braz.xCic.xSex.	9,3812	4	2,3453	0,55	0,7111
ERROR	17,0288	4	4,2572		

**VALORES MAXIMOS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA
EN EL ESTILO CROL SOLO BRAZOS**

Suj. Sexo		Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	11,63	11,89	10,17	8,73	8,36	12,54	15,45	12,75	12,00	11,01
2	M	22,70	26,67	16,27	12,48	15,29	24,90	18,50	22,87	14,91	9,38
3	M	32,41	27,29	20,68	20,66	17,88	25,24	16,93	14,17	20,19	18,91
4	F										

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MAXIMA PROPULSIVA POR CICLO EN BRAZOS DE CROL**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	477,5388	1	477,5388	10,34	0,1919
ERROR	46,1776	1	46,1776		
BRAZO	0,0025	1	0,0025	0,00	0,9931
INTERACCION BrazosxSexo	45,5358	1	45,5358	2,14	0,3817
ERROR	21,2798	1	21,2798		
CICLOS	171,3140	4	42,8285	2,60	0,1887
INTERACCION CicloxSexo	61,5712	4	15,3928	0,93	0,5256
ERROR	65,9163	4	16,4790		
INTERACCION BrazosxCiclo	20,0057	4	5,0014	0,34	0,8400
INTERACC, Braz.xCic.xSex.	25,6591	4	6,4147	0,44	0,7800
ERROR	58,9797	4	14,7449		

VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL (SOLO BRAZOS CON PALAS)

Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	6.10	5.53	4.99	4.44	4.75	7.60	8.05	7.42	8.15	7.74
		dt	3.63	4.14	3.11	2.41	3.44	5.59	5.84	5.80	6.04	5.89
2	M	media	9.68	14.74	11.65	12.17	11.90	17.15	14.96	12.34	13.82	10.92
		dt	6.79	10.84	9.29	6.68	9.19	11.21	10.35	9.69	5.72	8.60
3	M	media	14.75	12.52	12.18	11.08	1.67	15.65	14.11	12.66	11.78	12.19
		dt	8.88	7.55	7.73	6.73	0.09	9.47	10.98	8.61	8.59	9.75
4	F	media	6.30	9.66	10.73	7.61	6.93	10.49	8.91	10.64	11.78	6.31
		dt	3.04	4.90	4.30	3.24	3.03	5.18	5.63	5.52	7.21	2.66

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO FUERZA MEDIA PROPULSIVA POR CICLO EN BRAZOS DE CROL CON PALAS

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	219.9140	1	219.9140	12.22	0.0730
ERROR	36.0007	2	18.0003		
BRAZO	46.8505	1	46.8505	28.62	0.0332
INTERACCION Brazos x Sexo	0.2544	1	0.2544	0.16	0.7315
ERROR	3.2741	2	1.6370		
CICLOS	55.9471	4	13.9867	3.43	0.0649
INTERACCION Ciclos x Sexo	21.4236	4	5.3559	1.31	0.3432
ERROR	32.6250	8	4.0781		
INTERACCION Brazos x Ciclos	11.8145	4	2.9536	0.47	0.7595
INTERACC. Braz. x Cic. x Sexo	11.0634	4	2.7658	0.44	0.7792
ERROR	50.6662	8	6.3332		

**VALORES MAXIMOS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA
EN EL ESTILO CROL SOLO BRAZOS CON PALAS**

Suj. Sexo	Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 F	11,86	13,44	10,86	8,95	11,60	17,72	18,12	18,06	19,32	18,20
2 M	20,48	32,94	28,78	25,48	29,46	35,08	32,15	28,86	20,72	28,01
3 M	29,01	25,24	24,95	21,47	27,45	29,55	32,63	26,75	25,93	28,42
4 F	11,87	16,33	15,24	12,24	12,83	18,35	19,29	19,80	24,42	10,08

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
DE LOS CICLOS DE BRAZADA DIFERENCIANDO CADA BRAZO
Y CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
FUERZA MAXIMA PROPULSIVA POR CICLO EN BRAZOS DE CROL CON PALAS**

Fuente de Variación	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadr.	F	P
SEXO	1497,9310	1	1497,9310	227,57	0,0044
ERROR	13,1648	2	6,5824		
BRAZO	163,9439	1	163,9439	35,80	0,0268
INTERACCION BrazosxSexo	31,1522	1	31,1522	6,80	0,1209
ERROR	9,1594	2	4,5797		
CICLOS	68,8158	4	17,2039	2,50	0,1255
INTERACCION CicloxSexo	79,4915	4	19,8728	2,89	0,0941
ERROR	54,9910	8	6,8738		
INTERACCION BrazosxCiclo	42,3557	4	10,5889	0,80	0,5570
INTERACC. Braz.xCic.xSex.	49,7737	4	12,4434	0,94	0,4872
ERROR	105,6980	8	13,2122		

VALORES DE MEDIAS Y DESVIACIONES TIPICAS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL PUNTO MUERTO

Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F	media	11,38	8,75	7,09			12,44	11,26	9,19		
		dt	6,70	8,52	5,54			10,26	8,43	6,96		
2	M	media	12,75	15,54				12,92	14,21			
		dt	8,68	14,23				13,31	11,69			
3	M	media	8,93	11,22	13,98			12,96	12,34	11,11		
		dt	8,36	12,03	12,89			12,50	11,09	8,77		
4	F	media	6,76	10,88	9,84			11,43	10,83	9,23		
		dt	4,56	8,75	7,70			8,11	8,27	6,89		

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

VALORES MAXIMOS DE FUERZA PROPULSIVA POR CICLO DE BRAZADA EN EL ESTILO CROL PUNTO MUERTO

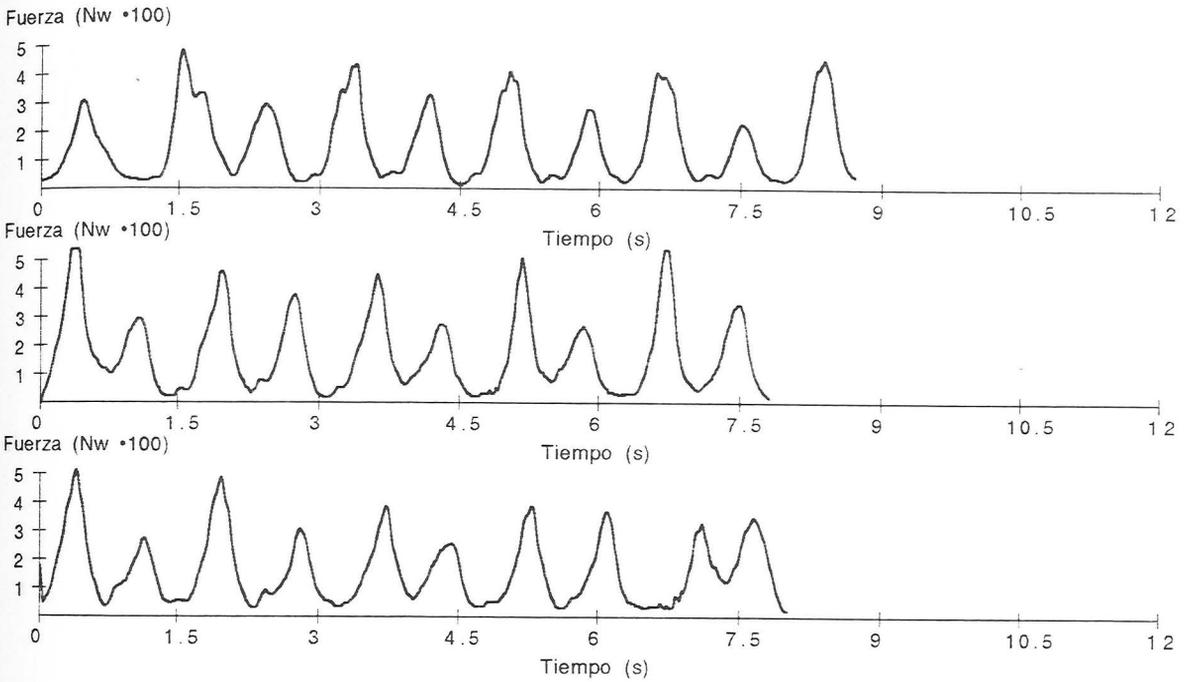
Suj. Sexo			Ciclos Brazo IZQ.					Ciclos Brazo DER.				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	F		20,65	27,41	17,43			33,12	27,32	22,49		
2	M		27,56	42,66				40,35	31,86			
3	M		27,65	37,21	37,15			38,16	32,57	28,56		
4	F		16,72	28,13	21,33			24,98	25,81	21,16		

Nota: Los valores estan expresados en Kgf

ANEXO III

GRAFICAS DEL REGISTRO DE FUERZA
PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
DURANTE 10 CICLOS APLICANDO LA MAXIMA
FUERZA POSIBLE EVALUADO A LO LARGO
DE UN MACROCICLO DE ENTRENAMIENTO
EN EL EXPERIMENTO N° 2

EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =JAV1.10N Registro: 2 =JAVI.10N Registro: 3 =S410.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

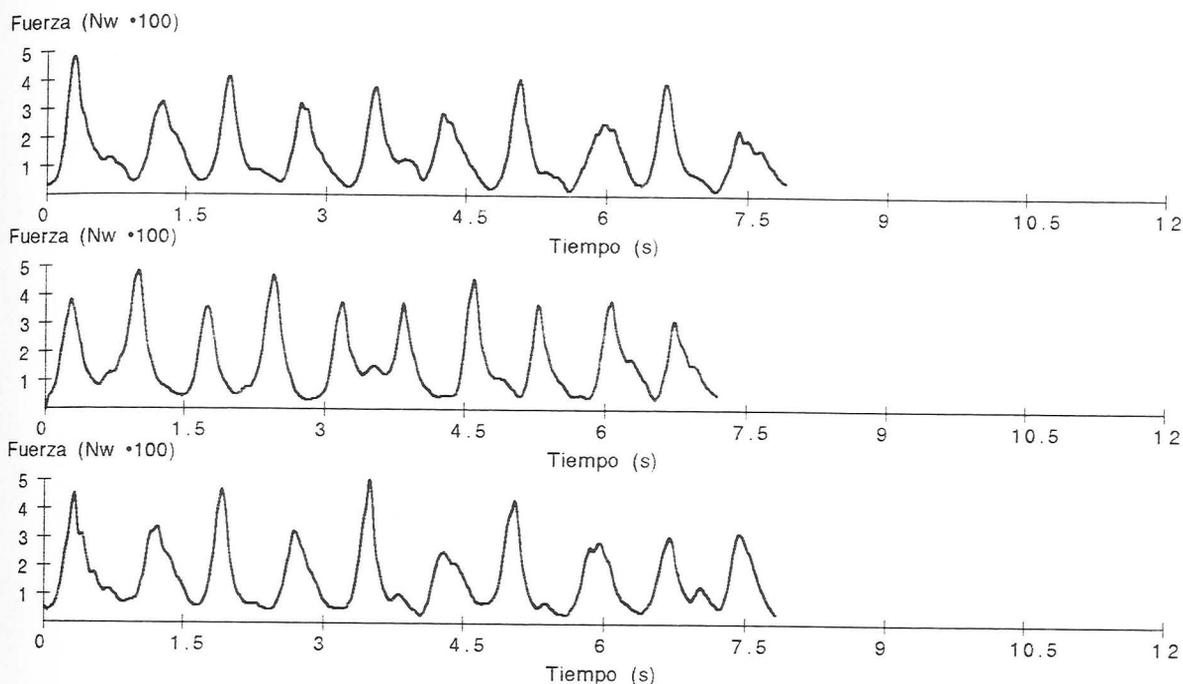


Nº de REGISTROS= 1737
 SUMA = 260501
 MEDIA TOTAL = 149.97 Nw
 D.T. TOTAL = 123.40
 Máximo = 480.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1555
 SUMA = 259694
 MEDIA TOTAL = 167.01 Nw
 D.T. TOTAL = 132.00
 Máximo = 535.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1594
 SUMA = 250442
 MEDIA TOTAL = 157.12 Nw
 D.T. TOTAL = 114.29
 Máximo = 510.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =DAV1.10N Registro: 2 =DAV.10N Registro: 3 =S2110.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

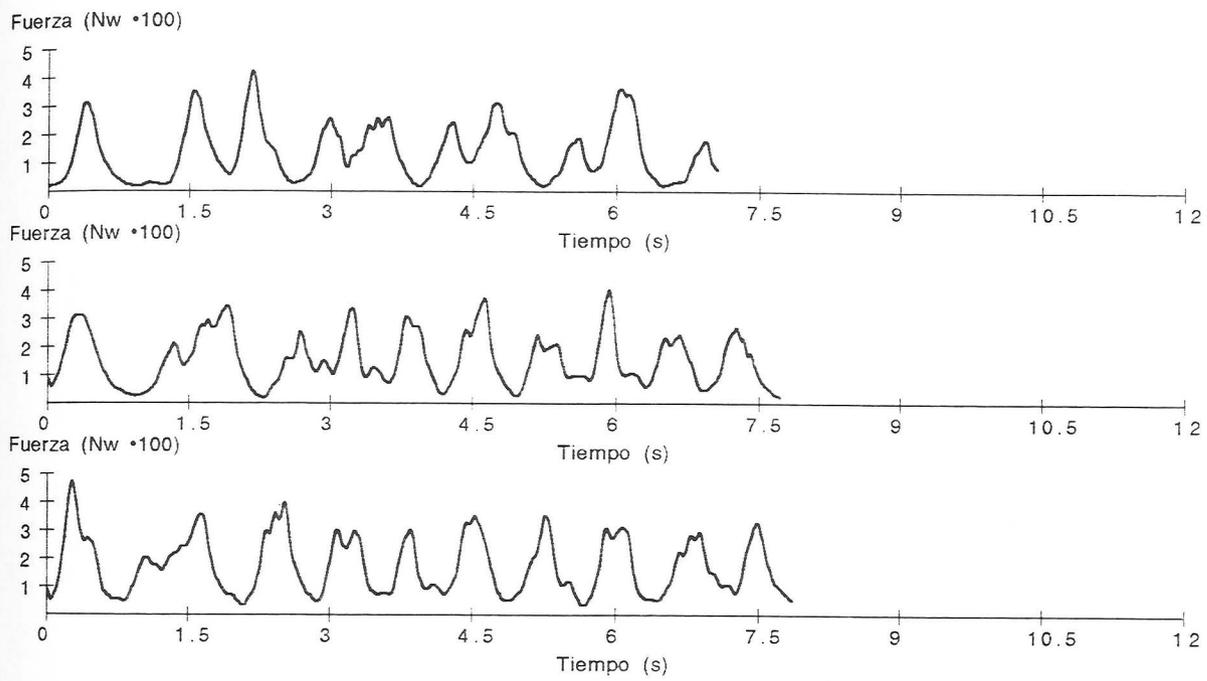


Nº de REGISTROS= 1574
 SUMA = 227753
 MEDIA TOTAL = 144.70 Nw
 D.T. TOTAL = 100.66
 Máximo = 482.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1433
 SUMA = 228481
 MEDIA TOTAL = 159.44 Nw
 D.T. TOTAL = 110.63
 Máximo = 480.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1560
 SUMA = 238569
 MEDIA TOTAL = 152.93 Nw
 D.T. TOTAL = 104.36
 Máximo = 500.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =SAN1.10N Registro: 2 =SANT1.10N Registro: 3 =S1310.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



N° de REGISTROS= 1406
 SUMA = 188557
 MEDIA TOTAL = 134.11 Nw
 D.T. TOTAL = 97.99
 Máximo = 419.00 Nw

N° de REGISTROS= 1539
 SUMA = 233165
 MEDIA TOTAL = 151.50 Nw
 D.T. TOTAL = 91.00
 Máximo = 399.00 Nw

N° de REGISTROS= 1564
 SUMA = 269160
 MEDIA TOTAL = 172.10 Nw
 D.T. TOTAL = 99.96
 Máximo = 471.00 Nw

EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)

Registro: 1 =KIK1.10N

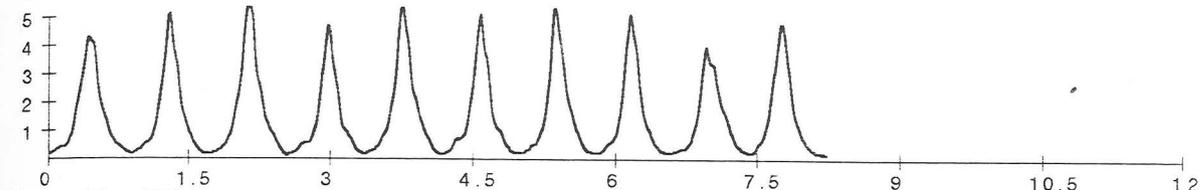
Registro: 2 =KIKI.10N

Registro: 3 =S2010.RAN

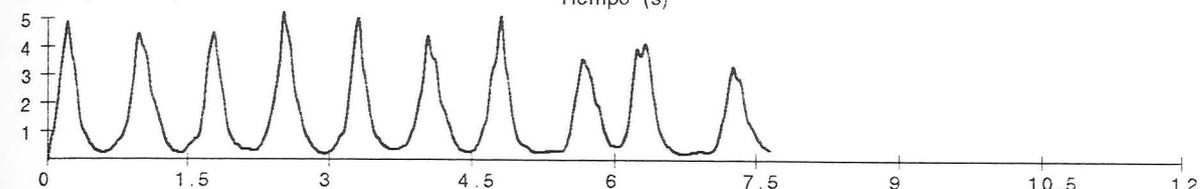
Frecuencia: 300 Hz

Duración: 10 Ciclos

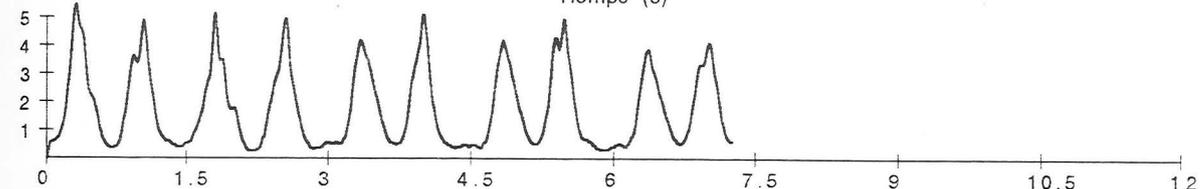
Fuerza (Nw *100)



Fuerza (Nw *100)



Fuerza (Nw *100)



Nº de REGISTROS= 1641

SUMA = 240268

MEDIA TOTAL = 146.42 Nw

D.T. TOTAL = 144.61

Máximo = 530.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1524

SUMA = 225521

MEDIA TOTAL = 147.98 Nw

D.T. TOTAL = 134.28

Máximo = 514.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1446

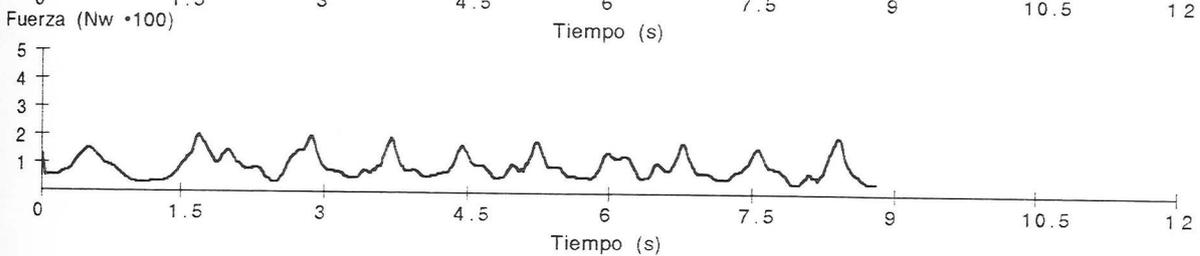
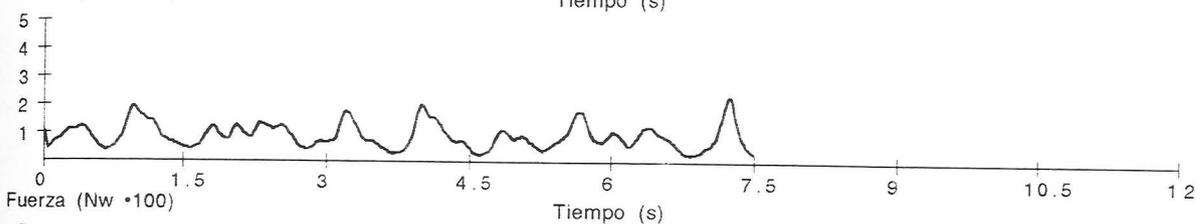
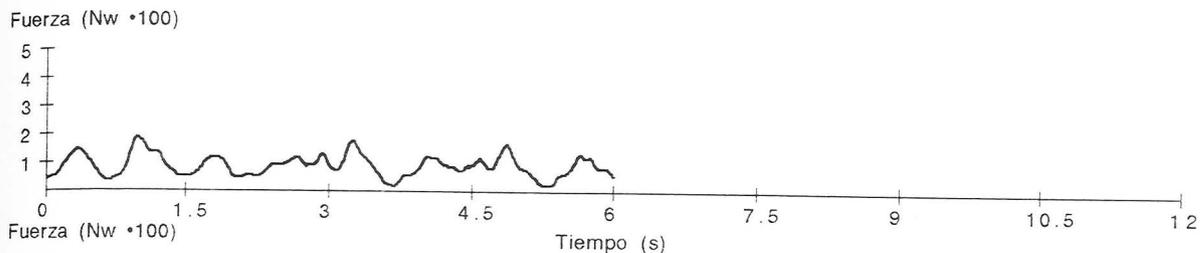
SUMA = 251960

MEDIA TOTAL = 174.25 Nw

D.T. TOTAL = 139.05

Máximo = 543.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =ANT1.10N Registro: 2 =ANT.10N Registro: 3 =S910.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1196	Nº de REGISTROS= 1492	Nº de REGISTROS= 1753
SUMA = 103616	SUMA = 130805	SUMA = 156677
MEDIA TOTAL = 86.64 Nw	MEDIA TOTAL = 87.67 Nw	MEDIA TOTAL = 89.38 Nw
D.T. TOTAL = 36.53	D.T. TOTAL = 42.34	D.T. TOTAL = 39.71
Máximo = 184.00 Nw	Máximo = 232.00 Nw	Máximo = 202.00 Nw

EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)

Registro: 1 =VIC1.10N

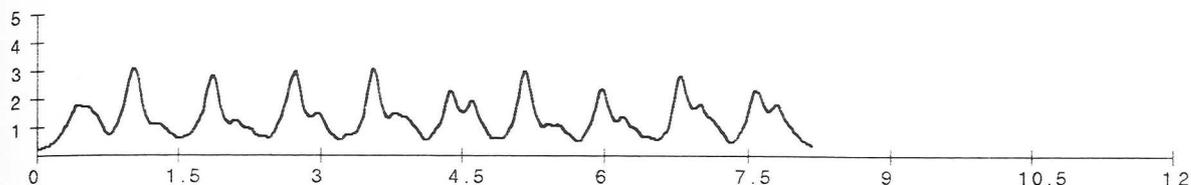
Registro: 2 =VIC.10N

Registro: 3 =S810.RAN

Frecuencia: 300 Hz

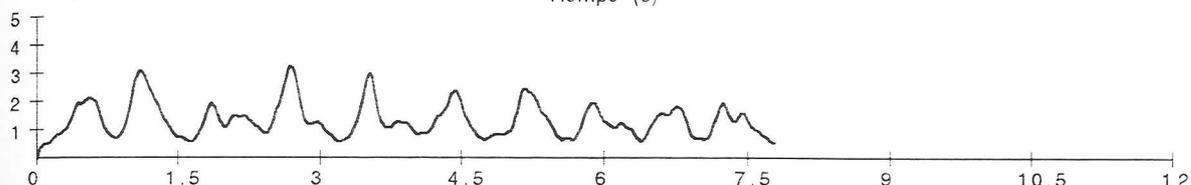
Duración: 10 Ciclos

Fuerza (Nw •100)



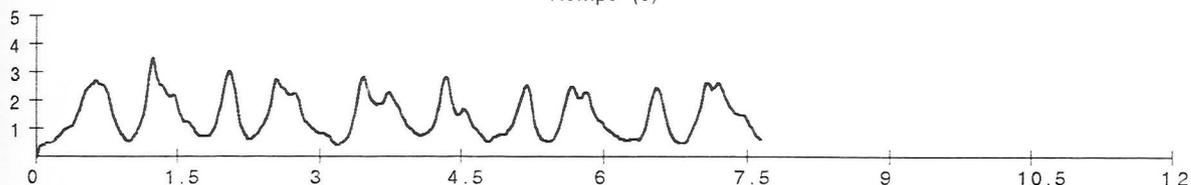
Fuerza (Nw •100)

Tiempo (s)



Fuerza (Nw •100)

Tiempo (s)



Tiempo (s)

Nº de REGISTROS= 1628

SUMA = 208704

MEDIA TOTAL = 128.20 Nw

D.T. TOTAL = 64.19

Máximo = 306.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1550

SUMA = 201036

MEDIA TOTAL = 129.70 Nw

D.T. TOTAL = 60.14

Máximo = 322.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1522

SUMA = 213616

MEDIA TOTAL = 140.35 Nw

D.T. TOTAL = 73.29

Máximo = 344.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)

Registro: 1 =DAVT1.10N

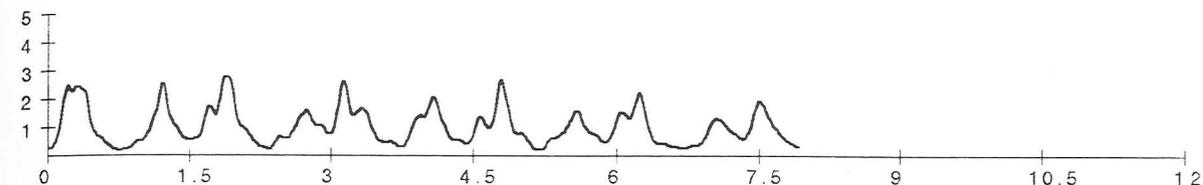
Registro: 2 =DAVT.10N

Registro: 3 =S1610.RAN

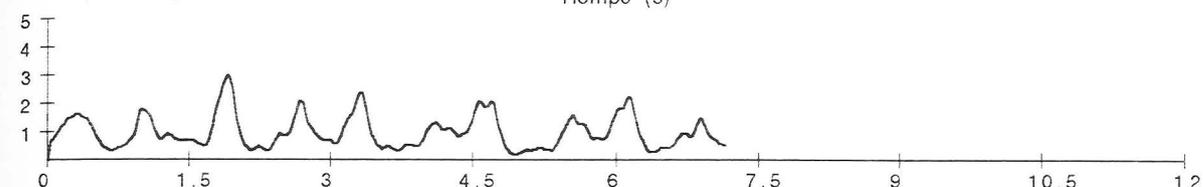
Frecuencia: 300 Hz

Duración: 10 Ciclos

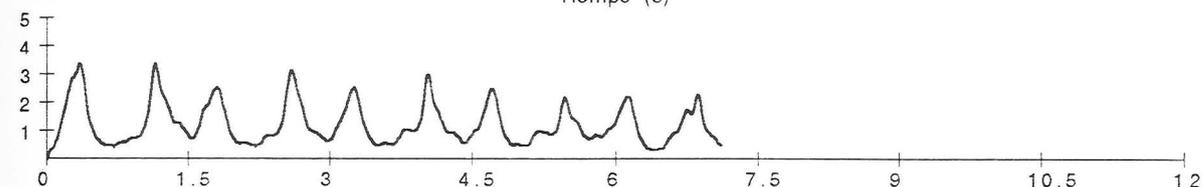
Fuerza (Nw *100)



Fuerza (Nw *100)



Fuerza (Nw *100)



Nº de REGISTROS= 1576

SUMA = 157777

MEDIA TOTAL = 100.11 Nw

D.T. TOTAL = 62.81

Máximo = 277.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1424

SUMA = 135507

MEDIA TOTAL = 95.16 Nw

D.T. TOTAL = 56.90

Máximo = 293.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1418

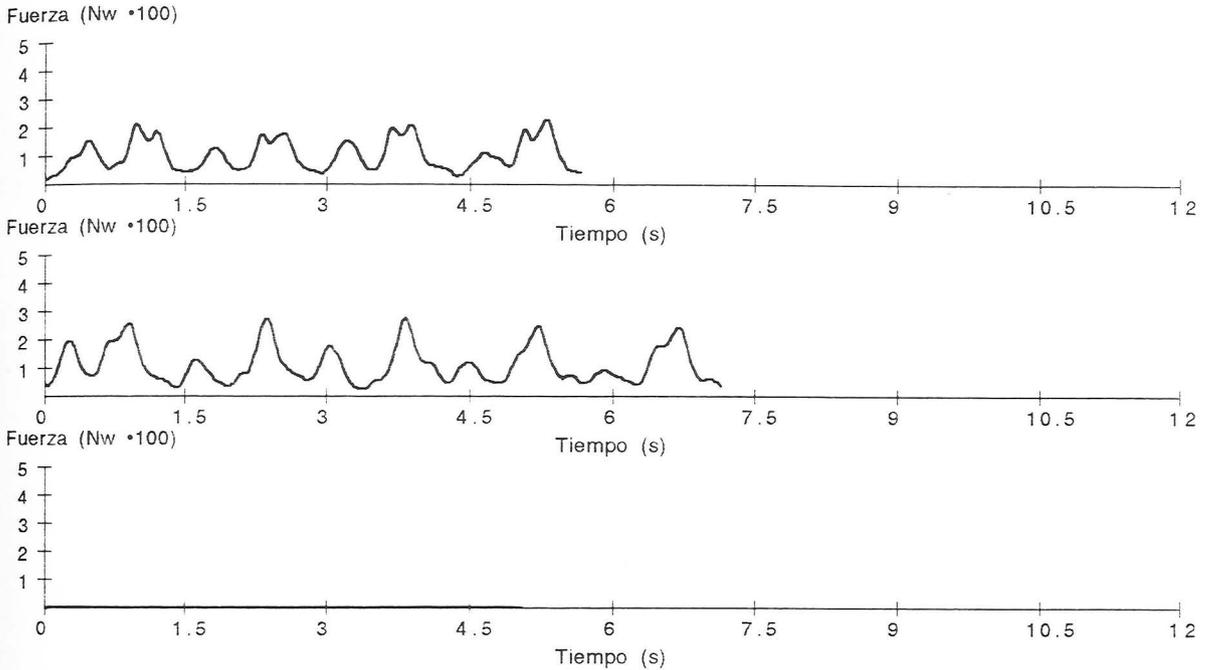
SUMA = 168987

MEDIA TOTAL = 119.17 Nw

D.T. TOTAL = 71.26

Máximo = 337.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =GUS1.10N Registro: 2 =GUS.10N Registro: 3 =Sin Registro
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1128
 SUMA = 113708
 MEDIA TOTAL = 100.80 Nw
 D.T. TOTAL = 52.39
 Máximo = 227.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1425
 SUMA = 153975
 MEDIA TOTAL = 108.05 Nw
 D.T. TOTAL = 63.46
 Máximo = 275.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1000
 SUMA = 2000
 MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
 D.T. TOTAL = 0.00
 Máximo = 2.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)

Registro: 1 =LOL1.10N

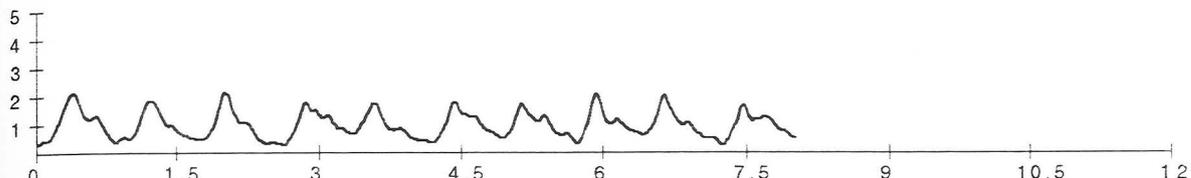
Registro: 2 =LOLI.10N

Registro: 3 =S1210.RAN

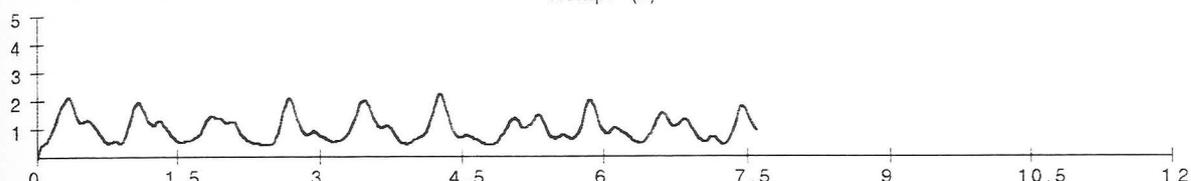
Frecuencia: 300 Hz

Duración: 10 Ciclos

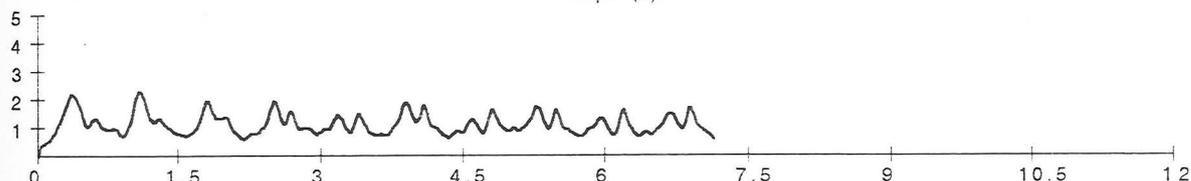
Fuerza (Nw •100)



Fuerza (Nw •100)



Fuerza (Nw •100)



Nº de REGISTROS= 1594

SUMA = 153162

MEDIA TOTAL = 96.09 Nw

D.T. TOTAL = 45.43

Máximo = 213.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1513

SUMA = 147365

MEDIA TOTAL = 97.40 Nw

D.T. TOTAL = 44.07

Máximo = 218.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1424

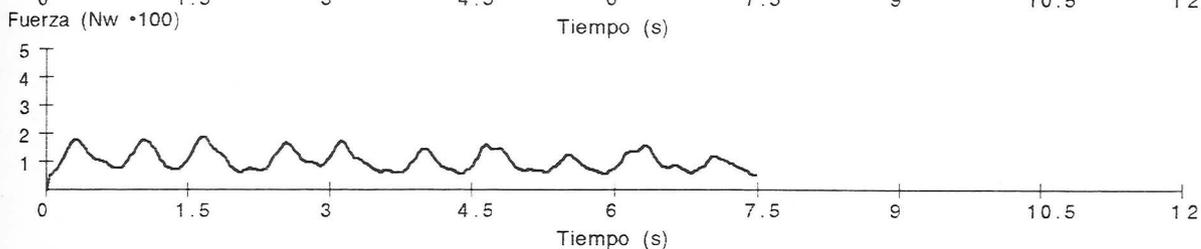
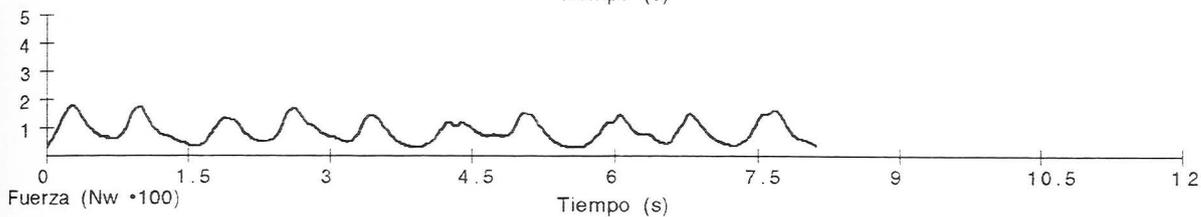
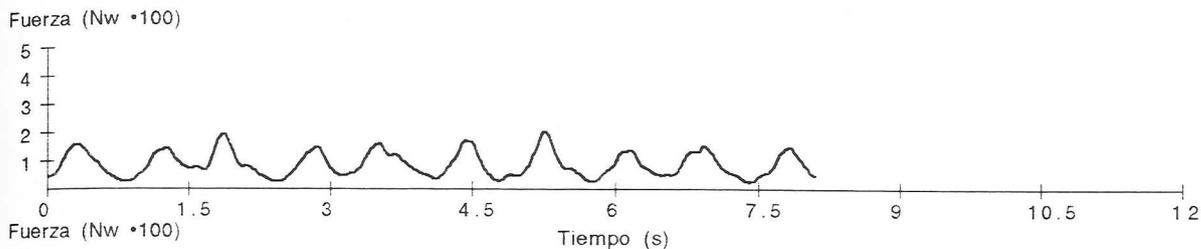
SUMA = 153895

MEDIA TOTAL = 108.07 Nw

D.T. TOTAL = 36.21

Máximo = 228.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =NUR1.10N Registro: 2 =NUR.10N Registro: 3 =S310.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1614

SUMA = 137474

MEDIA TOTAL = 85.18 Nw

D.T. TOTAL = 42.76

Máximo = 202.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1617

SUMA = 138908

MEDIA TOTAL = 85.90 Nw

D.T. TOTAL = 38.42

Máximo = 175.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1489

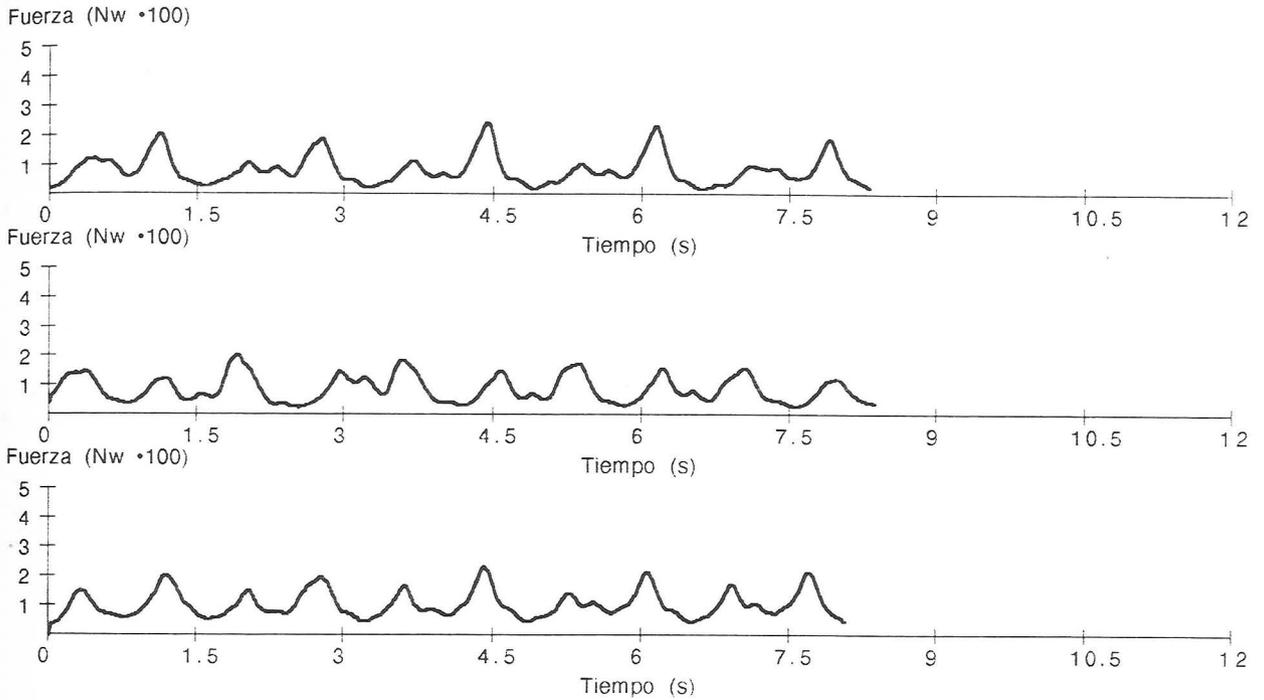
SUMA = 149800

MEDIA TOTAL = 100.60 Nw

D.T. TOTAL = 34.30

Máximo = 188.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =RAQ1.10N Registro: 2 =RAQ.10N Registro: 3 =S1010.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

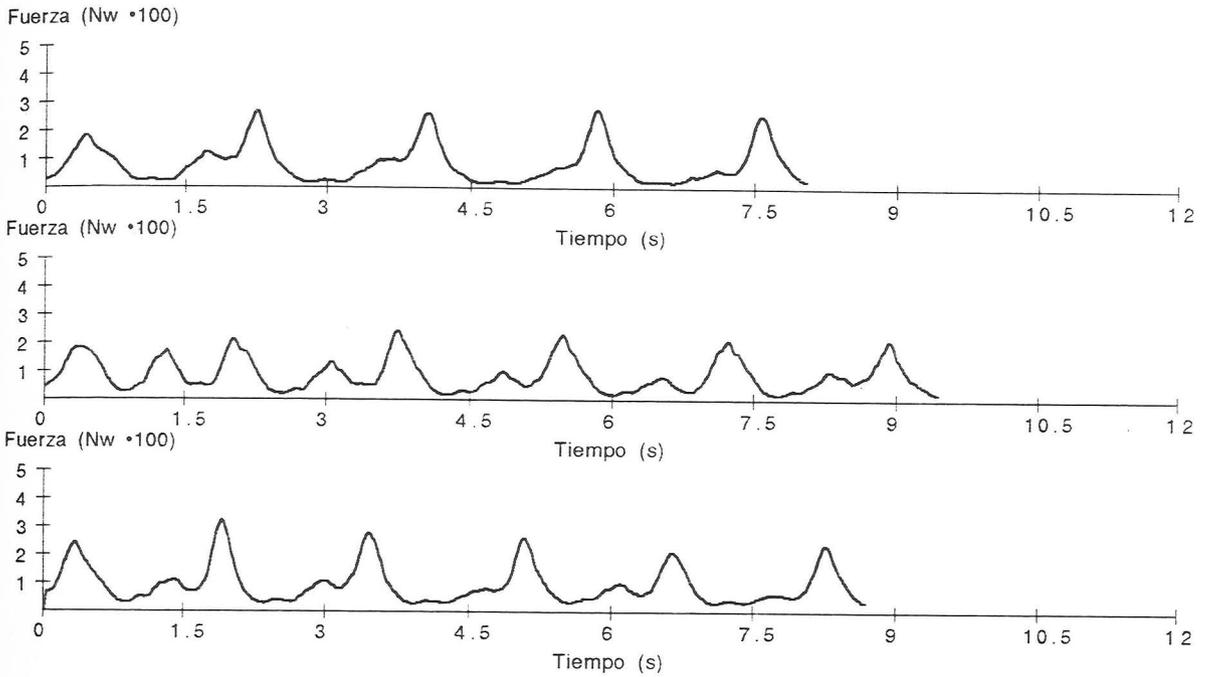


Nº de REGISTROS= 1658
 SUMA = 130350
 MEDIA TOTAL = 78.62 Nw
 D.T. TOTAL = 47.83
 Máximo = 242.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1670
 SUMA = 139812
 MEDIA TOTAL = 83.72 Nw
 D.T. TOTAL = 43.35
 Máximo = 198.00 Nw

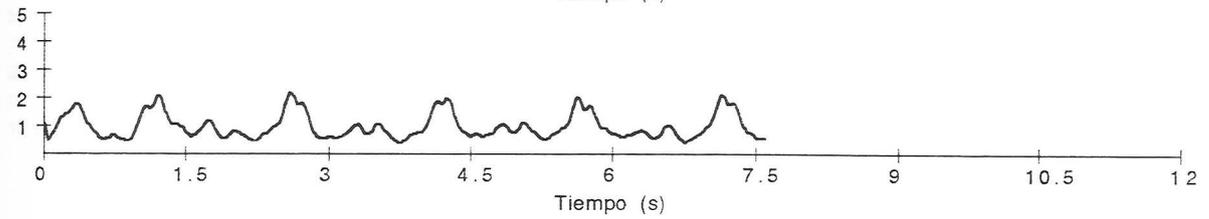
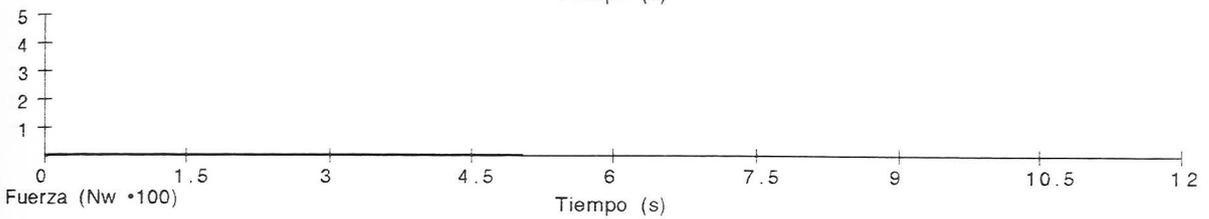
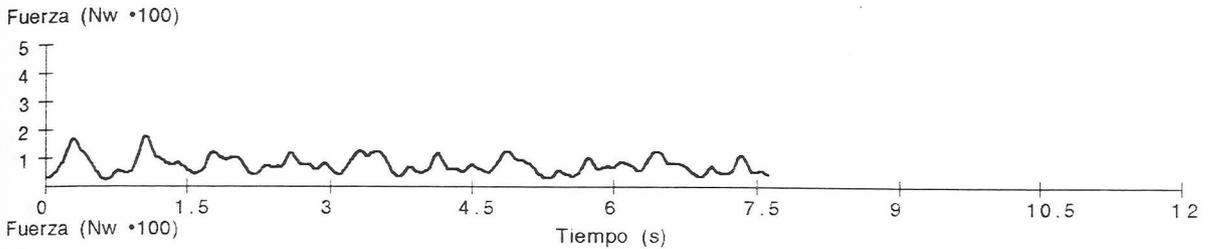
Nº de REGISTROS= 1609
 SUMA = 163728
 MEDIA TOTAL = 101.76 Nw
 D.T. TOTAL = 43.74
 Máximo = 228.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =EST1.10N Registro: 2 =EST.10N Registro: 3 =S210.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1603	Nº de REGISTROS= 1883	Nº de REGISTROS= 1730
SUMA = 130056	SUMA = 158280	SUMA = 161578
MEDIA TOTAL = 81.13 Nw	MEDIA TOTAL = 84.06 Nw	MEDIA TOTAL = 93.40 Nw
D.T. TOTAL = 66.47	D.T. TOTAL = 55.70	D.T. TOTAL = 65.39
Máximo = 276.00 Nw	Máximo = 245.00 Nw	Máximo = 320.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =JUA1.10N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S1810.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

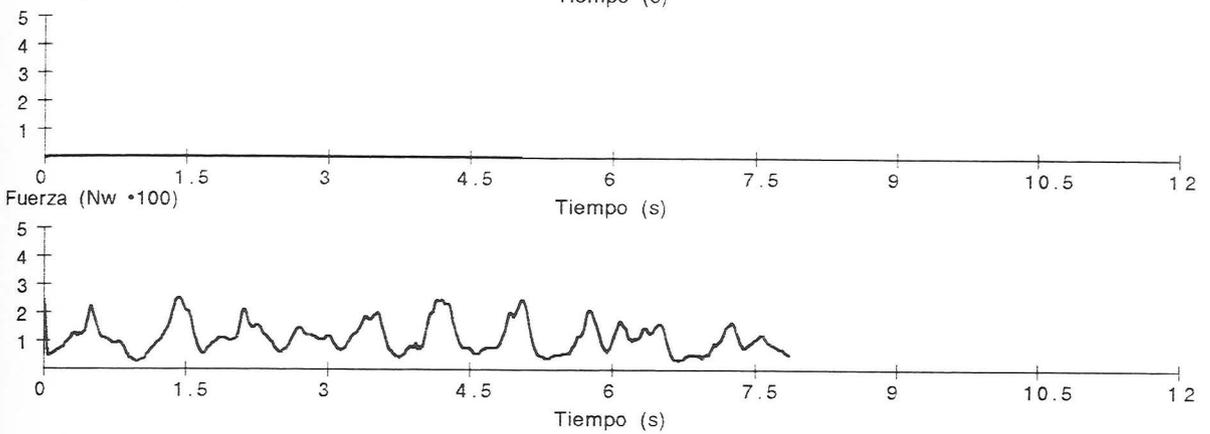
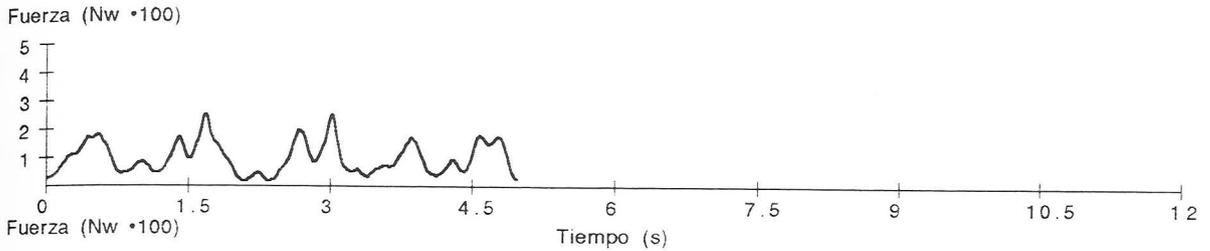


Nº de REGISTROS= 1516
 SUMA = 111840
 MEDIA TOTAL = 73.77 Nw
 D.T. TOTAL = 29.38
 Máximo = 177.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1000
 SUMA = 2000
 MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
 D.T. TOTAL = 0.00
 Máximo = 2.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1514
 SUMA = 144589
 MEDIA TOTAL = 95.50 Nw
 D.T. TOTAL = 43.78
 Máximo = 216.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =ALE1.10N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =1510.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 990

SUMA = 95976

MEDIA TOTAL = 96.95 Nw

D.T. TOTAL = 55.14

Máximo = 253.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1000

SUMA = 2000

MEDIA TOTAL = 2.00 Nw

D.T. TOTAL = 0.00

Máximo = 2.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1564

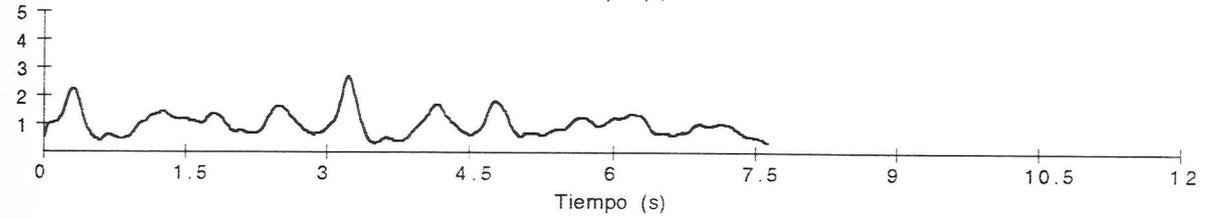
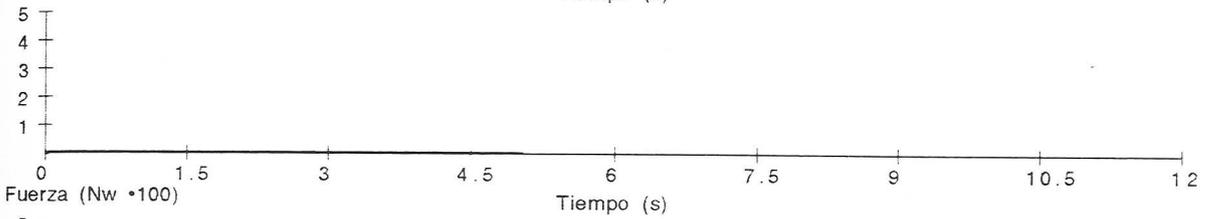
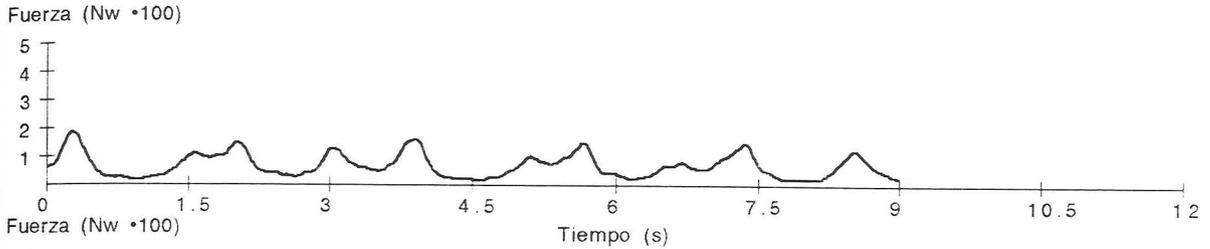
SUMA = 171927

MEDIA TOTAL = 109.93 Nw

D.T. TOTAL = 52.94

Máximo = 252.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =PIL1.10N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S710.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

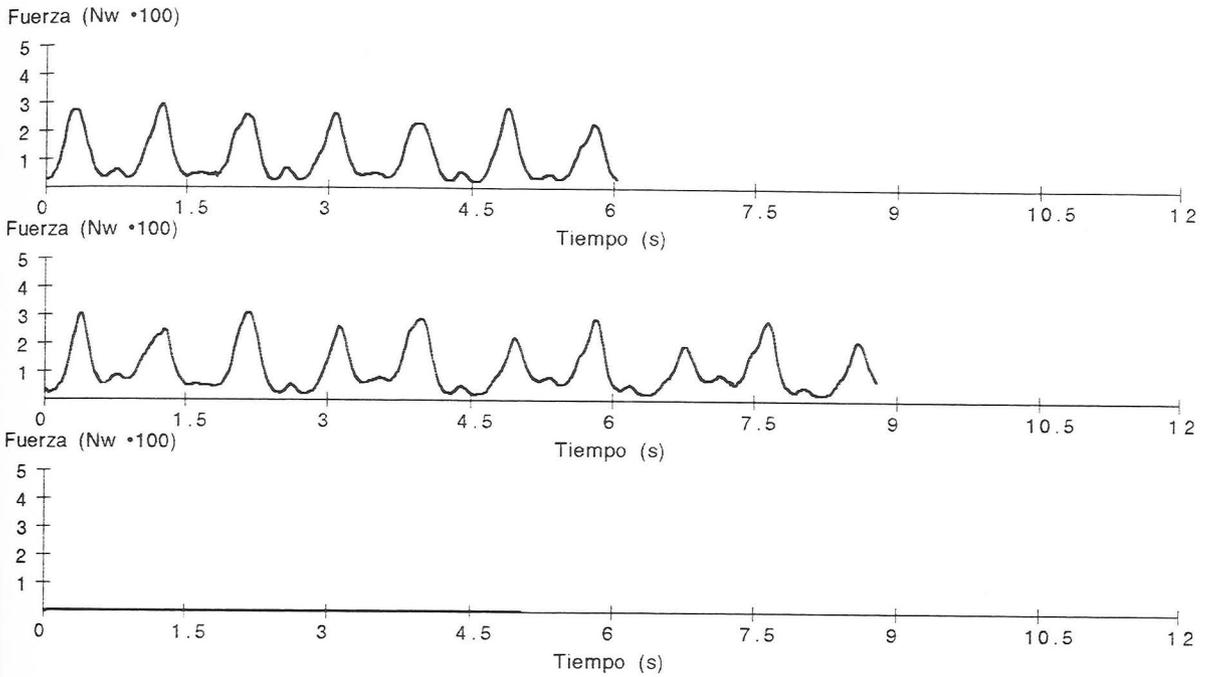


Nº de REGISTROS= 1794
 SUMA = 118259
 MEDIA TOTAL = 65.92 Nw
 D.T. TOTAL = 40.01
 Máximo = 185.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1000
 SUMA = 2000
 MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
 D.T. TOTAL = 0.00
 Máximo = 2.00 Nw

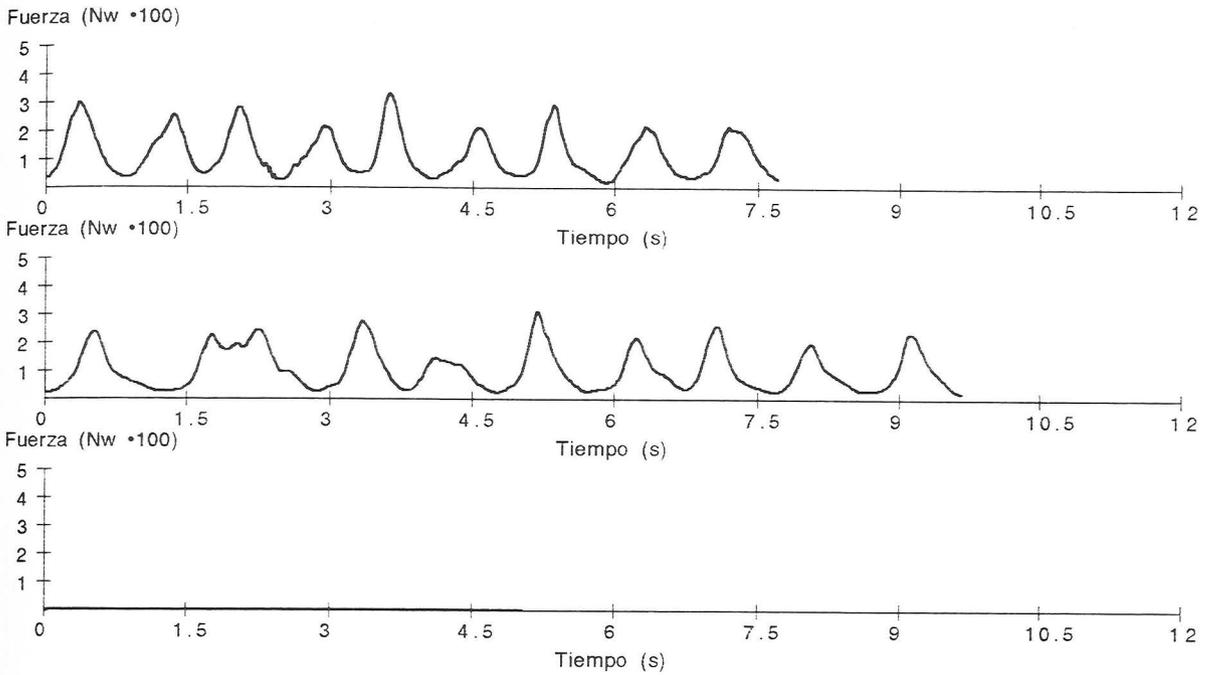
Nº de REGISTROS= 1521
 SUMA = 148111
 MEDIA TOTAL = 97.38 Nw
 D.T. TOTAL = 41.87
 Máximo = 263.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =PAT1.10N Registro: 2 =S7.10N Registro: 3 =SIN REGISTRO
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



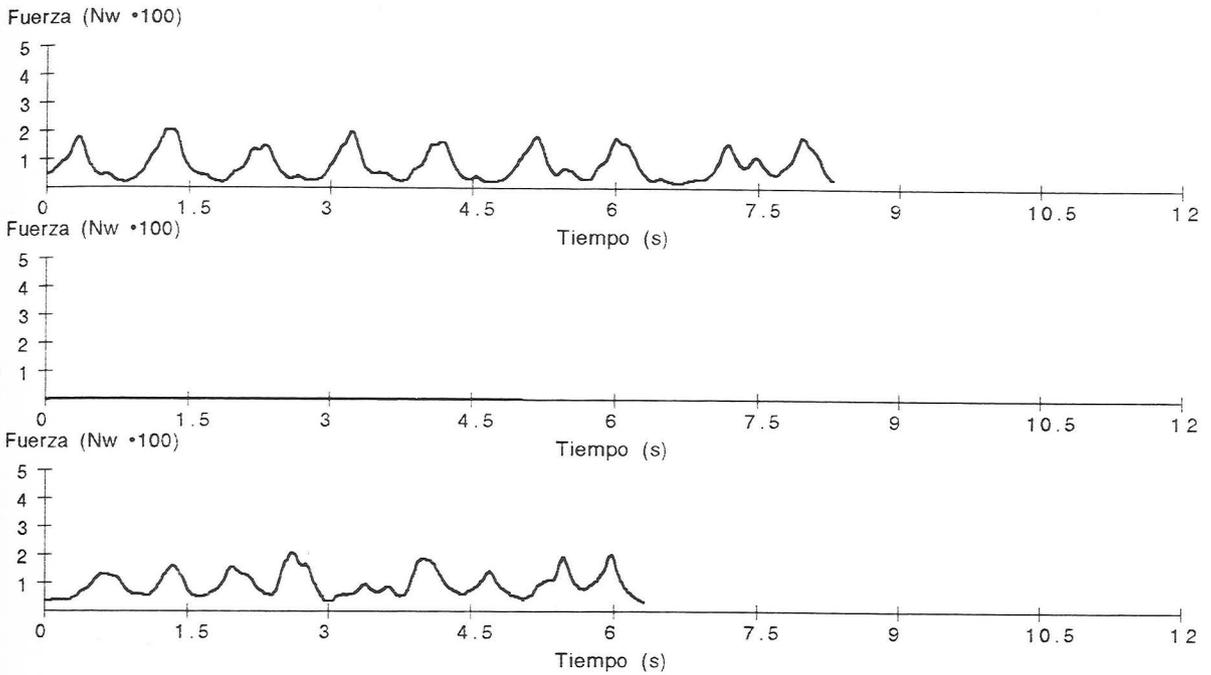
Nº de REGISTROS= 1201	Nº de REGISTROS= 1751	Nº de REGISTROS= 1000
SUMA = 125840	SUMA = 188236	SUMA = 2000
MEDIA TOTAL = 104.78 Nw	MEDIA TOTAL = 107.50 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
D.T. TOTAL = 79.23	D.T. TOTAL = 77.15	D.T. TOTAL = 0.00
Máximo = 291.00 Nw	Máximo = 306.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw

EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =DEV1.10N Registro: 2 =S3.10N Registro: 3 =SIN REGISTRO
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1534	Nº de REGISTROS= 1929	Nº de REGISTROS= 1000
SUMA = 179325	SUMA = 196615	SUMA = 2000
MEDIA TOTAL = 116.90 Nw	MEDIA TOTAL = 101.93 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
D.T. TOTAL = 76.41	D.T. TOTAL = 70.67	D.T. TOTAL = 0.00
Máximo = 329.00 Nw	Máximo = 313.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =CRI1.10N Registro: 2 =SIN REGISTRO Registro: 3 =S1910.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos

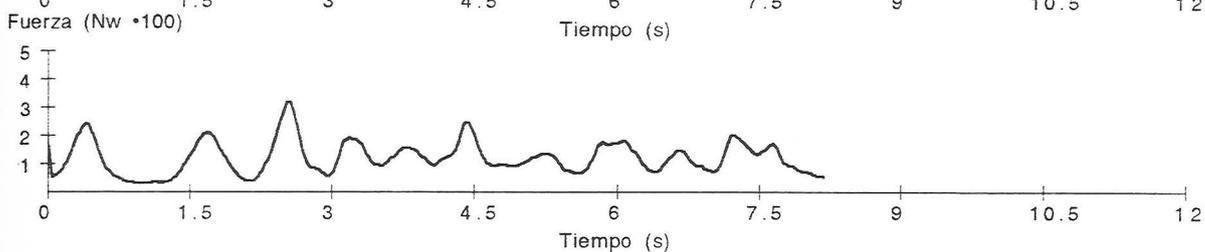
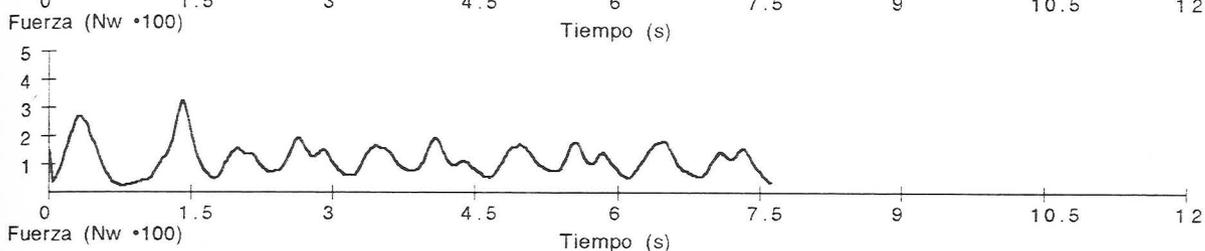
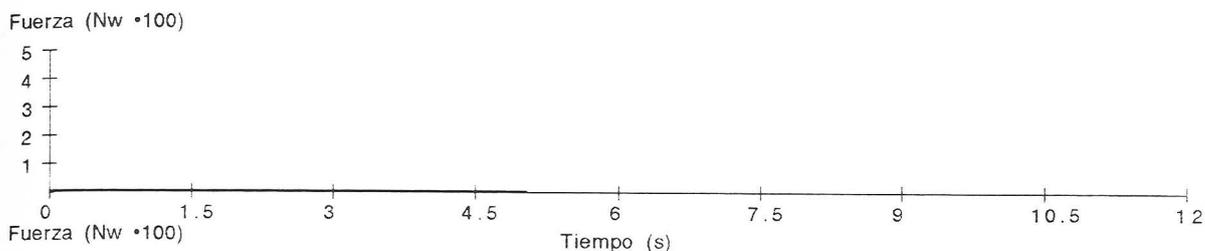


Nº de REGISTROS= 1652
 SUMA = 127000
 MEDIA TOTAL = 76.88 Nw
 D.T. TOTAL = 49.82
 Máximo = 202.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1000
 SUMA = 2000
 MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
 D.T. TOTAL = 0.00
 Máximo = 2.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1260
 SUMA = 118376
 MEDIA TOTAL = 93.95 Nw
 D.T. TOTAL = 42.42
 Máximo = 205.00 Nw

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =SIN REGISTRO Registro: 2 =SAND.10N Registro: 3 =S2510.RAN
Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos



Nº de REGISTROS= 1000

SUMA = 2000

MEDIA TOTAL = 2.00 Nw

D.T. TOTAL = 0.00

Máximo = 2.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1517

SUMA = 172586

MEDIA TOTAL = 113.77 Nw

D.T. TOTAL = 53.65

Máximo = 323.00 Nw

Nº de REGISTROS= 1630

SUMA = 193467

MEDIA TOTAL = 118.69 Nw

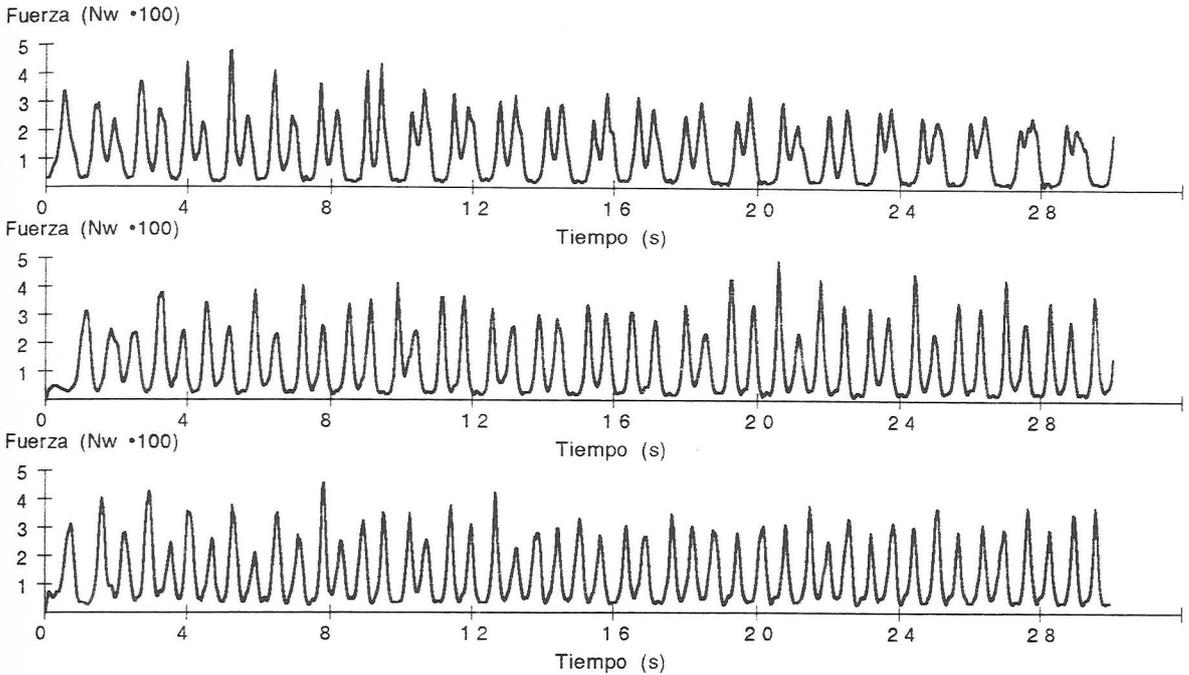
D.T. TOTAL = 56.35

Máximo = 316.00 Nw

ANEXO IV

GRAFICAS DEL REGISTRO DE FUERZA
PROPULSIVA A VELOCIDAD CERO
DURANTE 30 SEGUNDOS EVALUADO A LO LARGO
DE UN MACROCICLO DE ENTRENAMIENTO
EN EL EXPERIMENTO N° 2

EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =JAV2.30N Registro: 2 =JAVI.30N Registro: 3 =S4.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s



N° de REGISTROS= 3000

SUMA = 359194

MEDIA TOTAL = 119.73 Nw

D.T. TOTAL = 96.25

Máximo = 493.00 Nw

N° de REGISTROS= 3000

SUMA = 360272

MEDIA TOTAL = 120.09 Nw

D.T. TOTAL = 105.91

Máximo = 490.00 Nw

N° de REGISTROS= 2993

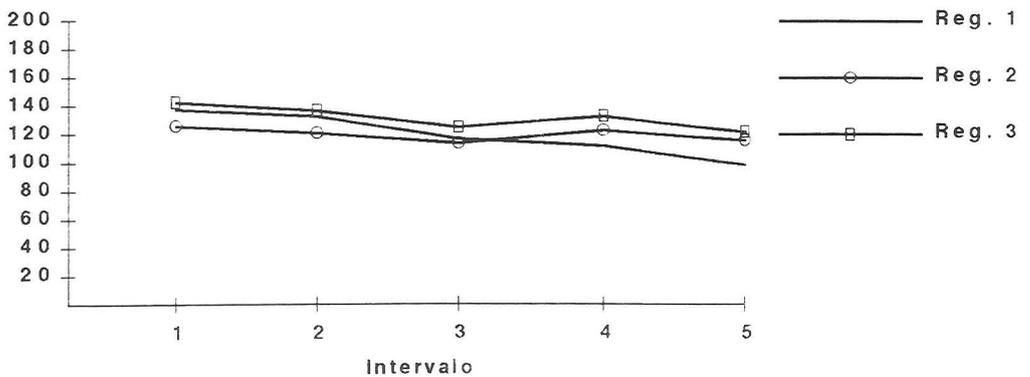
SUMA = 394549

MEDIA TOTAL = 131.82 Nw

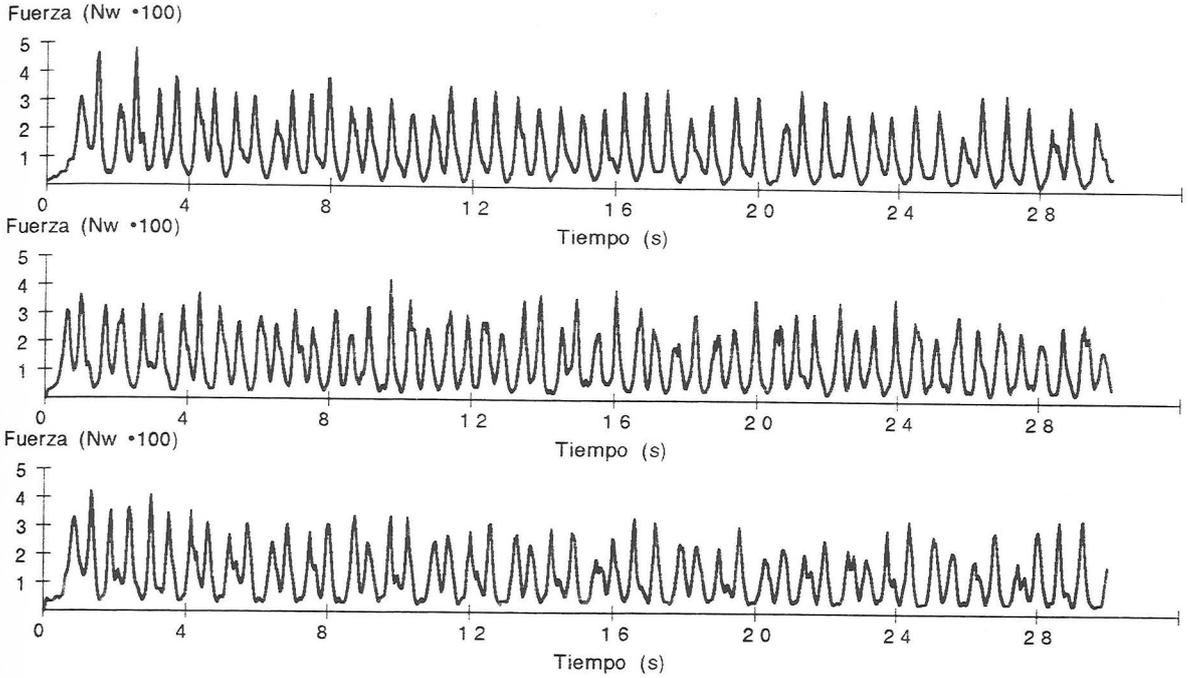
D.T. TOTAL = 99.80

Máximo = 457.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

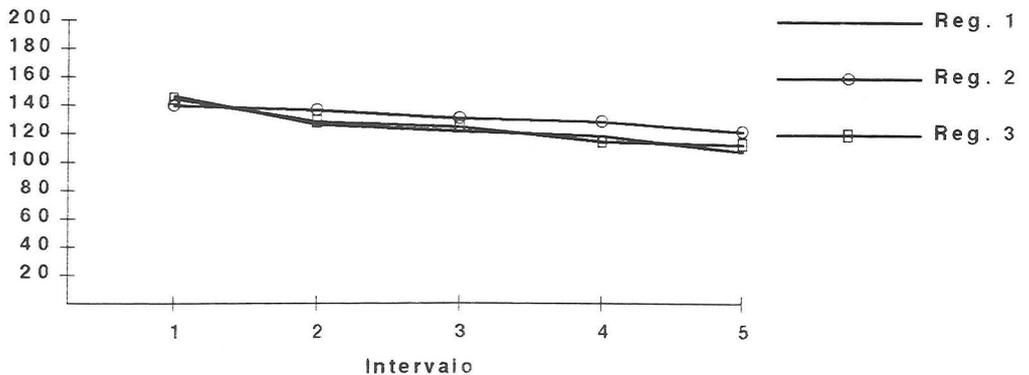


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =DAV2.3N Registro: 2 =DAV.30N Registro: 3 =S21.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

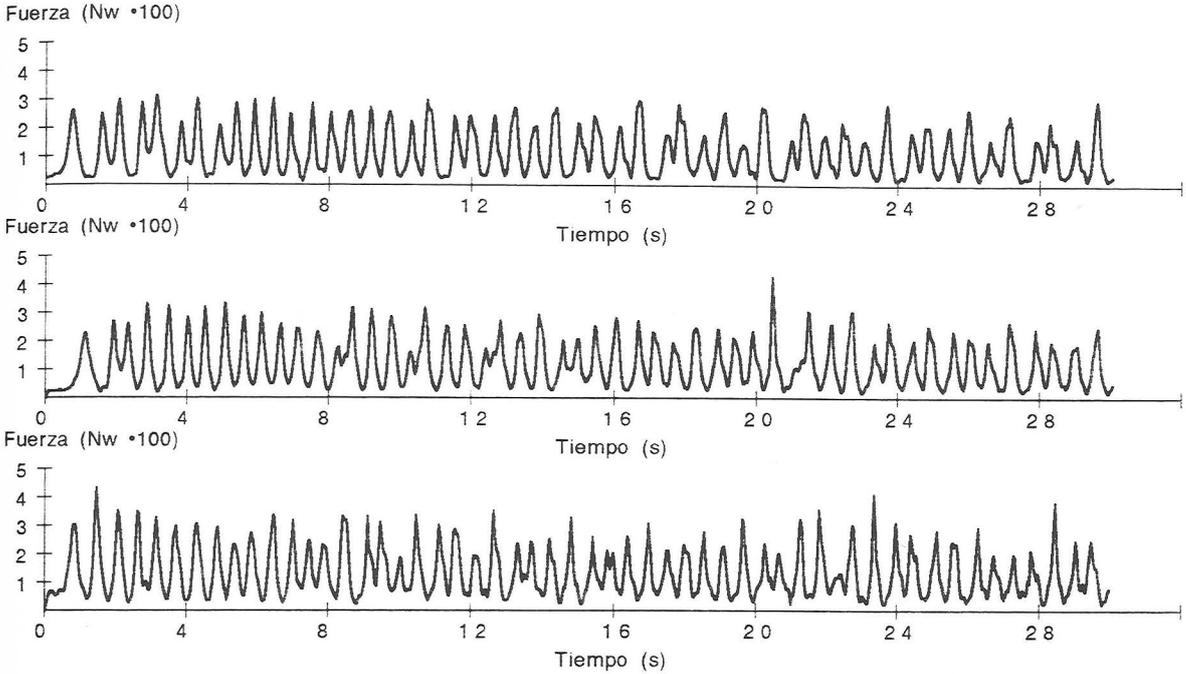


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 374330	SUMA = 395168	SUMA = 375434
MEDIA TOTAL = 124.78 Nw	MEDIA TOTAL = 131.72 Nw	MEDIA TOTAL = 125.44 Nw
D.T. TOTAL = 89.90	D.T. TOTAL = 88.02	D.T. TOTAL = 83.11
Máximo = 488.00 Nw	Máximo = 416.00 Nw	Máximo = 419.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)



EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =SAN2.30N Registro: 2 =SANT1.30N Registro: 3 =S13.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s



Nº de REGISTROS= 3000

SUMA = 328152

MEDIA TOTAL = 109.38 Nw

D.T. TOTAL = 78.04

Máximo = 316.00 Nw

Nº de REGISTROS= 3000

SUMA = 347599

MEDIA TOTAL = 115.87 Nw

D.T. TOTAL = 79.11

Máximo = 424.00 Nw

Nº de REGISTROS= 2993

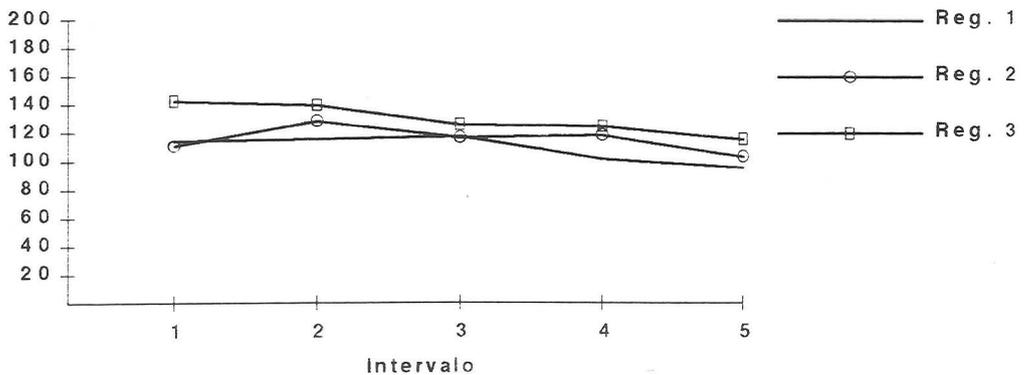
SUMA = 388888

MEDIA TOTAL = 129.93 Nw

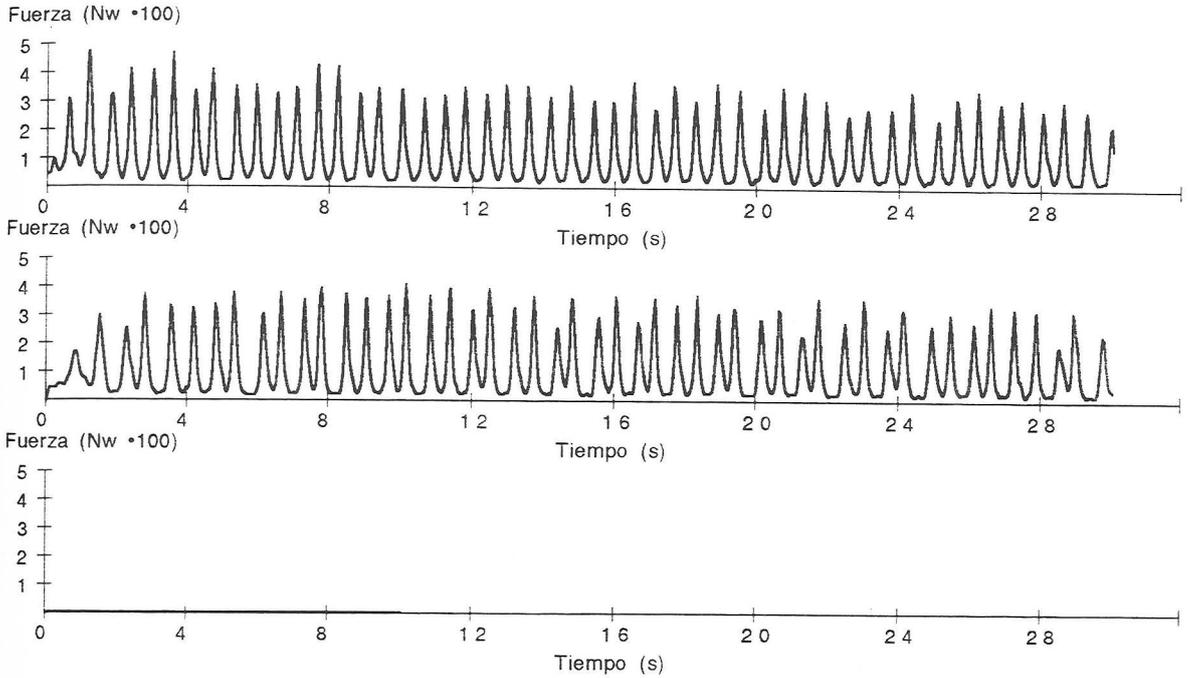
D.T. TOTAL = 82.86

Máximo = 432.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

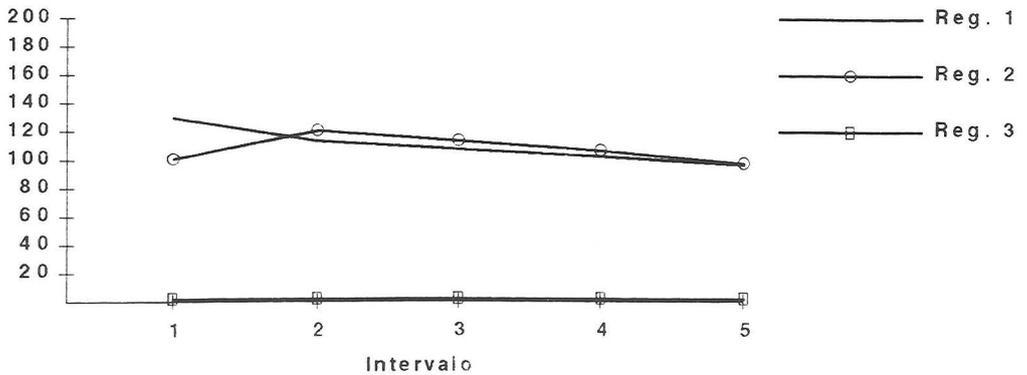


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =KIK2.30N Registro: 2 =KIK1.30N Registro: 3 =Sin Registro
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

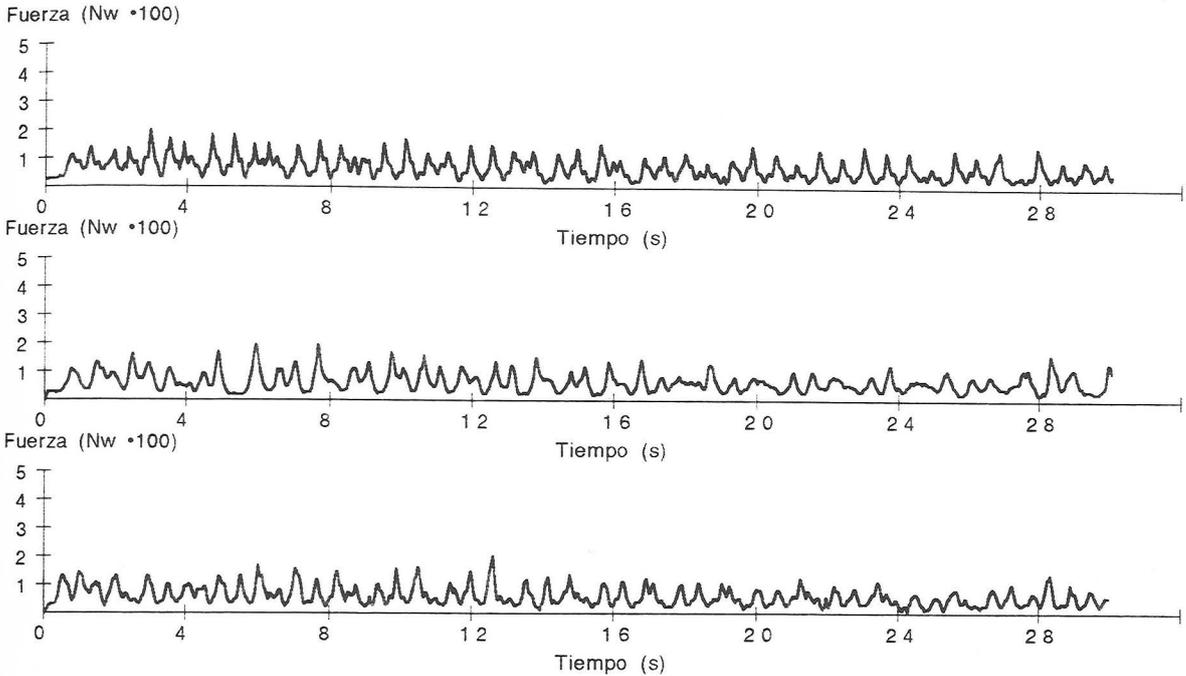


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 1000
SUMA = 330811	SUMA = 325000	SUMA = 2000
MEDIA TOTAL = 110.27 Nw	MEDIA TOTAL = 108.33 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
D.T. TOTAL = 103.13	D.T. TOTAL = 101.16	D.T. TOTAL = 0.00
Máximo = 477.00 Nw	Máximo = 434.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

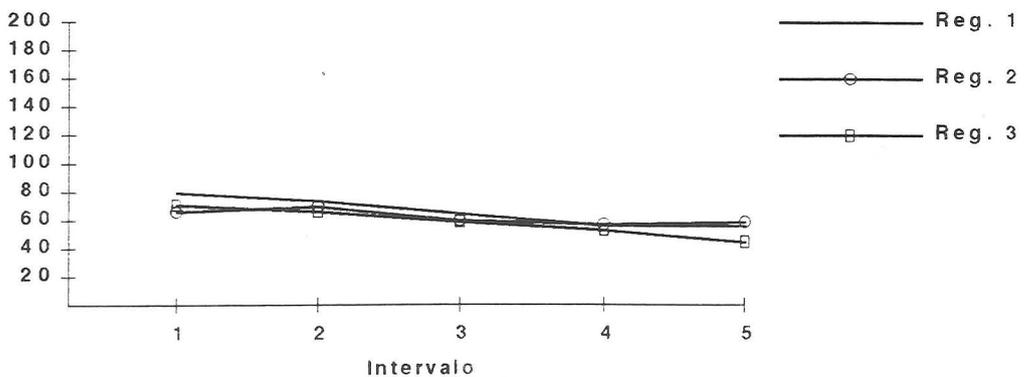


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =ANT2.30N Registro: 2 =ANT.30N Registro: 3 =S9.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

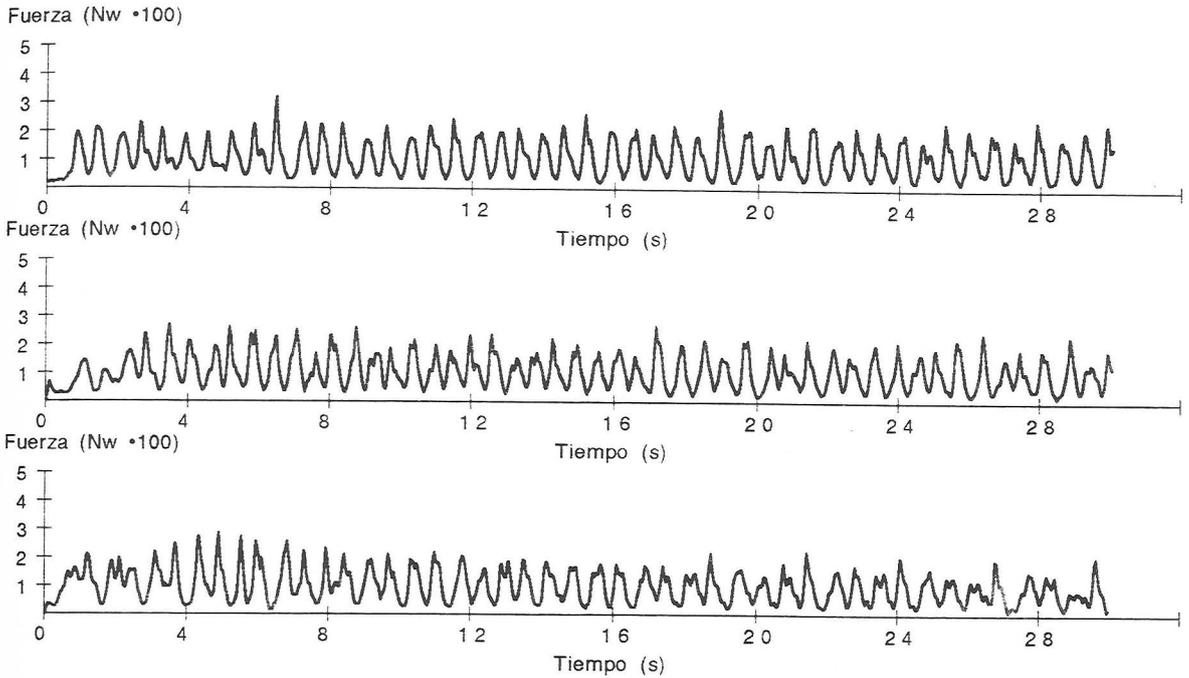


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 198208	SUMA = 187318	SUMA = 176056
MEDIA TOTAL = 66.07 Nw	MEDIA TOTAL = 62.44 Nw	MEDIA TOTAL = 58.82 Nw
D.T. TOTAL = 32.61	D.T. TOTAL = 32.15	D.T. TOTAL = 31.20
Máximo = 196.00 Nw	Máximo = 197.00 Nw	Máximo = 200.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

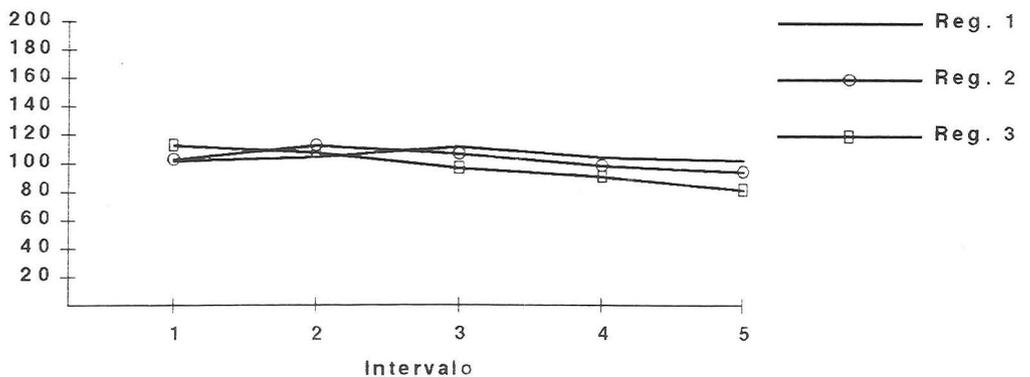


EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =VIC2.30N Registro: 2 =VIC.30N Registro: 3 =S8.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

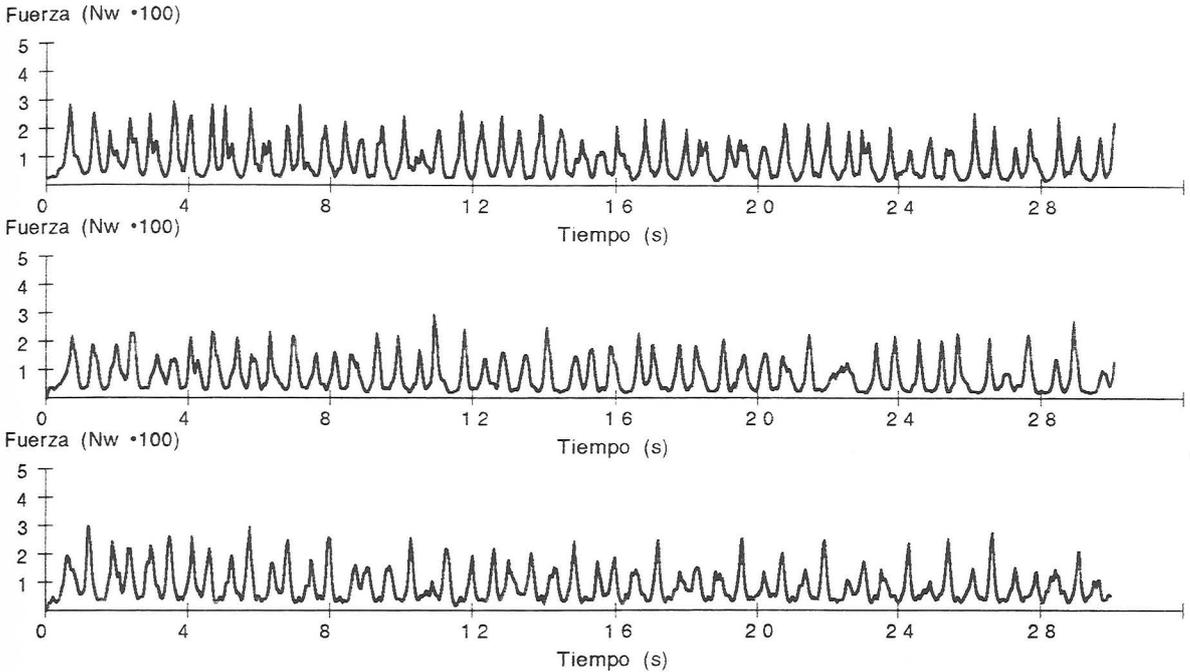


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 315551	SUMA = 309831	SUMA = 293540
MEDIA TOTAL = 105.18 Nw	MEDIA TOTAL = 103.28 Nw	MEDIA TOTAL = 98.08 Nw
D.T. TOTAL = 59.85	D.T. TOTAL = 56.47	D.T. TOTAL = 54.58
Máximo = 326.00 Nw	Máximo = 271.00 Nw	Máximo = 287.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

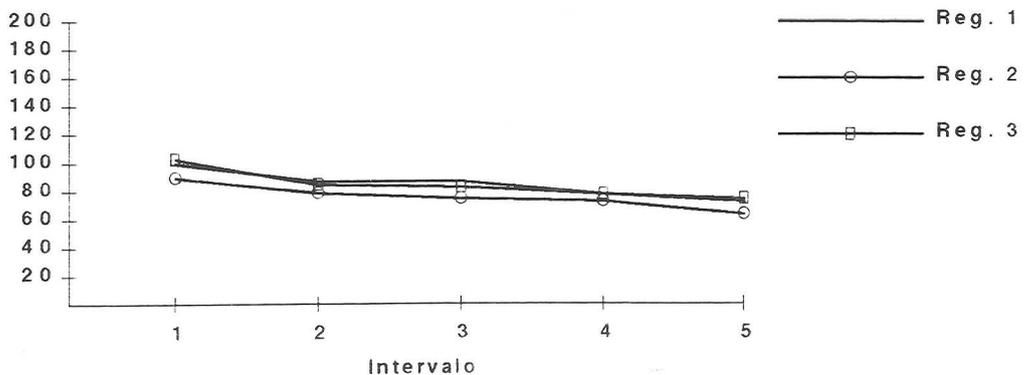


EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =DAVT2.30N Registro: 2 =DAVT.30N Registro: 3 =S16.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

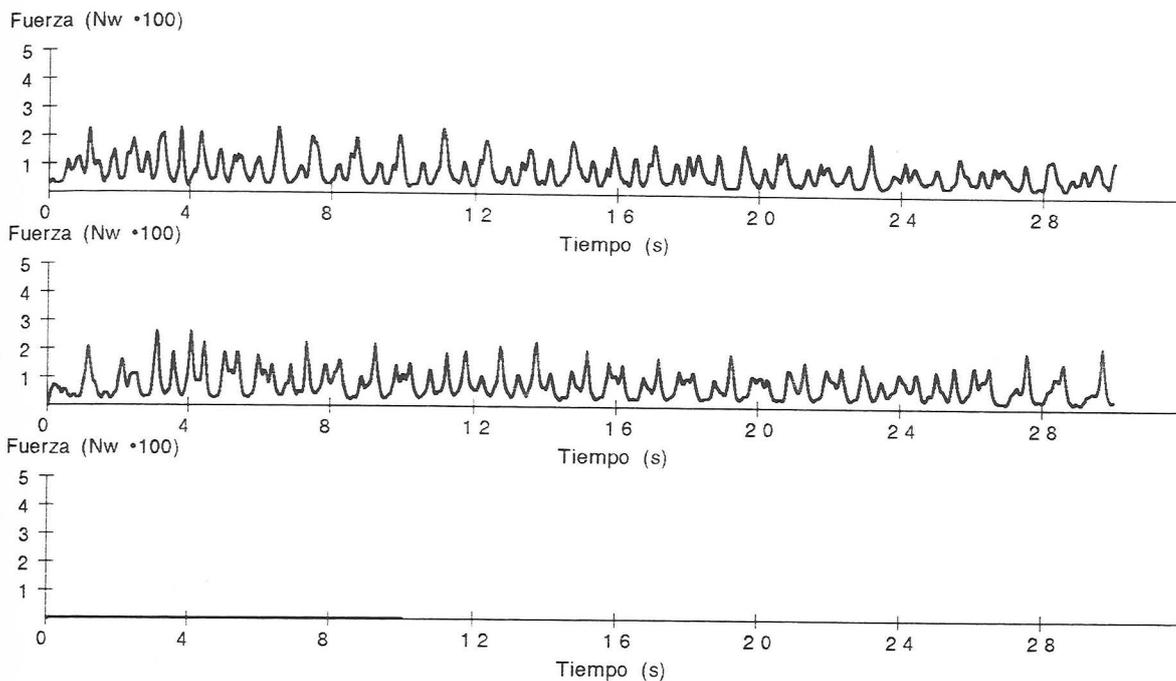


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 255288	SUMA = 229132	SUMA = 254504
MEDIA TOTAL = 85.10 Nw	MEDIA TOTAL = 76.38 Nw	MEDIA TOTAL = 85.03 Nw
D.T. TOTAL = 59.27	D.T. TOTAL = 56.39	D.T. TOTAL = 56.47
Máximo = 302.00 Nw	Máximo = 305.00 Nw	Máximo = 305.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

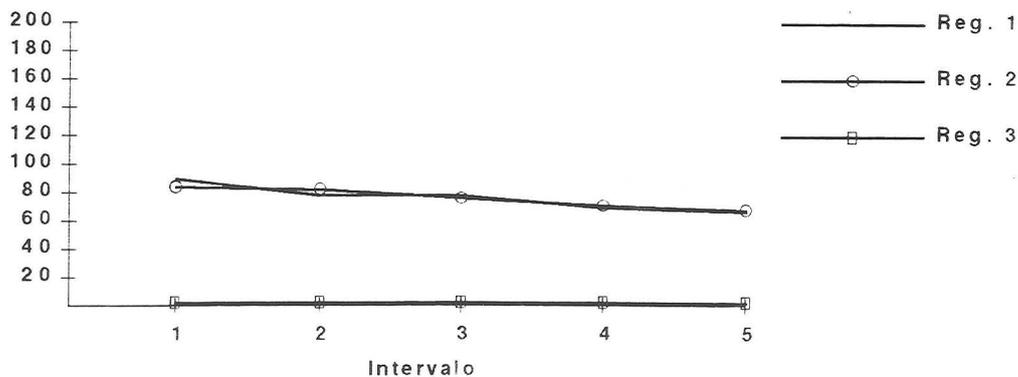


EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =GUS2.30N Registro: 2 =GUS.30N Registro: 3 =Sin Registro
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

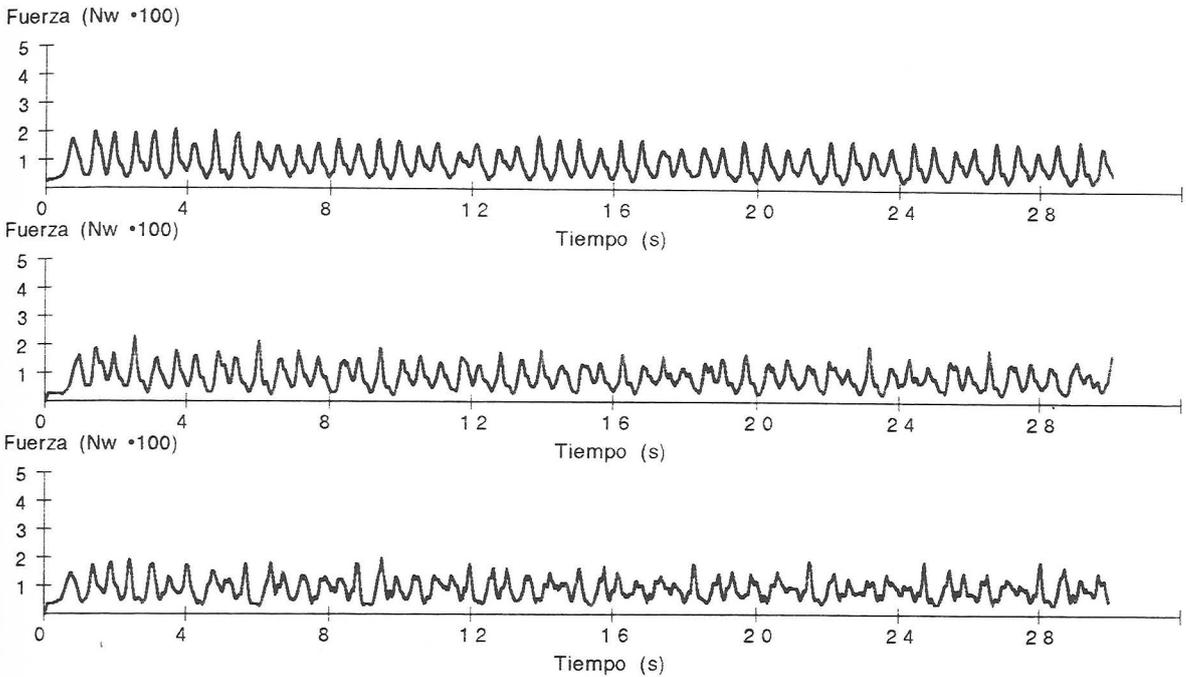


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 1000
SUMA = 229502	SUMA = 228440	SUMA = 2000
MEDIA TOTAL = 76.50 Nw	MEDIA TOTAL = 76.15 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw
D.T. TOTAL = 43.48	D.T. TOTAL = 45.62	D.T. TOTAL = 0.00
Máximo = 234.00 Nw	Máximo = 271.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

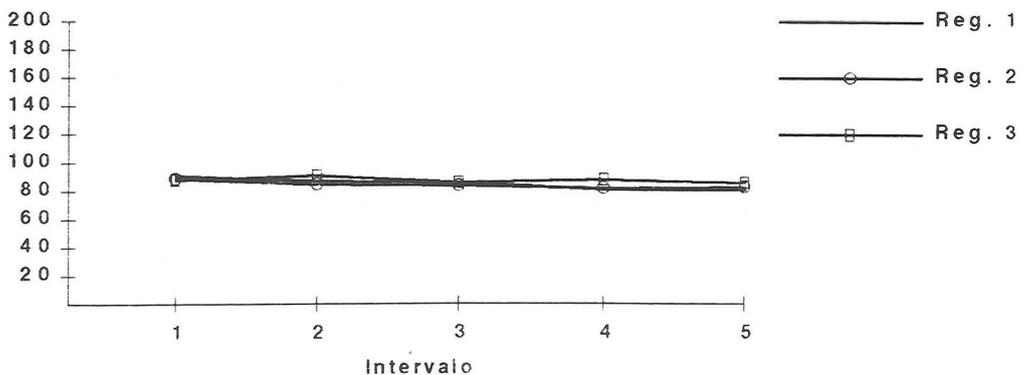


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =LOL2.30N Registro: 2 =LOLI.30N Registro: 3 =S12.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

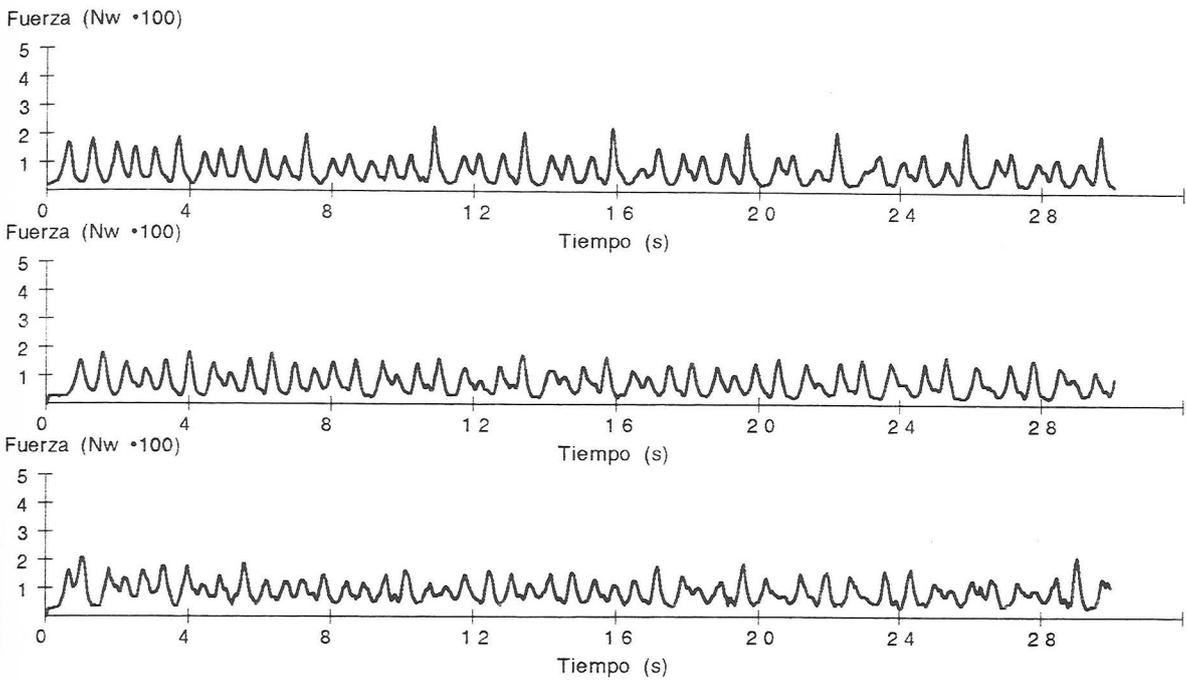


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 254913	SUMA = 254174	SUMA = 262786
MEDIA TOTAL = 84.97 Nw	MEDIA TOTAL = 84.72 Nw	MEDIA TOTAL = 87.80 Nw
D.T. TOTAL = 42.03	D.T. TOTAL = 39.14	D.T. TOTAL = 35.53
Máximo = 207.00 Nw	Máximo = 224.00 Nw	Máximo = 194.00 Nw

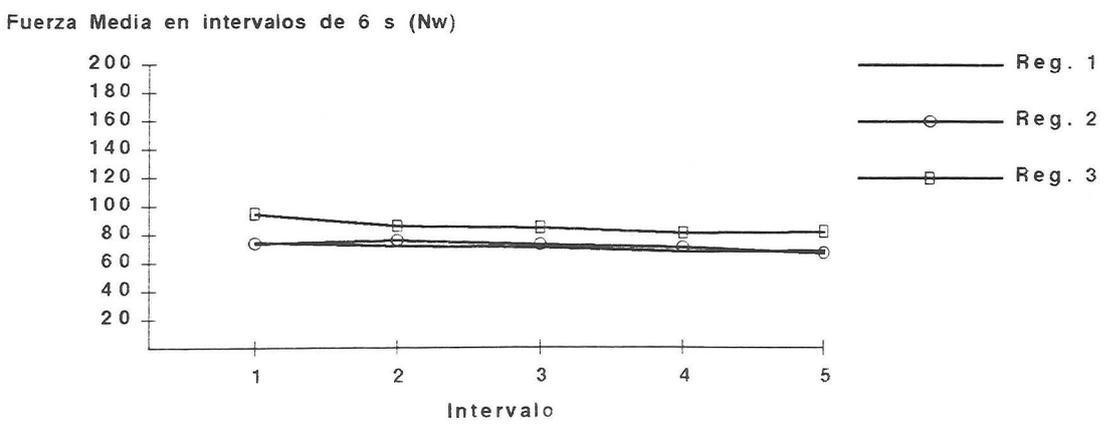
Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)



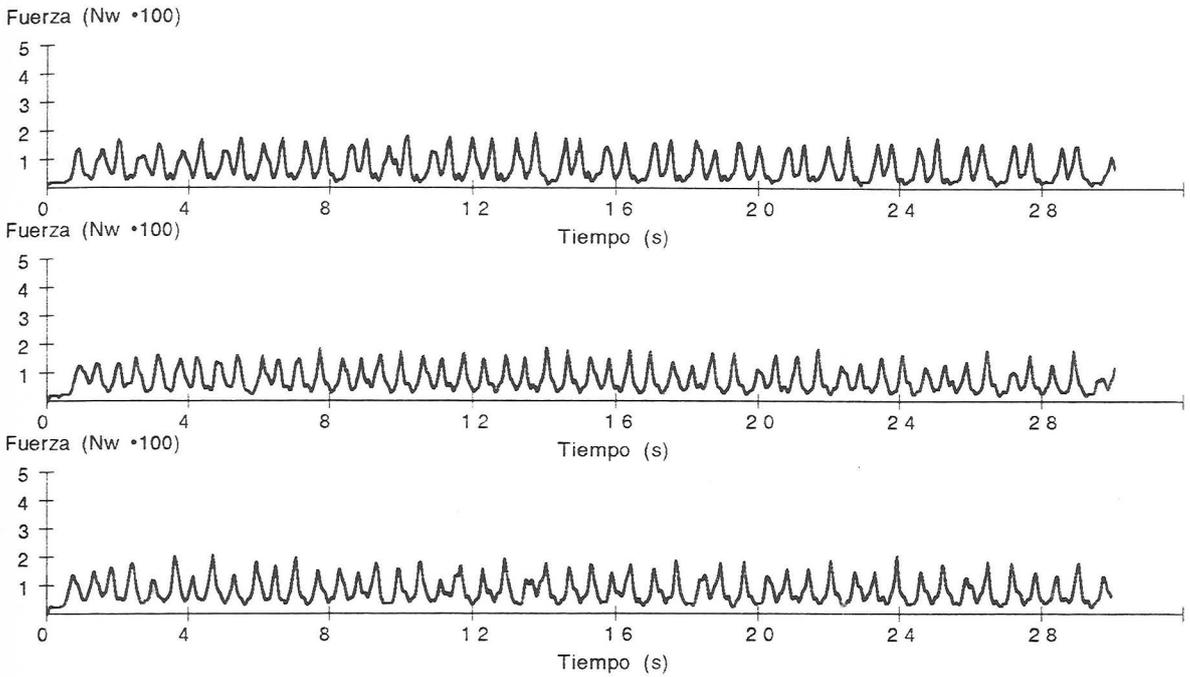
EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =NUR2.30N Registro: 2 =NUR.30N Registro: 3 =S3.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s



Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 213711	SUMA = 217403	SUMA = 256454
MEDIA TOTAL = 71.24 Nw	MEDIA TOTAL = 72.47 Nw	MEDIA TOTAL = 85.68 Nw
D.T. TOTAL = 41.44	D.T. TOTAL = 38.07	D.T. TOTAL = 35.09
Máximo = 224.00 Nw	Máximo = 181.00 Nw	Máximo = 211.00 Nw

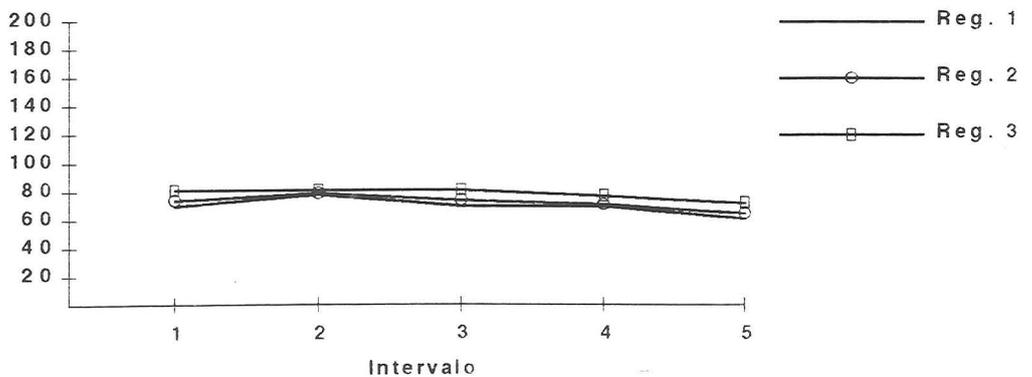


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =RAQ2.30N Registro: 2 =RAQ.30N Registro: 3 =S10.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

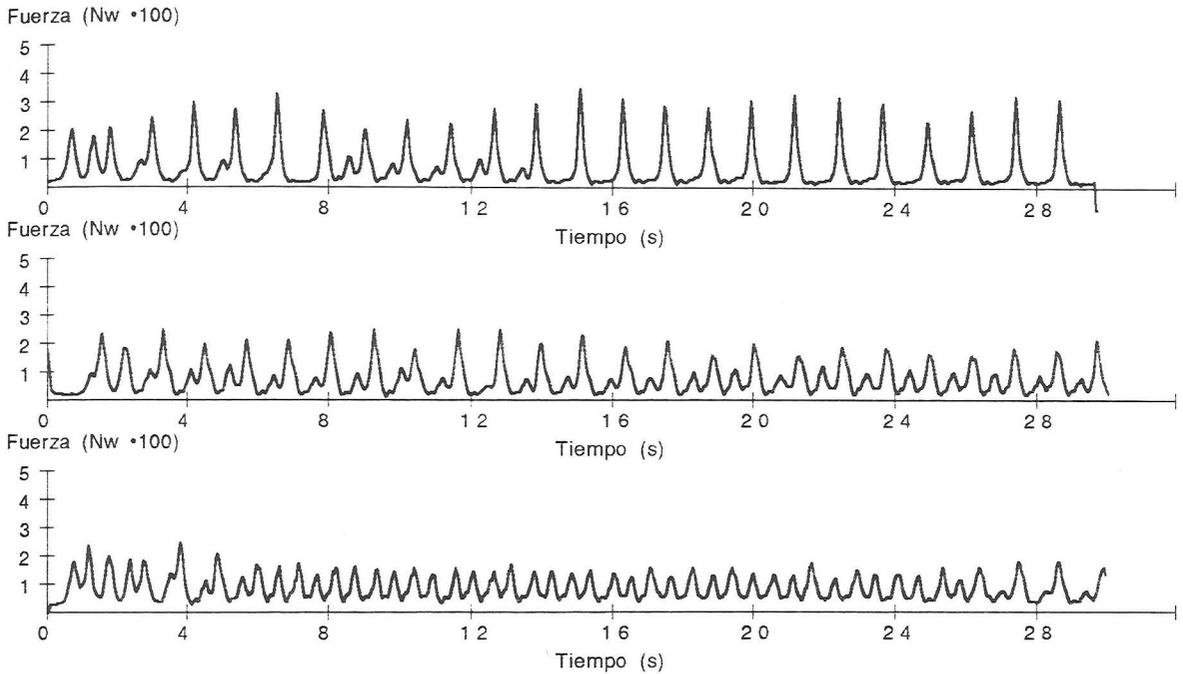


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 210024	SUMA = 218045	SUMA = 234675
MEDIA TOTAL = 70.01 Nw	MEDIA TOTAL = 72.68 Nw	MEDIA TOTAL = 78.41 Nw
D.T. TOTAL = 44.80	D.T. TOTAL = 39.97	D.T. TOTAL = 40.99
Máximo = 191.00 Nw	Máximo = 192.00 Nw	Máximo = 204.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

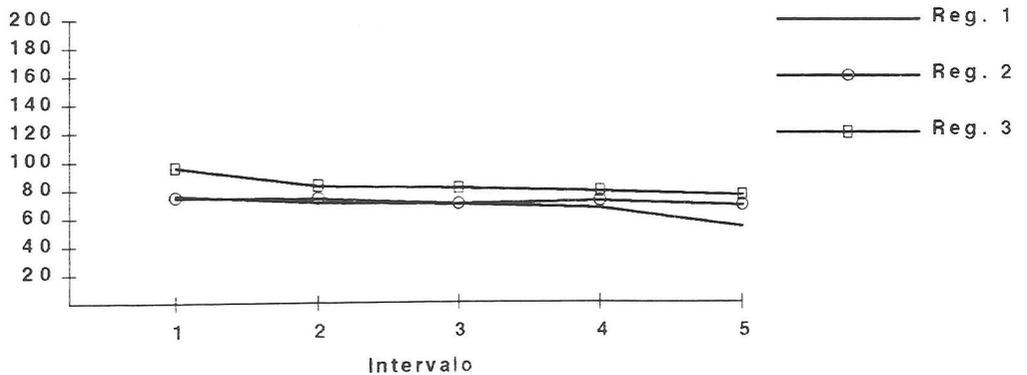


EXPERIMENTO Nº2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =EST2.30N Registro: 2 =EST.30N Registro: 3 =S2.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

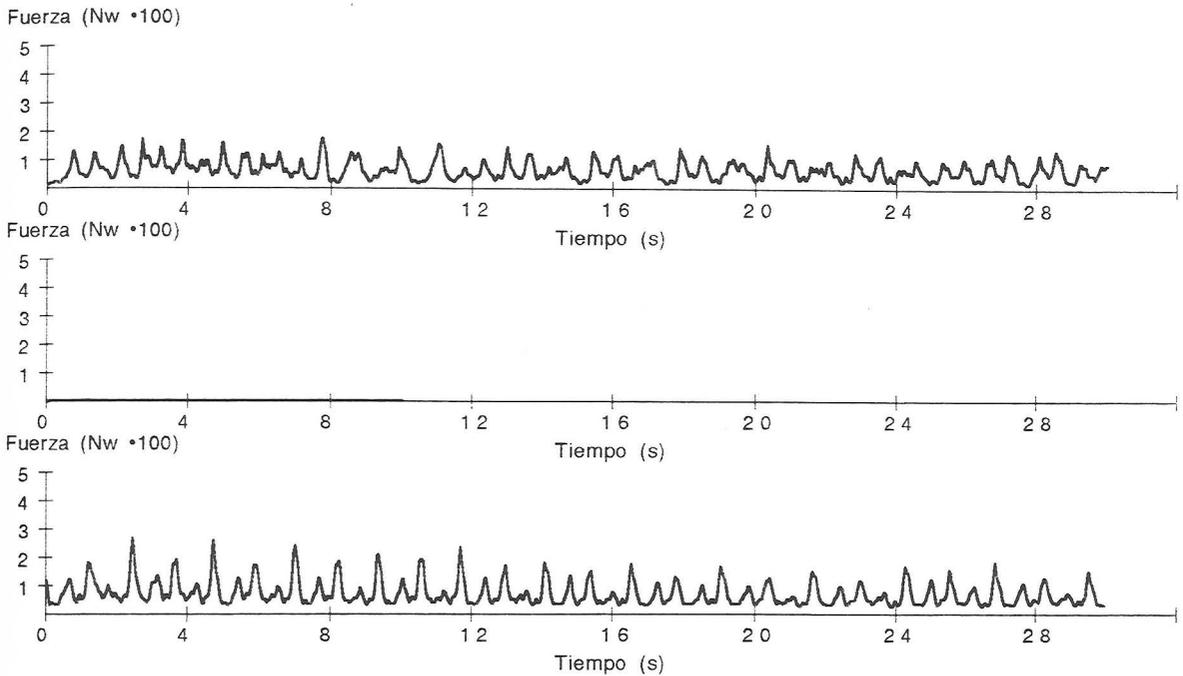


Registro	Nº de REGISTROS= 2968	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA	= 199823	= 216356	= 248111
MEDIA TOTAL	= 67.33 Nw	= 72.12 Nw	= 82.90 Nw
D.T. TOTAL	= 71.36	= 51.75	= 40.46
Máximo	= 353.00 Nw	= 249.00 Nw	= 249.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

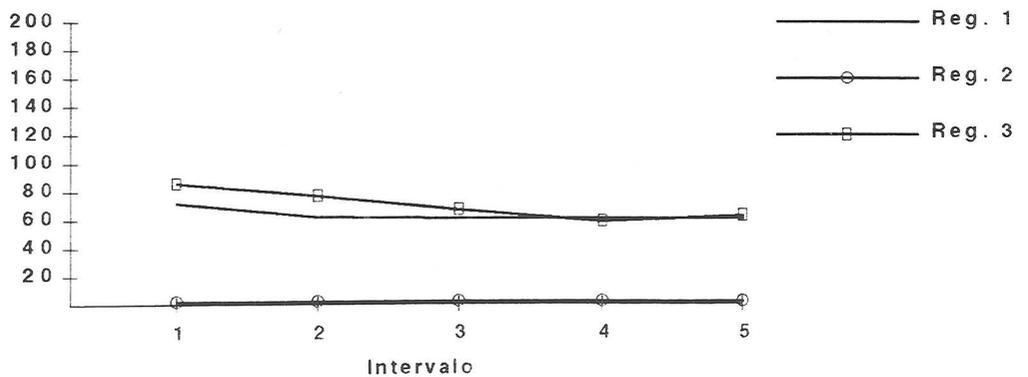


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =JUA2.30N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S18.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

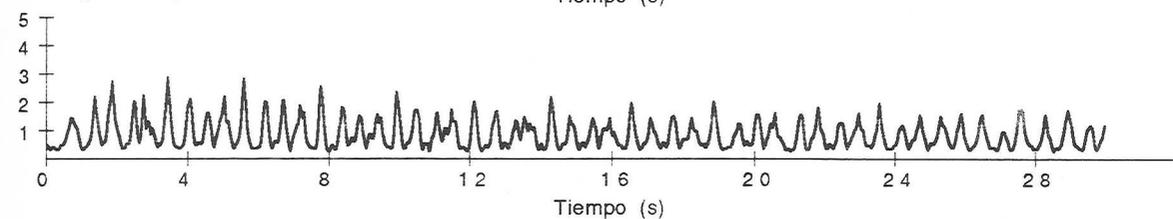
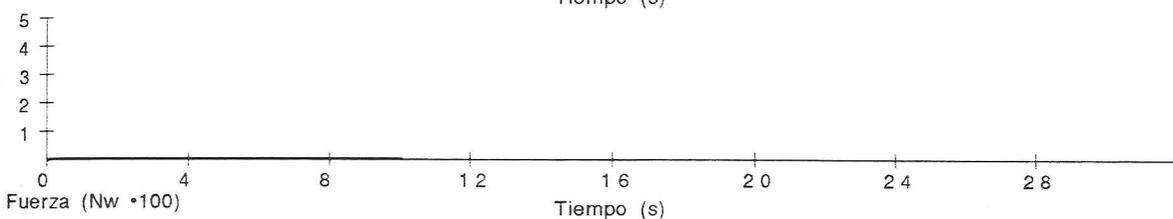
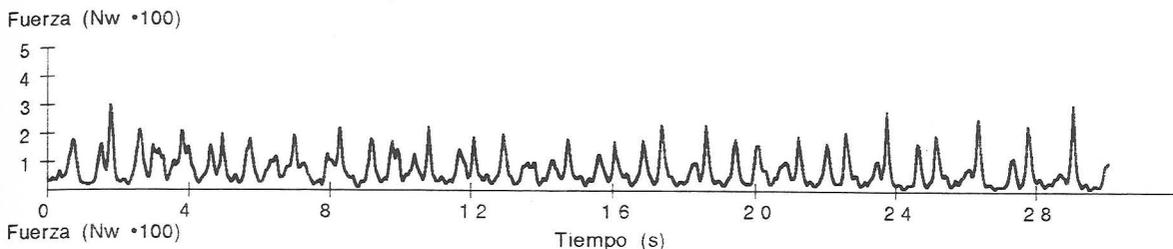


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 1000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 189795	SUMA = 2000	SUMA = 210703
MEDIA TOTAL = 63.26 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw	MEDIA TOTAL = 70.40 Nw
D.T. TOTAL = 31.78	D.T. TOTAL = 0.00	D.T. TOTAL = 41.85
Máximo = 180.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw	Máximo = 267.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

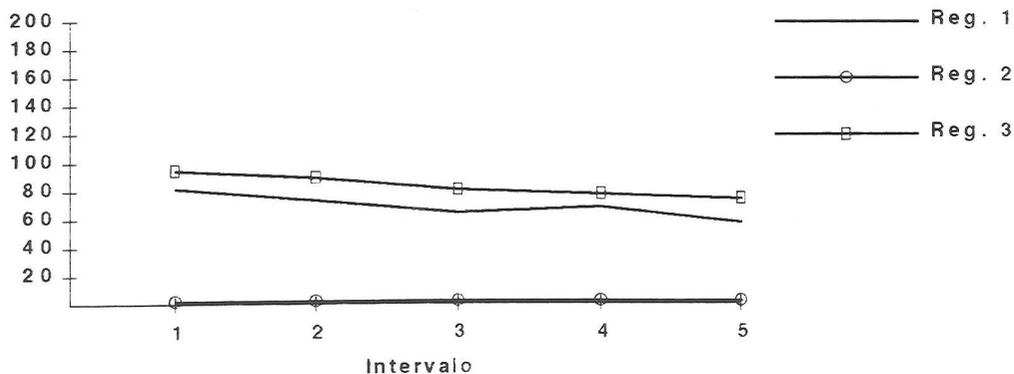


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =ALE2.30N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S15.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

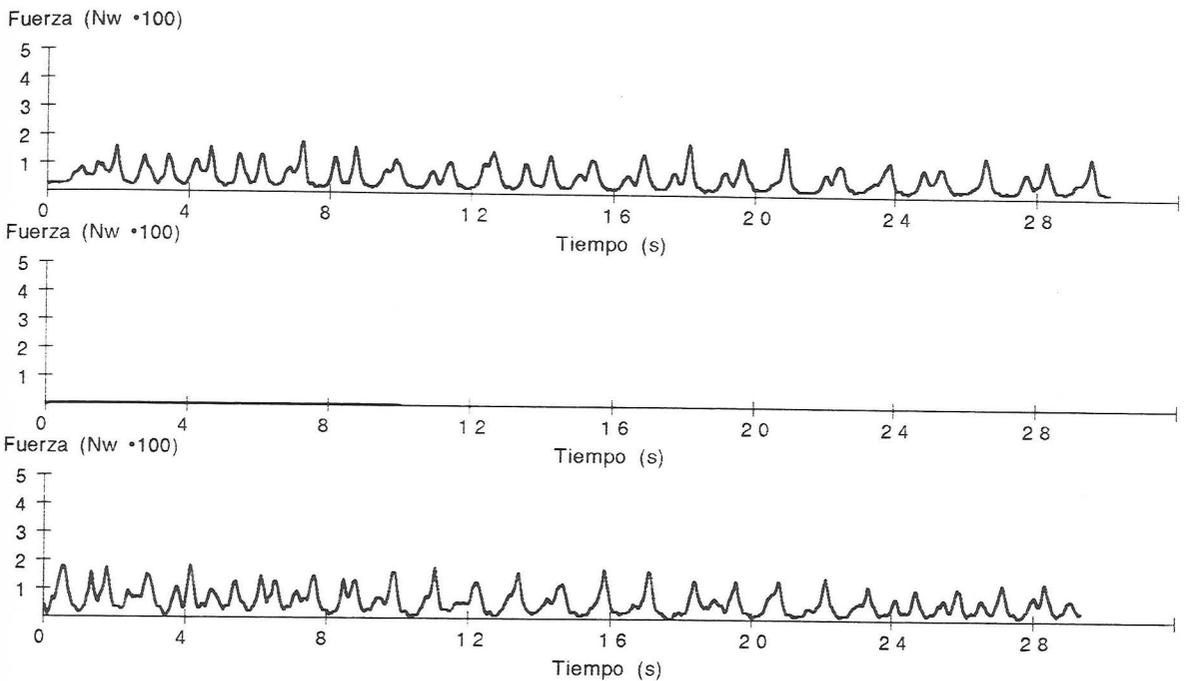


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 1000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 208686	SUMA = 2000	SUMA = 251993
MEDIA TOTAL = 69.56 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw	MEDIA TOTAL = 84.19 Nw
D.T. TOTAL = 51.70	D.T. TOTAL = 0.00	D.T. TOTAL = 48.81
Máximo = 317.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw	Máximo = 286.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

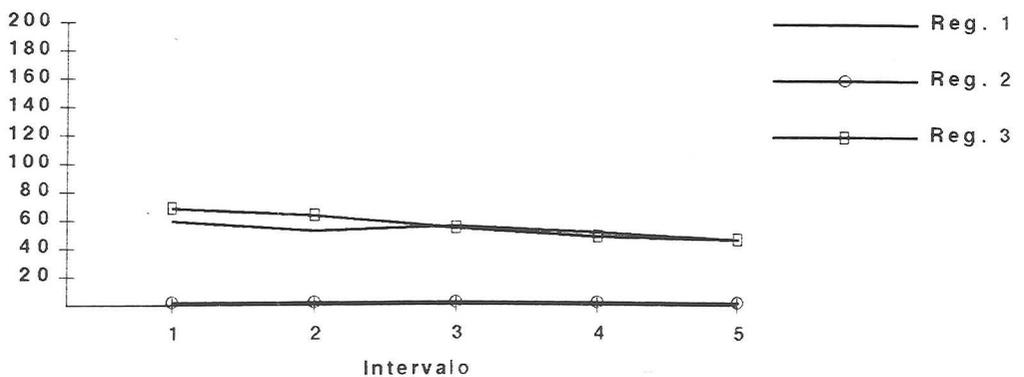


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =PIL2.30N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S7.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

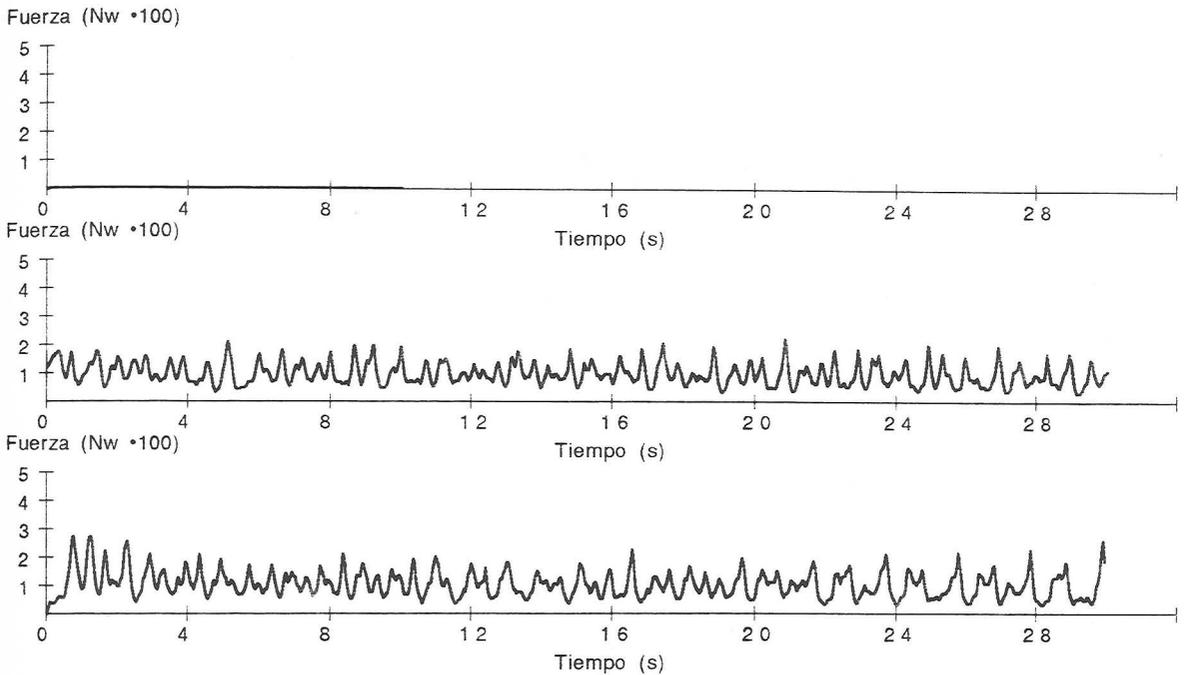


Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 1000	Nº de REGISTROS= 2927
SUMA = 160916	SUMA = 2000	SUMA = 166332
MEDIA TOTAL = 53.64 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw	MEDIA TOTAL = 56.83 Nw
D.T. TOTAL = 35.73	D.T. TOTAL = 0.00	D.T. TOTAL = 38.79
Máximo = 182.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw	Máximo = 182.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

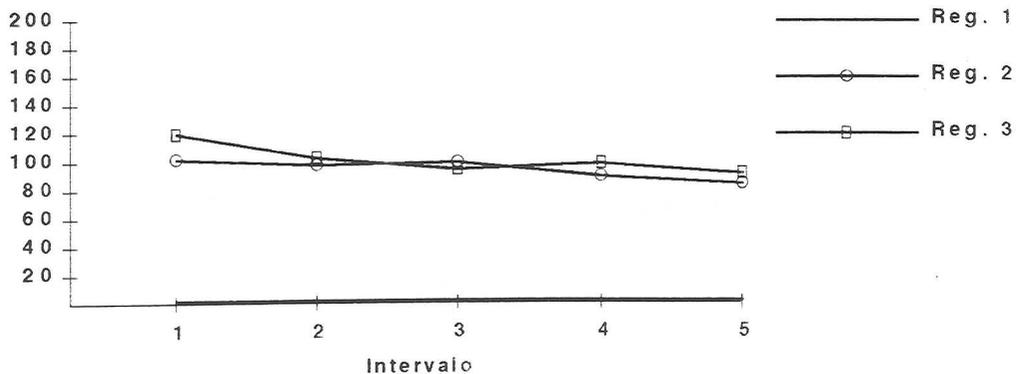


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =Sin Registro Registro: 2 =JJ.30N Registro: 3 =S14.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s

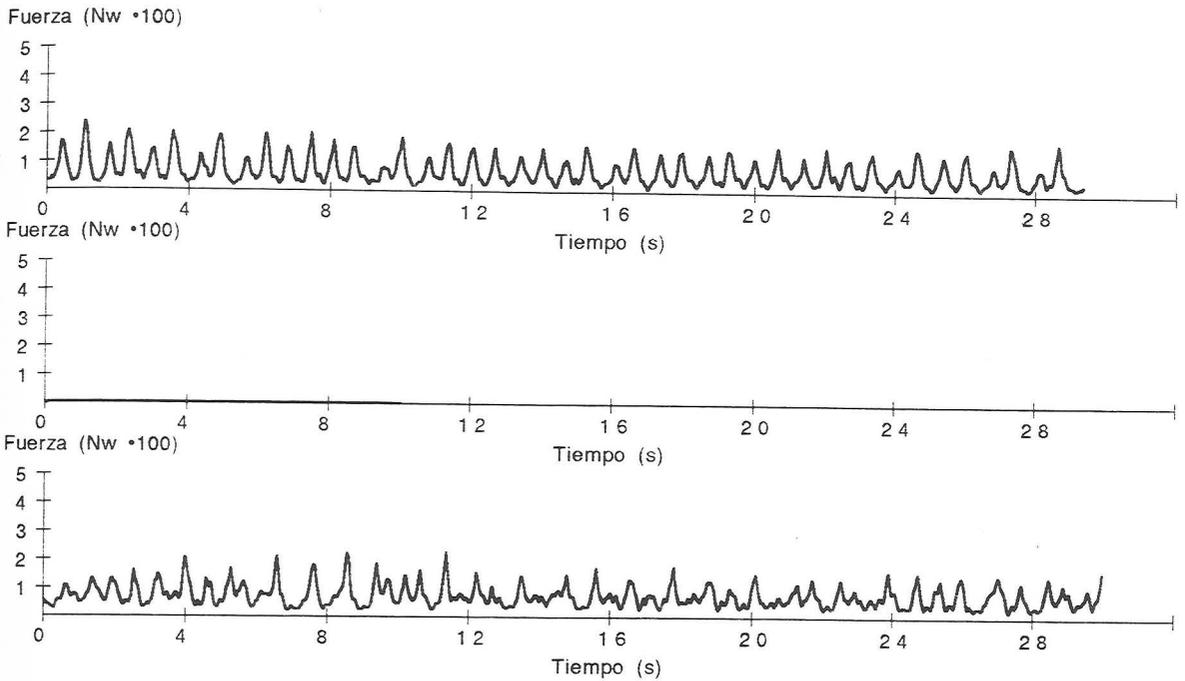


Nº de REGISTROS= 1000	Nº de REGISTROS= 3000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 2000	SUMA = 285357	SUMA = 304893
MEDIA TOTAL = 2.00 Nw	MEDIA TOTAL = 95.12 Nw	MEDIA TOTAL = 101.87 Nw
D.T. TOTAL = 0.00	D.T. TOTAL = 37.97	D.T. TOTAL = 45.35
Máximo = 2.00 Nw	Máximo = 220.00 Nw	Máximo = 273.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)

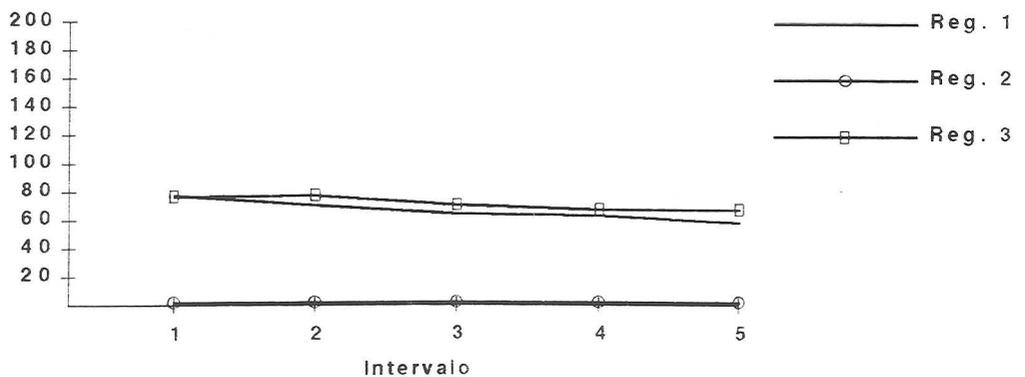


EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo Crol (V=0)
Registro: 1 =CRI2.30N Registro: 2 =Sin Registro Registro: 3 =S19.RAN
Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s



Nº de REGISTROS= 2932	Nº de REGISTROS= 1000	Nº de REGISTROS= 2993
SUMA = 197489	SUMA = 2000	SUMA = 216926
MEDIA TOTAL = 67.36 Nw	MEDIA TOTAL = 2.00 Nw	MEDIA TOTAL = 72.48 Nw
D.T. TOTAL = 44.02	D.T. TOTAL = 0.00	D.T. TOTAL = 36.52
Máximo = 245.00 Nw	Máximo = 2.00 Nw	Máximo = 226.00 Nw

Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)



ANEXO V

GRAFICAS DE LAS PROYECCIONES
BIDIMENSIONALES EN EL PLANO SAGITAL
DE LAS TRAYECTORIAS PROPULSIVAS
DE CADA MANO, NADANDO ESTILO CROL
DIGITALIZADAS A LO LARGO
DE UN MACROCICLO DE ENTRENAMIENTO
EN EL EXPERIMENTO N° 2

Digitalización N°: 1

Sujeto:ALEJANDRO

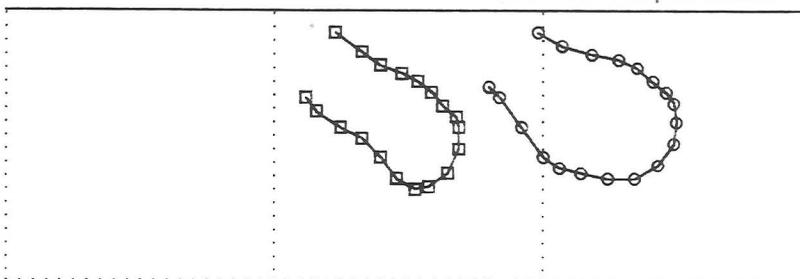
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 2-4 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:SIN DIGITALIZACION

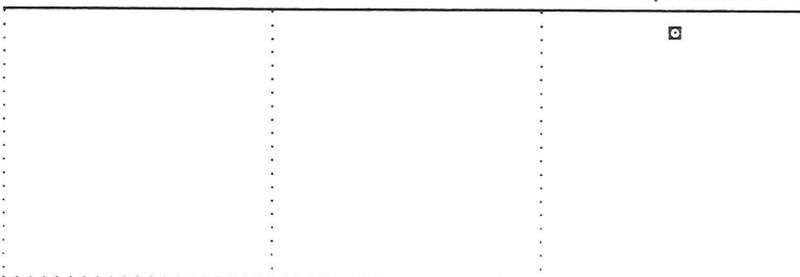
Brazo de Comienzo:*

Coordinación * tiempos

Respiración: *

Largo de piscina:*

Lado de respiración:*



Sujeto:ALEJANDRO

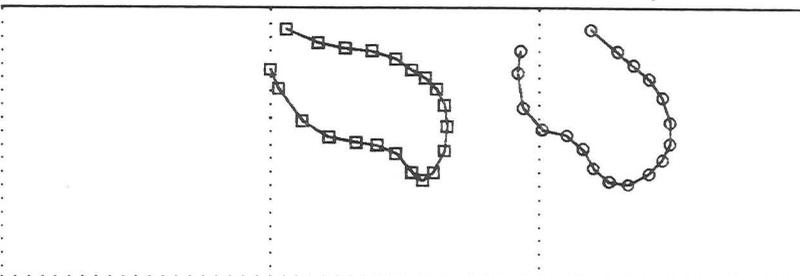
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 2-4 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Digitalización N°: 2

Sujeto: ANTONIO LOPEZ

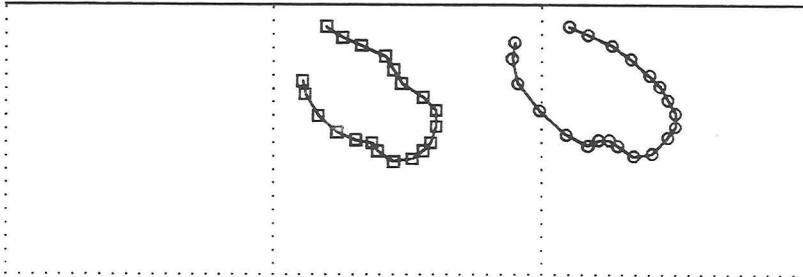
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: ANTONIO LOPEZ

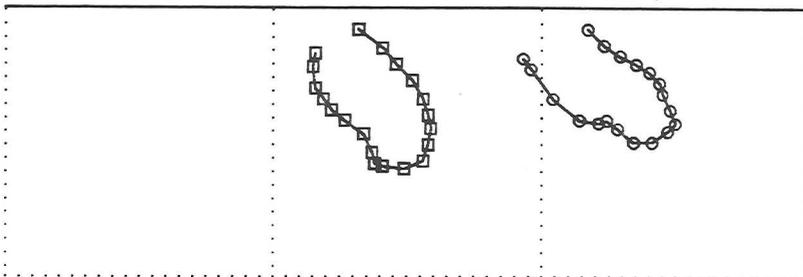
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: ANTONIO

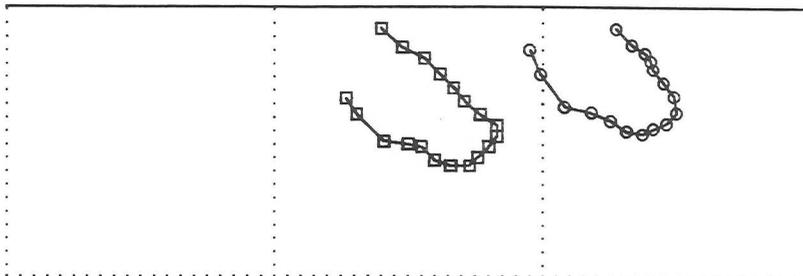
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S2

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 3

Sujeto: DAVID OLIVENCIA

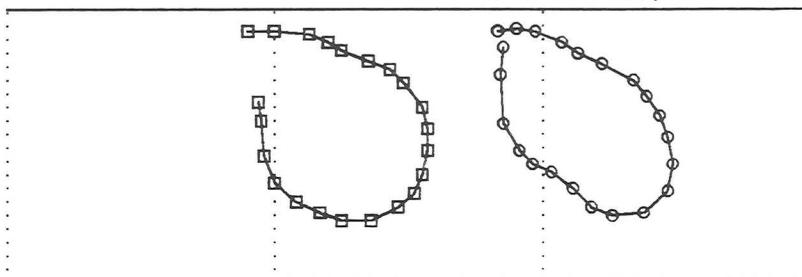
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: DAVID OLIVENCIA

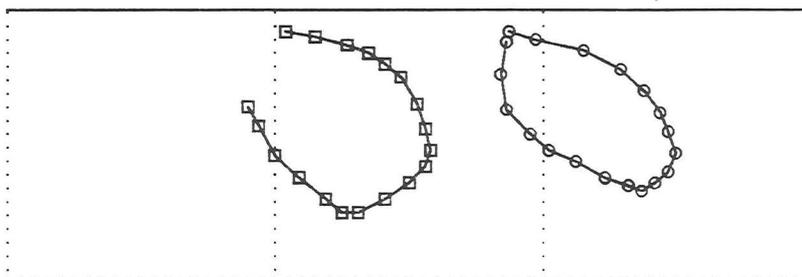
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: DAVID OL.

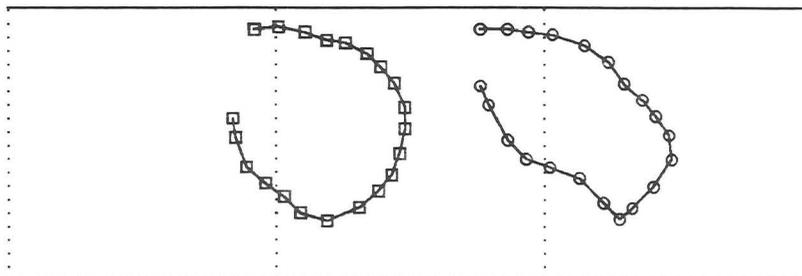
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Digitalización N°: 4

Sujeto: DAVID TAPIA

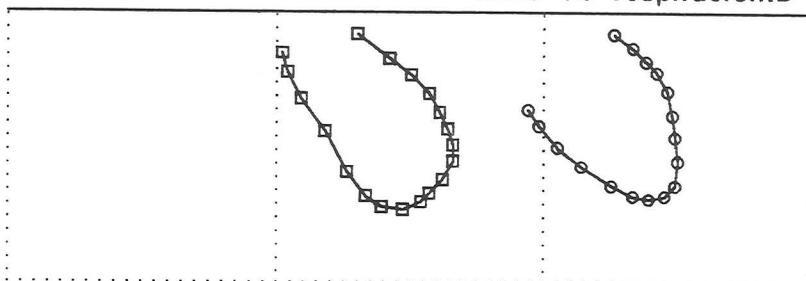
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 2C tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: DAVID TAPIA

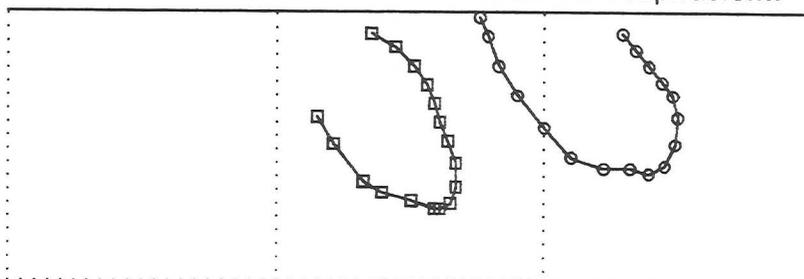
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 2C tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: DAVID TAPIA

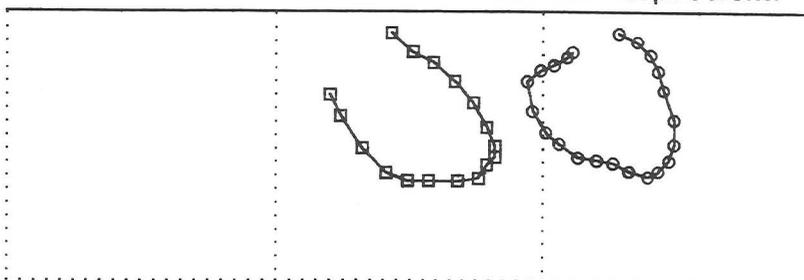
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 2C tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 2

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 5

Sujeto:DEVORA

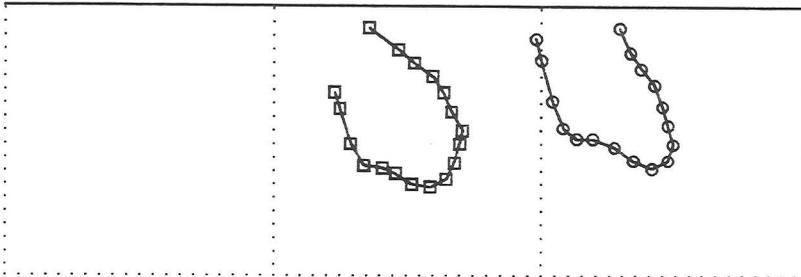
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:DEVORA

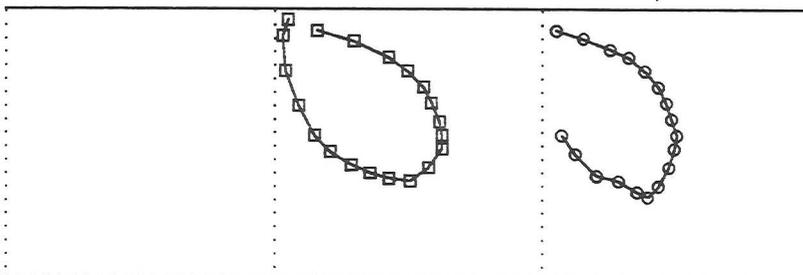
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:SIN DIGITALIZACION

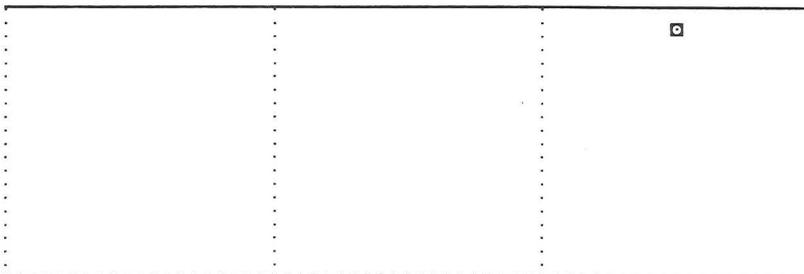
Brazo de Comienzo:*

Coordinación * tiempos

Respiración: *

Largo de piscina:*

Lado de respiración:*



Digitalización N°: 6

Sujeto:ESTHER

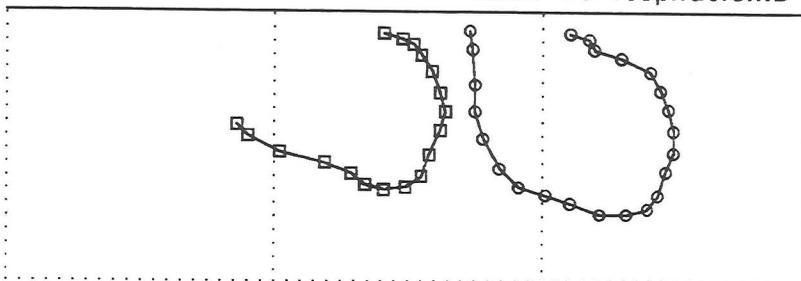
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:ESTHER

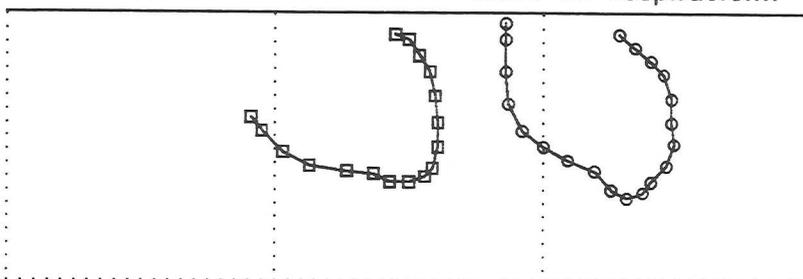
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:I



Sujeto:ESTHER

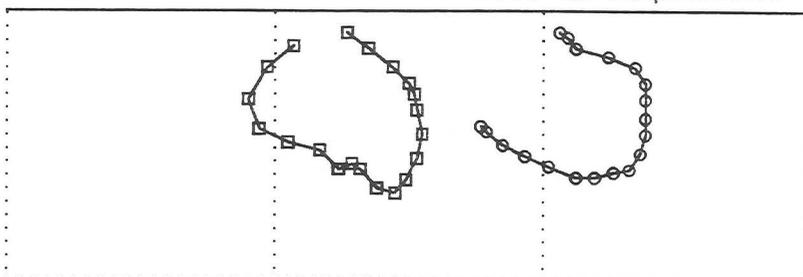
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:I



Digitalización N°: 8

Sujeto: JAVIER MORA

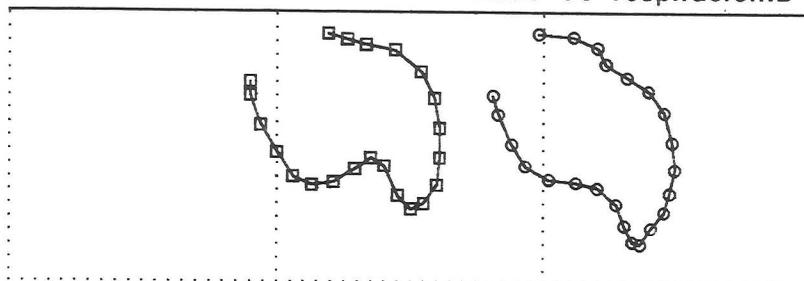
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 2 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: JAVIER MORA

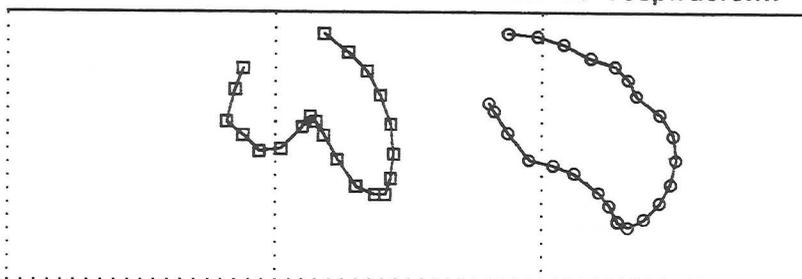
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 2 tiempos

Respiración: S

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: JAVIER

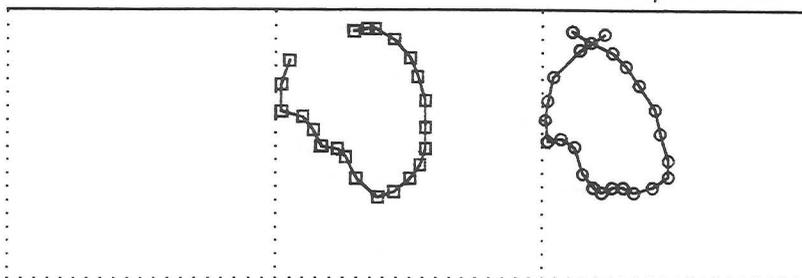
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 2

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 9

Sujeto: JUANJO

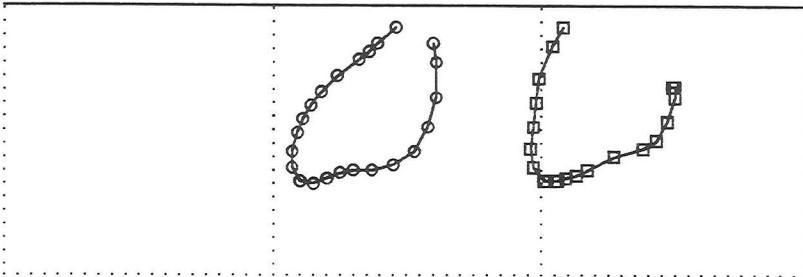
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 2 tiempos

Respiración: S2

Largo de piscina: 2

Lado de respiración: D



Sujeto: JUANJO

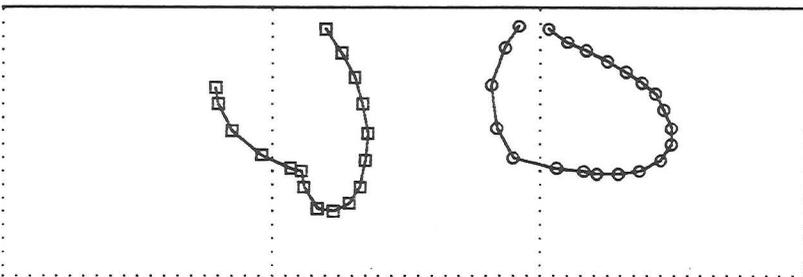
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: JUANJO

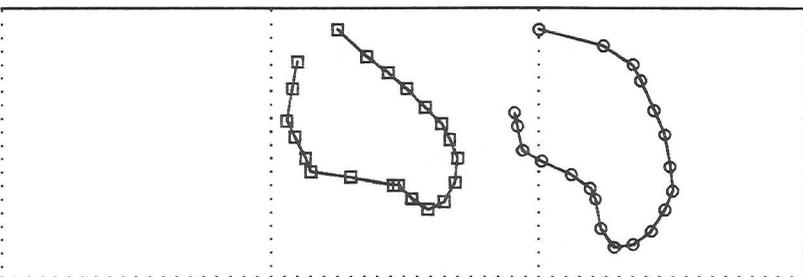
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 2 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 10

Sujeto: JUANMA

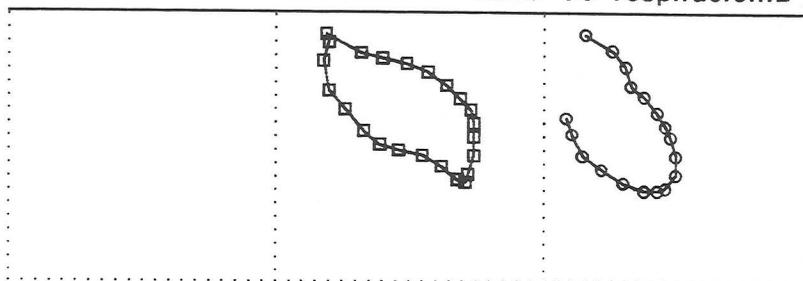
Brazo de Comienzo: D

Respiración: N

Coordinación 6 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: SIN DIGITALIZACION

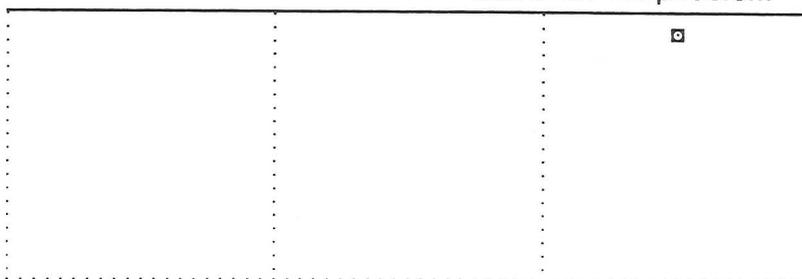
Brazo de Comienzo: *

Respiración: *

Coordinación * tiempos

Largo de piscina: *

Lado de respiración: *



Sujeto: JUAMMA NADAL

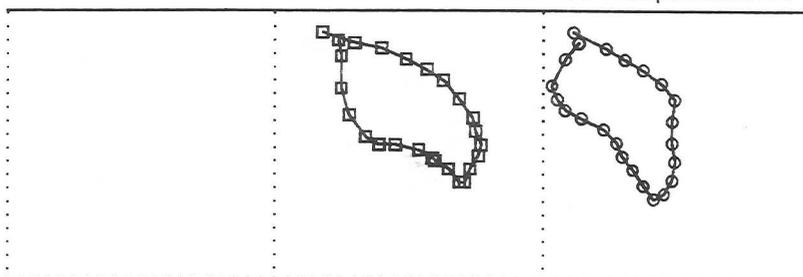
Brazo de Comienzo: D

Respiración: N

Coordinación 4-6 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Digitalización N°: 11

Sujeto:KIKI

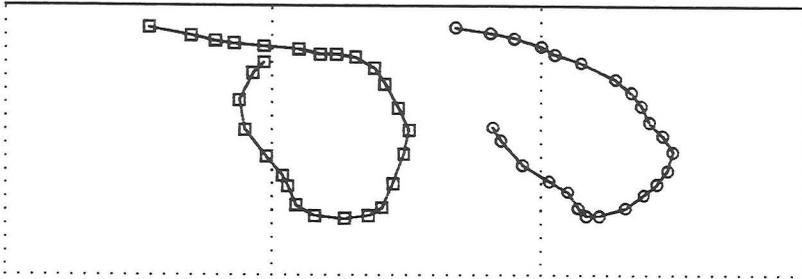
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:KIKI

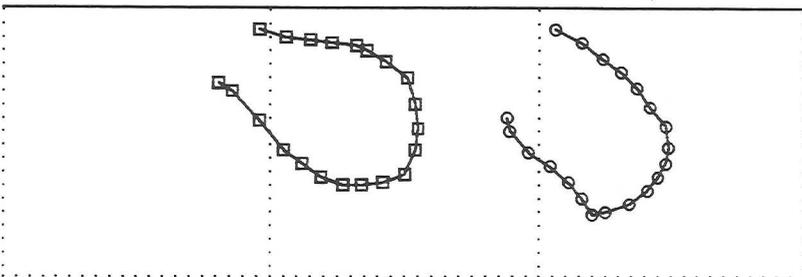
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:KIKI

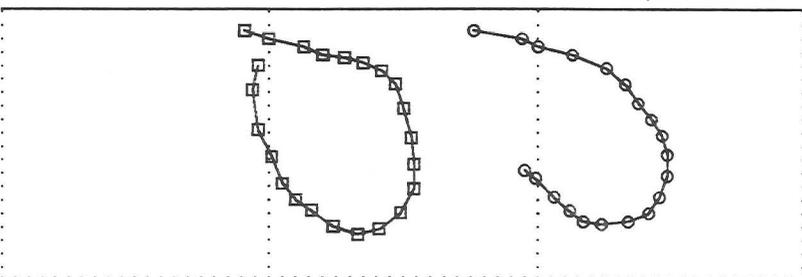
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina:1

Lado de respiración:I



Digitalización N°: 12

Sujeto:LOLY

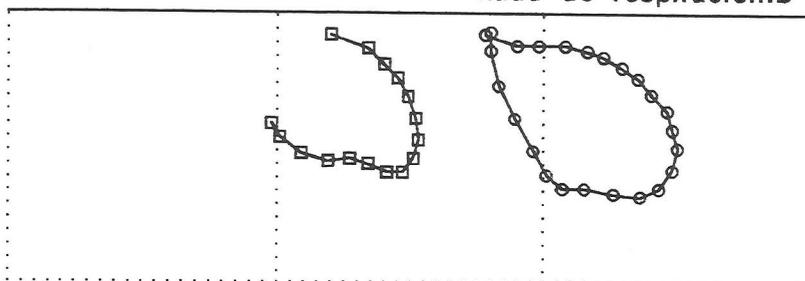
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:LOLY

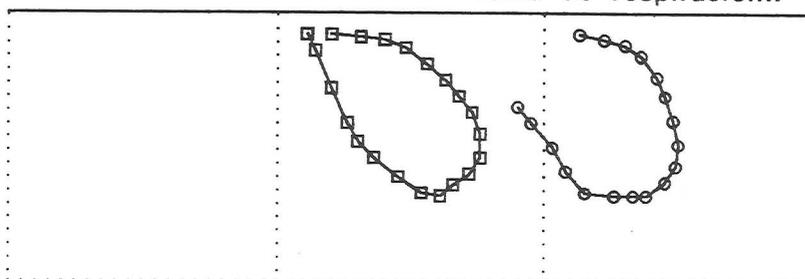
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina:1

Lado de respiración:I



Sujeto:LOLY

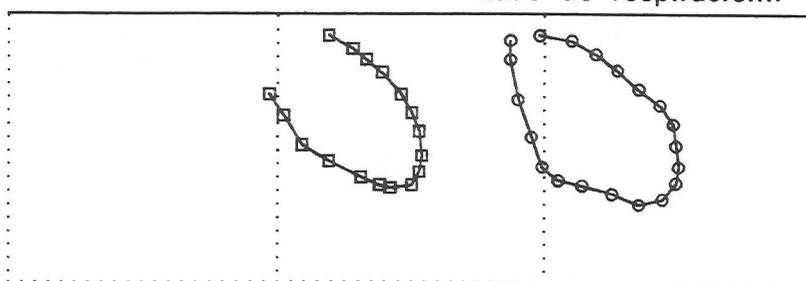
Brazo de Comienzo:I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina:1

Lado de respiración:I



Digitalización N°: 13

Sujeto: SIN DIGITALIZACION

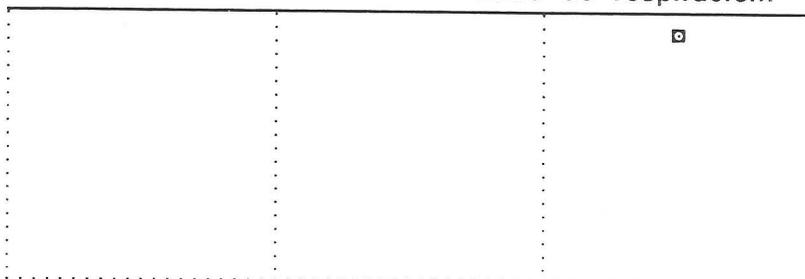
Brazo de Comienzo:*

Respiración: *

Coordinación * tiempos

Largo de piscina:*

Lado de respiración:*



Sujeto: NURIA

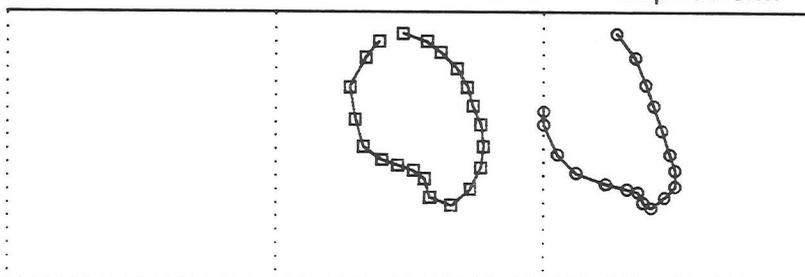
Brazo de Comienzo: D

Respiración: N

Coordinación 2 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: NURIA

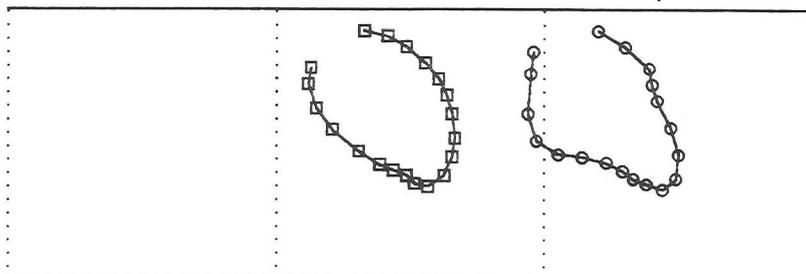
Brazo de Comienzo: D

Respiración: S2

Coordinación 2 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Digitalización N°: 14

Sujeto: PATRICIA PEÑA

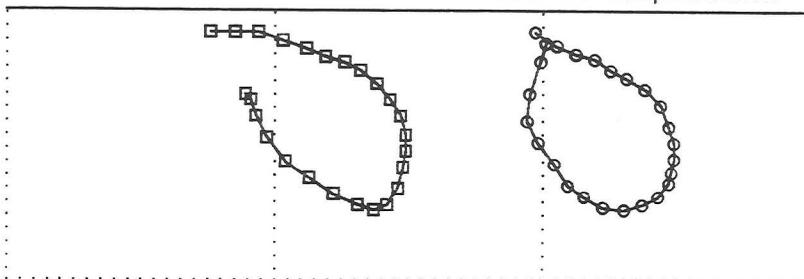
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: PATRICIA

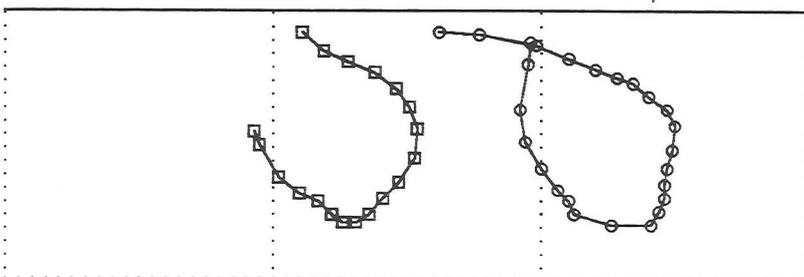
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: SIN DIGITALIZACION

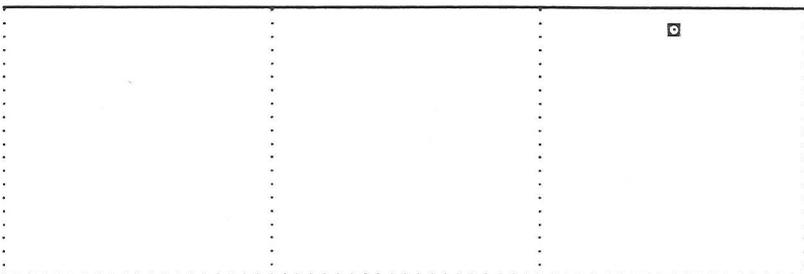
Brazo de Comienzo: *

Coordinación * tiempos

Respiración: *

Largo de piscina: *

Lado de respiración: *



Digitalización N°: 15

Sujeto:PILI

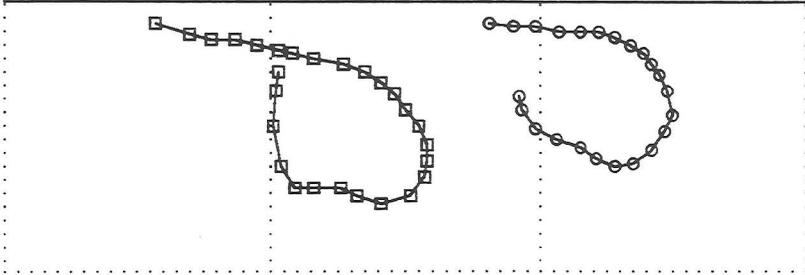
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Sujeto:SIN DIGITALIZACION

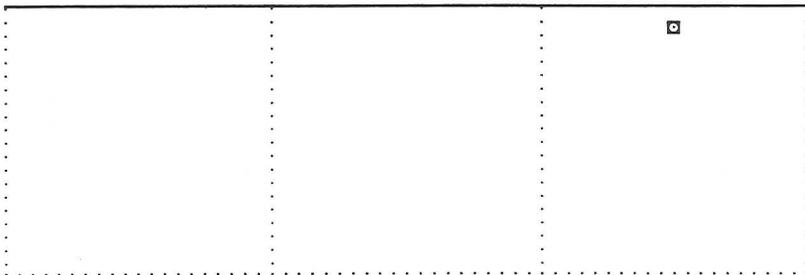
Brazo de Comienzo:*

Coordinación * tiempos

Respiración: *

Largo de piscina:*

Lado de respiración:*



Sujeto:PILI

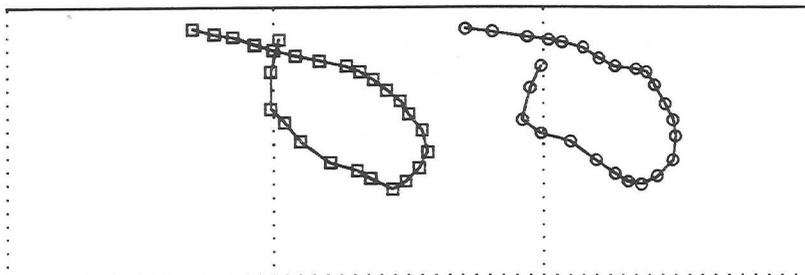
Brazo de Comienzo:D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina:1

Lado de respiración:D



Digitalización N°: 16

Sujeto: RAQUEL

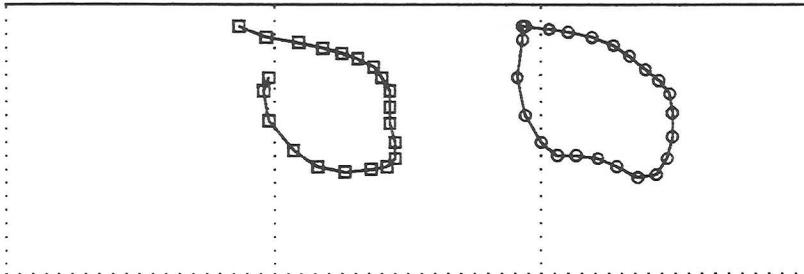
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: RAQUEL

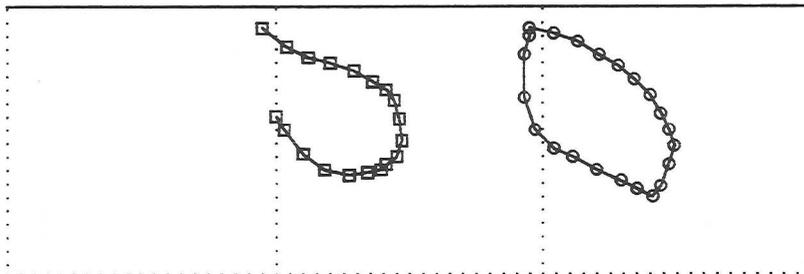
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S2

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: RAQUEL

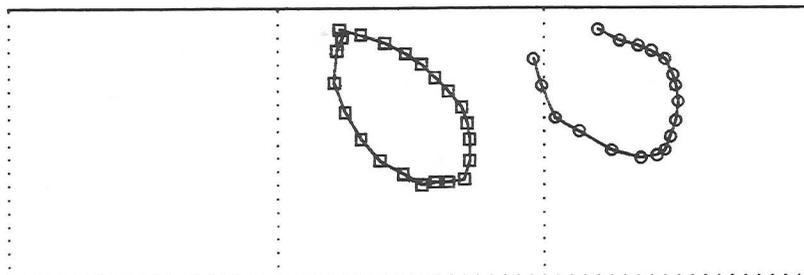
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S2

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 17

Sujeto: SANTIAGO VALENZUELA

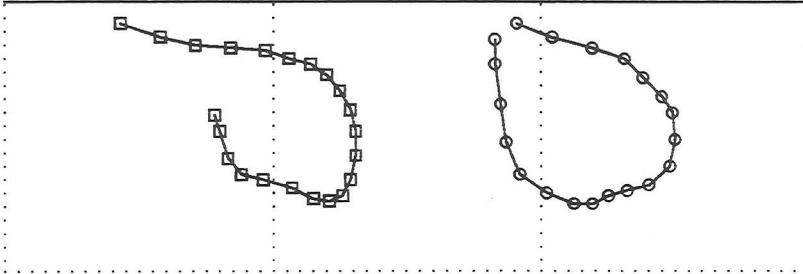
Brazo de Comienzo: I

Respiración: N

Coordinación 6 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: SANTIAGO VALENZUELA

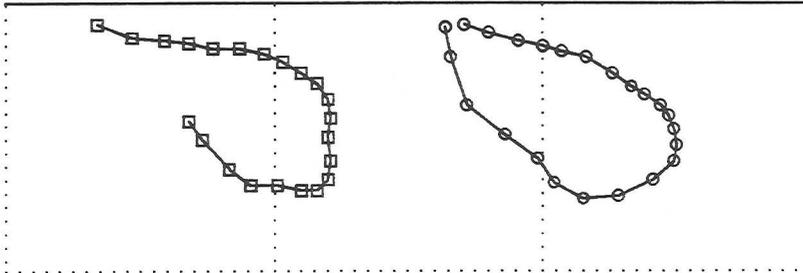
Brazo de Comienzo: I

Respiración: N

Coordinación 6 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Sujeto: SANTI

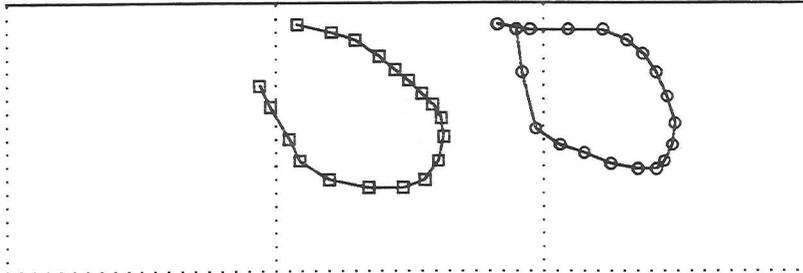
Brazo de Comienzo: I

Respiración: S2

Coordinación 6 tiempos

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



Digitalización N°: 18

Sujeto: VICTOR NADAL

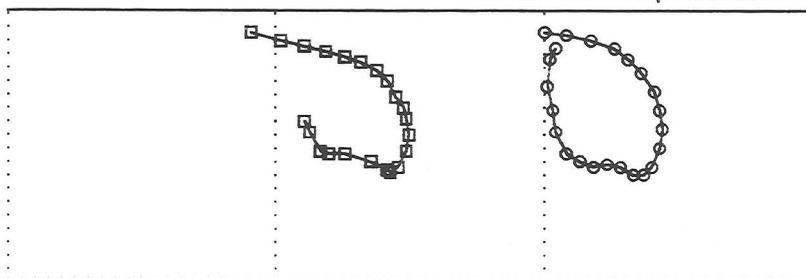
Brazo de Comienzo: D

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 2

Lado de respiración: D



Sujeto: VICTOR NADAL

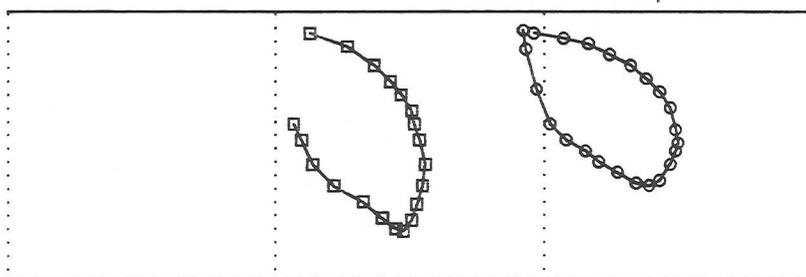
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 46 tiempos

Respiración: N

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: D



Sujeto: VICTOR

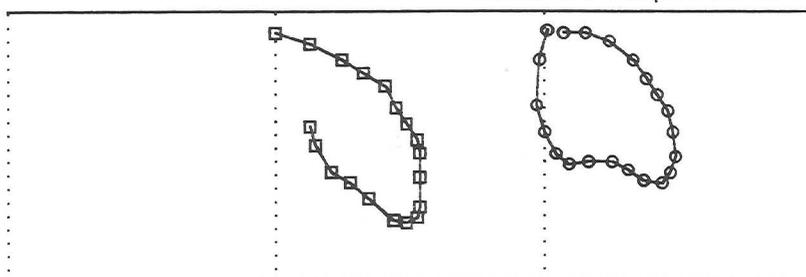
Brazo de Comienzo: I

Coordinación 6 tiempos

Respiración: S1

Largo de piscina: 1

Lado de respiración: I



ANEXO VI

TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS DEL EXPERIMENTO N° 2

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: PROFUNDIDAD TRAYECTORIA PROPULSIVA
MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,001	0,001	0,174	0,6882
ERROR	9	0,069	0,008		
Medida Repetida (B)	2	0,005	0,002	1,098	0,3549
A x B	2	0,003	0,001	0,592	0,5636
ERROR	18	0,039	0,002		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: PROFUNDIDAD TRAYECTORIA PROPULSIVA
MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,057	0,057	2,915	0,1219
ERROR	9	0,177	0,02		
Medida Repetida (B)	2	0,001	0,001	0,143	0,8679
A x B	2	0,001	0,0003	0,059	0,943
ERROR	18	0,094	0,005		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DIFERENCIA ENTRADA - PUNTO MAS ADELANTADO
MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,008	0,008	0,087	0,7748
ERROR	9	0,823	0,091		
Medida Repetida (B)	2	0,038	0,019	2,215	0,1381
A x B	2	0,013	0,007	0,765	0,4799
ERROR	18	0,154	0,009		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DIFERENCIA ENTRADA - PUNTO MAS ADELANTADO
MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,059	0,059	0,701	0,4242
ERROR	9	0,759	0,084		
Medida Repetida (B)	2	0,028	0,014	0,552	0,5854
A x B	2	0,017	0,009	0,338	0,7175
ERROR	18	0,458	0,025		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DIFERENCIA ENTRE PUNTO MAS ADELANTADO Y MAS ATRASADO
MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,009	0,009	0,645	0,4427
ERROR	9	0,123	0,014		
Medida Repetida (B)	2	0,052	0,0260	2,963	0,0772
A x B	2	0,021	0,011	1,193	0,3261
ERROR	18	0,159	0,009		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DIFERENCIA ENTRE PUNTO MAS ADELANTADO Y MAS ATRASADO
MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,0003	0,0003	0,019	0,8925
ERROR	9	0,147	0,016		
Medida Repetida (B)	2	0,005	0,002	0,635	0,5415
A x B	2	0,002	0,001	0,306	0,7405
ERROR	18	0,066	0,004		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: R
MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,033	0,033	0,437	0,5253
ERROR	9	0,69	0,077		
Medida Repetida (B)	2	0,116	0,058	3,697	0,0452
A x B	2	0,031	0,015	0,979	0,3949
ERROR	18	0,281	0,016		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: R
MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,068	0,068	0,686	0,4288
ERROR	9	0,892	0,099		
Medida Repetida (B)	2	0,038	0,019	0,588	0,5657
A x B	2	0,025	0,013	0,387	0,6847
ERROR	18	0,589	0,033		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RC
MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,006	0,006	0,303	0,5954
ERROR	9	0,173	0,019		
Medida Repetida (B)	2	0,2	0,1	3,28	0,061
A x B	2	0,102	0,051	1,664	0,2173
ERROR	18	0,55	0,031		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RC
MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,134	0,134	1,796	0,2131
ERROR	9	0,671	0,075		
Medida Repetida (B)	2	0,001	0,001	0,04	0,9606
A x B	2	0,014	0,007	0,398	0,6776
ERROR	18	0,323	0,018		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 50 M**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	95,208	95,208	8,639	0,0187
ERROR	8	88,161	11,02		
Medida Repetida (B)	2	4,536	2,268	3,652	0,0494
A x B	2	0,597	0,299	0,481	0,6269
ERROR	16	9,937	0,621		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,249	0,249	8,092	0,0217
ERROR	8	0,246	0,031		
Medida Repetida (B)	2	0,026	0,013	5,537	0,0149
A x B	2	0,001	0,0003	0,157	0,8561
ERROR	16	0,037	0,002		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: LONGITUD DE CICLO**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,295	0,295	2,984	0,1223
ERROR	8	0,791	0,099		
Medida Repetida (B)	2	0,004	0,002	0,328	0,7249
A x B	2	0,009	0,005	0,875	0,4358
ERROR	16	0,085	0,005		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FRECUENCIA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	2,05	2,05	0,11	0,7488
ERROR	8	149,242	18,655		
Medida Repetida (B)	2	21,688	10,844	1,332	0,2918
A x B	2	9,109	4,554	0,559	0,5824
ERROR	16	130,309	8,144		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 10 CICLOS**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	14556,141	14556,141	9,013	0,0149
ERROR	9	14535,22	1615,024		
Medida Repetida (B)	2	1496,794	748,397	13,857	0,0002
A x B	2	29,33	14,665	0,272	0,7653
ERROR	18	972,132	54,007		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 30 SEGUNDOS**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	4573,195	4573,195	3,546	0,0965
ERROR	8	10318,146	1289,768		
Medida Repetida (B)	2	213,222	106,611	3,642	0,0497
A x B	2	64,69	32,345	1,105	0,3553
ERROR	16	468,418	29,276		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA EN 30 S / FUERZA EN 10 CICLOS**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	372,802	372,802	11,986	0,0085
ERROR	8	248,835	31,104		
Medida Repetida (B)	2	147,622	73,811	4,102	0,0365
A x B	2	32,899	16,449	0,914	0,4208
ERROR	16	287,889	17,993		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 10 CICLOS
TEST 1 Y 2**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	7822,049	7822,049	7,826	0,0161
ERROR	12	11993,955	999,496		
Medida Repetida (B)	1	100,208	100,208	3,11	0,1032
A x B	1	93,246	93,246	2,894	0,1146
ERROR	12	386,626	32,219		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 10 CICLOS
TEST 2 Y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	9403,465	9403,465	7,97	0,0181
ERROR	10	11798,823	1179,882		
Medida Repetida (B)	1	649,376	649,376	9,208	0,0126
A x B	1	6,137	6,137	0,087	0,774
ERROR	10	705,219	70,522		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 10 CICLOS
TEST 1 Y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	9482,679	9482,679	8,28	0,013
ERROR	13	14887,525	1145,194		
Medida Repetida (B)	1	2273,293	2273,293	46,053	0,0001
A x B	1	6,459	6,459	0,131	0,7234
ERROR	13	641,715	49,363		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 30 SEGUNDOS
TEST 1 Y 2**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	3336,501	3336,501	4,377	0,0629
ERROR	10	7623,554	762,355		
Medida Repetida (B)	1	1,349	1,349	0,135	0,7211
A x B	1	8,028	8,028	0,803	0,3913
ERROR	10	10,001	10,001		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 30 SEGUNDOS
TEST 2 Y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	3581,376	3581,376	4,727	0,0524
ERROR	11	8334,921	757,72		
Medida Repetida (B)	1	250,108	250,108	10,503	0,0079
A x B	1	46,488	46,488	1,952	0,1899
ERROR	11	261,934	23,812		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MEDIA EN 30 SEGUNDOS
TEST 1 Y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	3380,362	3380,362	3,809	0,0747
ERROR	12	10648,227	887,352		
Medida Repetida (B)	1	290,508	290,508	7,86	0,0159
A x B	1	17,317	17,317	0,469	0,5067
ERROR	12	443,502	36,958		

ANEXO VIII

TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA
DE MEDIDAS REPETIDAS DEL EXPERIMENTO N° 3

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
GRUPO 1**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	6122,499	6122,499	3,057	0,1059
ERROR	12	24036,352	2003,029		
Medida Repetida (B)	2	4053,778	2026,889	147,721	0,0001
A x B	2	44,091	22,046	1,607	0,2214
ERROR	24	329,305	13,721		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA DE NADO EN 25 M
GRUPO 1**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,034	0,034	1,239	0,2944
ERROR	9	0,247	0,027		
Medida Repetida (B)	2	0,032	0,016	50,293	0,0001
A x B	2	0,001	0,0003	1,002	0,3866
ERROR	18	0,006	0,0003		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 25 M NADO ESTILO CROL
GRUPO 1**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	2,343	2,343	1,187	0,3043
ERROR	9	17,774	1,975		
Medida Repetida (B)	2	2,695	1,348	37,886	0,0001
A x B	2	0,04	0,02	0,557	0,5826
ERROR	18	0,64	0,036		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO
GRUPO 1**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,924	0,924	8,125	0,0146
ERROR	12	1,365	0,114		
Medida Repetida (B)	2	1,19	0,595	134,581	0,0001
A x B	2	0,01	0,005	1,129	0,34
ERROR	24	0,106	0,004		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
GRUPO 2**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,062	0,062	0,0003	0,9852
ERROR	5	822,422	164,484		
Medida Repetida (B)	1	682,504	682,504	142,05	0,0001
A x B	1	2,734	2,734	0,569	0,4846
ERROR	5	24,023	4,805		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA DE NADO EN 25 M
GRUPO 2**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,079	0,079	0,031	0,8679
ERROR	5	12,859	2,572		
Medida Repetida (B)	1	2,2	2,2	8,43	0,0337
A x B	1	0,013	0,013	0,049	0,8342
ERROR	5	1,305	0,261		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 25 M NADO ESTILO CROL
GRUPO 2**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,079	0,079	0,031	0,8679
ERROR	5	12,859	2,572		
Medida Repetida (B)	1	2,2	2,2	8,43	0,0337
A x B	1	0,013	0,013	0,049	0,8342
ERROR	5	1,305	0,261		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
MEDICION 1 Y MEDICION 2 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	7861,41	7861,41	7,638	0,0124
ERROR	19	19555,35	1029,23		
Medida Repetida (B)	1	3063,18	3063,18	261,549	0,0001
A x B	1	9,03	9,04	0,772	0,3906
ERROR	19	222,52	11,71		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
MEDICION 1 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	5490,41	5490,41	4,073	0,0647
ERROR	13	17523,75	1347,98		
Medida Repetida (B)	1	3885,15	3885,15	271,646	0,0001
A x B	1	11,04	11,04	0,772	0,3956
ERROR	13	185,93	14,30		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
MEDICION 2 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	2474,82	2474,82	1,856	0,1946
ERROR	14	18665,44	1333,25		
Medida Repetida (B)	1	220,59	220,59	14,497	0,0019
A x B	1	26,86	26,86	1,765	0,2052
ERROR	14	213,04	15,22		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA DE NADO EN 25 M
MEDICION 1 Y MEDICION 2 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,196	0,196	8,223	0,0107
ERROR	17	0,405	0,024		
Medida Repetida (B)	1	0,026	0,026	28,265	0,0001
A x B	1	0,001	0,001	0,913	0,3527
ERROR	17	0,016	0,001		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA DE NADO EN 25 M
MEDICION 1 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,036	0,036	1,514	0,2467
ERROR	10	0,237	0,024		
Medida Repetida (B)	1	0,025	0,025	155,665	0,0001
A x B	1	0,0004	0,0004	2,978	0,1151
ERROR	10	0,002	0,0001		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: VELOCIDAD MEDIA DE NADO EN 25 M
MEDICION 2 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,069	0,069	3,376	0,0876
ERROR	14	0,285	0,02		
Medida Repetida (B)	1	0,00006	0,00006	0,184	0,6741
A x B	1	0,00003	0,00003	0,11	0,745
ERROR	14	0,005	0,0003		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO
MEDICION 1 Y MEDICION 2 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	1,285	1,285	15,709	0,0009
ERROR	18	1,472	0,082		
Medida Repetida (B)	1	0,84	0,84	205,11	0,0001
A x B	1	0,004	0,004	1,046	0,32
ERROR	18	0,074	0,004		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO
MEDICION 1 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,704	0,704	8,56	0,0127
ERROR	12	0,987	0,082		
Medida Repetida (B)	1	1,071	1,071	191,559	0,0001
A x B	1	0,001	0,001	0,223	0,6454
ERROR	12	0,067	0,006		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE MEDIDAS REPETIDAS
CON EL SEXO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO
MEDICION 2 Y MEDICION 3 (GRUPO 1)**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
SEXO (A)	1	0,76	0,76	10,093	0,0067
ERROR	14	1,055	0,075		
Medida Repetida (B)	1	0,063	0,063	15,98	0,0013
A x B	1	0,007	0,007	1,833	0,1972
ERROR	14	0,055	0,004		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
CON EL SEXO Y GRUPO COMO FACTORES DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 25 M
GRUPOS 1,2 y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Gupos (A)	2	438,261	219,131	55,248	0,0001
Sexo (B)	1	76,32	76,32	19,242	0,0001
A • B	2	18,622	9,311	2,348	0,1025
Error	76	301,437	3,966		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
CON EL SEXO Y GRUPO COMO FACTORES DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO
GRUPOS 1,2 y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Gupos (A)	2	42195,888	21097,944	65,875	0,0001
Sexo (B)	1	10683,194	10683,194	33,357	0,0001
A • B	2	4274,543	2137,272	6,673	0,0021
Error	76	24340,6	320,271		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
CON EL SEXO Y GRUPO COMO FACTORES DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO
GRUPOS 1,2 y 3**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Gupos (A)	2	3,452	1,726	29,406	0,0001
Sexo (B)	1	0,998	0,998	17	0,0001
A • B	2	0,051	0,025	0,434	0,6497
Error	70	4,109	0,059		

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: PESO CORPORAL**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	5408,685	2704,342	33,235	0,0001
Intra Grupos	40	3254,794	81,37		
Total	42	8663,479			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	9,71	p<0,05
Grupo 1 vs 3	9,859	p<0,05
Grupo 2 vs 3	8,007	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: ESTATURA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	3701,209	1850,605	31,363	0,0001
Intra Grupos	41	2419,263	59,006		
Total	43	6120,472			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	15,052	p<0,05
Grupo 1 vs 3	3,905	p<0,05
Grupo 2 vs 3	31,362	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DINAMOMETRIA DE LA MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	6776,904	3388,452	67,583	0,0001
Intra Grupos	40	2005,514	50,138		
Total	42	8782,419			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	18,129	p<0,05
Grupo 1 vs 3	21,711	p<0,05
Grupo 2 vs 3	63,24	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DIANAMOMETRIA DE LA MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	5971,497	2985,748	61,992	0,0001
Intra Grupos	40	1926,55	48,164		
Total	42	7898,047			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	15,261	p<0,05
Grupo 1 vs 3	21,39	p<0,05
Grupo 2 vs 3	57,207	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: ENVERGADURA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	5004,761	2502,381	30,416	0,0001
Intra Grupos	41	3373,15	82,272		
Total	43	8377,912			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	13,956	p<0,05
Grupo 1 vs 3	4,222	p<0,05
Grupo 2 vs 3	30,407	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: EDAD**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1198,182	599,091	139,561	0,0001
Intra Grupos	41	176	4,293		
Total	42	1374,182			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	3,883	p<0,05
Grupo 1 vs 3	93,441	p<0,05
Grupo 2 vs 3	95,844	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA MAXIMA A VELOCIDAD CERO**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	29233,899	14616,949	31,328	0,0001
Intra Grupos	44	20529,615	466,582		
Total	46	49763,514			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	27,001	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,216	n.s.
Grupo 2 vs 3	24,513	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 25 M**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	220,144	110,072	41,355	0,0001
Intra Grupos	44	117,112	2,662		
Total	46	337,256			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	35,21	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,091	n.s.
Grupo 2 vs 3	32,912	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS MASCULINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA / PESO**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	2,323	1,161	15,986	0,0001
Intra Grupos	39	2,833	0,073		
Total	41	5,156			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	9,164	p<0,05
Grupo 1 vs 3	13,347	p<0,05
Grupo 2 vs 3	0,099	n.s.

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: PESO CORPORAL**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	2254,811	1127,406	30,538	0,0001
Intra Grupos	31	1144,473	36,918		
Total	33	3399,284			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	24,003	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,082	n.s.
Grupo 2 vs 3	20,021	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: ESTATURA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1902,303	951,152	21,585	0,0001
Intra Grupos	31	1366,057	44,066		
Total	33	3268,36			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	13,224	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,415	n.s.
Grupo 2 vs 3	17,73	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DINAMOMETRIA DE LA MANO DERECHA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1396,56	698,28	18,076	0,0001
Intra Grupos	31	1197,558	38,631		
Total	33	2594,118			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	7,583	p<0,05
Grupo 1 vs 3	1,937	n.s.
Grupo 2 vs 3	17,039	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: DINAMOMETRIA DE LA MANO IZQUIERDA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1116,486	558,243	16,328	0,0001
Intra Grupos	31	1056,897	34,19		
Total	33	2176,382			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	8,971	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,665	n.s.
Grupo 2 vs 3	14,168	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: ENVERGADURA**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1843,569	921,785	12,081	0,0001
Intra Grupos	31	2365,353	76,302		
Total	33	4208,922			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	8,193	p<0,05
Grupo 1 vs 3	0,06	n.s.
Grupo 2 vs 3	9,254	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: EDAD**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	592,731	296,365	143,016	0,0001
Intra Grupos	31	64,62	2,072		
Total	33	656,971			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	30,81	p<0,05
Grupo 1 vs 3	39,764	p<0,05
Grupo 2 vs 3	142,959	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: FUERZA PROPULSIVA MAXIMA A VELOCIDAD CERO**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	15831,712	7915,856	66,468	0,0001
Intra Grupos	32	3810,986	119,093		
Total	34	19642,697			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	66,468	p<0,05
Grupo 1 vs 3	17,636	p<0,05
Grupo 2 vs 3	12,264	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: TIEMPO EN 25 M**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	229,224	114,612	19,897	0,0001
Intra Grupos	32	184,325	5,76		
Total	34	413,549			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	19,447	p<0,05
Grupo 1 vs 3	2,899	n.s.
Grupo 2 vs 3	6,223	p<0,05

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA
DE LOS SUJETOS FEMENINOS
CON EL GRUPO COMO FACTOR DE AGRUPAMIENTO
VARIABLE: RELACION FUERZA MAXIMA /PESO**

Fuente de Variación	g.l.	Suma de Cuadr.	Media Cuadr.	F	p
Entre Grupos	2	1,313	0,656	15,948	0,0001
Intra Grupos	31	1,276	0,041		
Total	33	2,588			

POST-HOC TEST (SCHEFFE)

	F	p
Grupo 1 vs 2	11,241	p<0,05
Grupo 1 vs 3	12,758	p<0,05
Grupo 2 vs 3	0,198	n.s.

ANEXO VIII

PROGRAMAS UTILIZADOS

```

!*****
!*** Programa para realizar las graficas con los datos ****
!*** de los registros del experimento n° 2 ****
!*** Impresión Registros de 10 Ciclos ****
!*** Raúl Arellano Colomina ****
!*** Realizado en Microsoft QuickBasic para Macintosh ***
!*****

```

```

CALL TEXTFONT(22):CALL TEXTFACE(1)
DIM R(3,3100),C(3100)

```

```

PROGRAMA:
CLEAR

```

```

LOCATE 10,20: INPUT "Nº de Registros: ";NR
NR=3
FOR I=1 TO NR:LOCATE 12+(2*I),20:INPUT "Nombre Fichero: ";FS(I):NEXT I
FS(1)="JAV2.30N":FS(2)="JAV1.30N":FS(3)="S4.RAN"
CLS
FOR I=1 TO NR
LOCATE 10,10:PRINT "Estoy leyendo Fichero ";I
GOSUB LECTURA
NEXT I:CLS
GOSUB ESTADISTICA
GOSUB IMPRESION
LOCATE 10,10:INPUT"OTRO REGISTRO: (S/N): ";XXS
IF XXS="S" OR XXS="s" THEN GOTO PROGRAMA

```

```

FIN:
END

```

```

LECTURA:

```

```

' Lectura de los ficheros de los registros

```

```

NFS="RAUL HD:1Tesis:1FicherosTesis:"+FS(I)
OPEN NFS FOR INPUT AS#1
WHILE NOT EOF(1)
C(I)=C(I)+1
INPUT #1, RS: R(I,C(I))=VAL(RS)
IF R(I,C(I))=0 THEN C(I)=C(I)-1
WEND
CLOSE#1

```

```

RETURN

```

```

ESTADISTICA:

```

```

FOR I=1 TO NR
LOCATE 10,10:PRINT "Estoy calculando Media Total ";I
MAX(I)=0
FOR j=1 TO C(I)
S(I)=S(I)+R(I,j):SC(I)=SC(I)+R(I,j)*R(I,j)
MEDIA(I)=S(I)/C(I):V(I)=(C(I)*SC(I)-S(I)*S(I))/C(I)/(C(I)-1):ST(I)=SQR(V(I))
IF R(I,j)>MAX(I) THEN MAX(I)=R(I,j)
NEXT j:NEXT I

```

```

RETURN

```

```

IMPRESION:

```

```

WINDOW 1,"Gráficos",(0,0)-(1000,1500):SOUND 700,16,127,0
OPEN "lpt1:prompt" FOR OUTPUT AS #1
WINDOW OUTPUT#1
CALL TEXTSIZE(14)
CALL PENSIZE(2,2)
GOSUB DibujoZona
GOSUB DibujoEjes
GOSUB DibujoNumEjes

```

```

TEXTSIZE (18)
GOSUB PrintDatos
TEXTSIZE (14)
GOSUB PrintResultados
GOSUB GraficoReg

```

```

CLOSE#1
RETURN

```

```

DibujoZona:
    LINE (100,200)-(1000,1075),,B
    LINE (100,300)-(1000,300)
    LINE (100,850)-(1000,850)

```

```

RETURN

```

```

DibujoEjes:
    FOR j=0 TO 2: K=j*150
        LINE (150,350+K)-(150,450+K)
    FOR I=0 TO 4 :LINE (150-5 ,350+(I*20)+K)-(150+5,350+(I*20)+K):NEXT I
        LINE (150,450+K)-(950,450+K)
    FOR I=0 TO 8: LINE (150+(I*100), 450-5+K)-(150+(I*100),450+5+K):NEXT I
    NEXT j

```

```

RETURN

```

```

PrintDatos:
    TEXTFACE(3)
    MOVETO 150, 230:PRINT "EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo

```

```

Crol (V=0)"
    FOR F=1 TO NR: MOVETO 150+((F-1)*300), 260
    PRINT "Registro: ";F;"=";FS(F):NEXT F
    MOVETO 150,290: PRINT "Frecuencia: 300 Hz Duración: 10 Ciclos"
    TEXTFACE(1)

```

```

RETURN

```

```

GraficoReg:
    FOR I=1 TO 3: JJ=0
    CALL MOVETO (150,(450+(150*(I-1)))-(R(I,j)/5))
    FOR j=1 TO C(I) STEP 3
    JJ=JJ+1: CALL LINETO (151+JJ,(449+(150*(I-1)))-(R(I,j)/5))
    NEXT j: NEXT I

```

```

RETURN

```

```

DibujoNumEjes:
    FOR I=0 TO 2
    MOVETO 120,335+(150*I):PRINT "Fuerza (Nw *100)"
    MOVETO 510,490+(150*I):PRINT "Tiempo (s)"
    NEXT I
    GG=0
    FOR j=0 TO 2
    FOR I= 0 TO 4
    MOVETO 120,437-(I*20)+(150*j)
    GG=GG+1
    PRINT I+1
    NEXT I
    NEXT j
    FOR j=0 TO 2
    FOR I=0 TO 8
    MOVETO 134+(I*100),470 +(150*j)
    PRINT I*1.5
    NEXT I:NEXT j

```

```

RETURN

```

```

PrintResultados:
  V=900:HO=200
  FOR h=0 TO NR-1
    MOVETO HO+(h*250),V :PRINT "Nº de REGISTROS=";C(h+1)
    MOVETO HO+(h*250),V+30:PRINT "SUMA =";INT(S(h+1))
    MOVETO HO+(h*250),V+60:PRINT "MEDIA TOTAL =":PRINT USING
"####.##";MEDIA(h+1)::PRINT" Nw"
    MOVETO HO+(h*250),V+90:PRINT "D.T. TOTAL =":PRINT USING "####.##";ST(h+1)
    MOVETO HO+(h*250),V+120:PRINT "Máximo =" ::PRINT USING
"####.##";MAX(h+1)::PRINT" Nw"
  NEXT h
RETURN

```

```

*****
*** Programa para realizar las graficas con los datos *****
*** de los registros del experimento n° 2 *****
*** Impresión Registros de 30 S *****
*** Raúl Arellano Colomina *****
*** Realizado en Microsoft QuickBasic para Macintosh ***
*****

```

```

CALL TEXTFONT(22):CALL TEXTFACE(1)
DIM R(3,3100),C(3100)

```

```

PROGRAMA:
CLEAR

```

```

LOCATE 10,20: INPUT "Nº de Registros: ";NR
NR=3
FOR I=1 TO NR:LOCATE 12+(2*I),20:INPUT "Nombre Fichero: ";F$(I):NEXT I
F$(1)="JAV2.30N":F$(2)="JAVI.30N":F$(3)="S4.RAN"
CLS
FOR I=1 TO NR
LOCATE 10,10:PRINT "Estoy leyendo Fichero ";I
GOSUB LECTURA
NEXT I:CLS
GOSUB ESTADISTICA
GOSUB IMPRESION
LOCATE 10,10:INPUT"OTRO REGISTRO: (S/N): ";XXS
IF XXS="S" OR XXS="s" THEN GOTO PROGRAMA

```

```

FIN:
END

```

```

LECTURA:

```

```

' Lectura de los ficheros de los registros

```

```

NFS="RAUL HD:1Tesis:1FicherosTesis:"+F$(I)
OPEN NFS FOR INPUT AS#1
WHILE NOT EOF(1)
C(I)=C(I)+1
INPUT #1, RS: R(I,C(I))=VAL(R$)
IF R(I,C(I))=0 THEN C(I)=C(I)-1
WEND
CLOSE#1

```

```

RETURN

```

```

ESTADISTICA:

```

```

FOR I=1 TO NR
LOCATE 10,10:PRINT "Estoy calculando Media Total ";I
MAX(I)=0
FOR j=1 TO C(I)
S(I)=S(I)+R(I,j):SC(I)=SC(I)+R(I,j)*R(I,j)
MEDIA(I)=S(I)/C(I):V(I)=(C(I)*SC(I)-S(I)*S(I))/C(I)/(C(I)-1):ST(I)=SQR(V(I))
IF R(I,j)>MAX(I) THEN MAX(I)=R(I,j)
NEXT j:NEXT I
GOSUB CalcMediasParciales

```

```

RETURN

```

```

IMPRESION:

```

```

WINDOW 1,"Gráficos", (0,0)-(1000,1500):SOUND 700,16,127,0
OPEN "lpt1:prompt" FOR OUTPUT AS #1
WINDOW OUTPUT#1
CALL TEXTSIZE(14)
CALL PENSIZE(2,2)
GOSUB DibujoZona
GOSUB DibujoEjes

```

```

GOSUB DibujoNumEjes
TEXTSIZE (18)
GOSUB PrintDatos
TEXTSIZE (14)
GOSUB PrintResultados
GOSUB GraficoReg
GOSUB ImprimirMediasParc
CLOSE#1

```

RETURN

DibujoZona:

```

LINE (100,200)-(1000,1450),,B
LINE (100,300)-(1000,300)
LINE (100,850)-(1000,850)

```

RETURN

DibujoEjes:

```

FOR j=0 TO 2: K=j*150
  LINE (150,350+K)-(150,450+K)
FOR I=0 TO 4 :LINE (150-5 ,350+(I*20)+K)-(150+5,350+(I*20)+K):NEXT I
  LINE (150,450+K)-(950,450+K)
FOR I=0 TO 8: LINE (150+(I*100), 450-5+K)-(150+(I*100),450+5+K):NEXT I
NEXT j

```

RETURN

PrintDatos:

```

TEXTFACE(3)
MOVETO 150, 230:PRINT "EXPERIMENTO N°2 Registro de Fuerza Propulsiva en Natación Estilo

```

Crol (V=0)"

```

FOR F=1 TO NR: MOVETO 150+((F-1)*300), 260
PRINT "Registro:";F;"=";F$(F):NEXT F
MOVETO 150,290: PRINT "Frecuencia: 100 muestras/s Duración: 30 s"
TEXTFACE(1)

```

RETURN

GraficoReg:

```

FOR I=1 TO 3: JJ=0
CALL MOVETO (150,(450+(150*(I-1)))-(R(I,j)/5))
FOR j=2 TO C(I) STEP 4
JJ=JJ+1: CALL LINETO (151+JJ,(449+(150*(I-1)))-(R(I,j)/5))
NEXT j: NEXT I

```

RETURN

DibujoNumEjes:

```

FOR I=0 TO 2
MOVETO 120,335+(150*I):PRINT "Fuerza (Nw *100)"
MOVETO 510,490+(150*I):PRINT "Tiempo (s)"
NEXT I
GG=0
FOR j=0 TO 2
FOR I=0 TO 4
MOVETO 120,437-(I*20)+(150*j)
GG=GG+1
PRINT I+1
NEXT I
NEXT j
FOR j=0 TO 2
FOR I=0 TO 7
MOVETO 134+(I*100),470 +(150*j)
PRINT I*4
NEXT I:NEXT j

```

RETURN

CalcMediasParciales:

```

CLS:FOR I=1 TO NR
LOCATE 10,10:PRINT "Estoy calculando Medias Parciales de ";I
T(I)=INT(C(I)/5)
FOR K=1 TO 5
LOCATE 12,10:PRINT "Estoy calculando Media Parcial ";K
FOR j=T(I)*(K-1)+1 TO T(I)*K
S1(I,K)=S1(I,K)+R(I,j)
NEXT j
MED(I,K)=S1(I,K)/T(I)
NEXT K:NEXT I
RETURN

ImprimirMediasParc:
LINE (100,1075)-(1000,1075)
LINE (300,1350)-(775,1350)
LINE (300,1350)-(300,1150)
FOR I=0 TO 9 :LINE (300-5 ,1150+(I*20))-(300+5,1150+(I*20)):NEXT I
FOR I=0 TO 4 :LINE (375+(I*100) ,1350-5)-(375+(I*100) ,1350+5):NEXT I

V=1150:HO=200
GG=0
FOR I= 0 TO 9
MOVETO 258,1333-(I*20)
GG=GG+20
PRINT USING "###";GG
NEXT I
FOR I=0 TO 4
MOVETO 362+(I*100),1375
PRINT I+1
NEXT I
MOVETO 200,1125:PRINT "Fuerza Media en intervalos de 6 s (Nw)"
MOVETO 510,1400:PRINT "Intervalo"
FOR I=0 TO 2
CALL MOVETO (800,1150+(40*I))
CALL LINETO (900,1150+(40*I))
XX=850:YY=1150+(40*I)
ON I+1 GOSUB DibCruz,DibCirc,DibCuadra
MOVETO 910,1153+(40*I):PRINT "Reg.":I+1
NEXT I
FOR I=1 TO NR
K=1
XX=275+(100*K):YY=1250-((MED(I,K))-100)
ON I GOSUB DibCruz,DibCirc,DibCuadra
CALL MOVETO (XX,YY)
FOR K=2 TO 5
XX=275+(100*K):YY=1250-((MED(I,K))-100)
CALL LINETO (XX,YY)
ON I GOSUB DibCruz,DibCirc,DibCuadra
NEXT K:NEXT I
RETURN

DibCirc:
CIRCLE (XX,YY),4
RETURN
DibCuadra:
LINE (XX-3,YY-4)-(XX+3,YY+4),,B
RETURN

DibCruz:
RETURN

PrintResultados:
V=900:HO=200
FOR h=0 TO NR-1

```

```
MOVETO HO+(h*250),V :PRINT "Nº de REGISTROS=";C(h+1)
MOVETO HO+(h*250),V+30:PRINT "SUMA =";INT(S(h+1))
MOVETO HO+(h*250),V+60:PRINT "MEDIA TOTAL =";:PRINT USING
"####.##";MEDIA(h+1);:PRINT " Nw"
MOVETO HO+(h*250),V+90:PRINT "D.T. TOTAL =";:PRINT USING "####.##";ST(h+1)
MOVETO HO+(h*250),V+120:PRINT "Máximo =" :;PRINT USING
"####.##";MAX(h+1);:PRINT " Nw"
NEXT h
RETURN
```

Esta Tesis Doctoral se ha escrito utilizando un Macintosh SE/30 y el procesador de textos Word 4.0, usándose la impresora HP DeskWriter. Las gráficas se han realizado con los programas Macdraw II, SuperPaint 2.0, Excel 2.2 y DeltaGraph. Los tipos utilizados han sido: Times 12 puntos y Helvética 10 puntos.