

5.24. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

La Dinámica de Sistemas se aplica de forma especial en aquellos sistemas donde existen procesos de realimentación. En este ejercicio en cambio veremos su aplicación a un sistema lineal, sin bucles de realimentación, para ver así como también es posible aplicar esta técnica a este tipo de entornos de análisis.

La incorporación de la Dinámica de Sistemas en el área de conocimiento del entrenamiento deportivo se revela hoy, como una metodología apropiada y óptima para facilitar su comprensión y posterior aplicación. Dada la capacidad que posee el pensamiento sistémico de leer y entender la complejidad, éste se constituye en una tecnología adecuada para la organización y planificación de los métodos de entrenamiento actuales, los cuales están basados en las adaptaciones biológicas que provocan en el deportista.

Esta circunstancia indica el objetivo de este estudio, el cual posee la intención de crear un modelo de gestión del entrenamiento de las diversas manifestaciones de la fuerza mostrando tanto su estructura –interrelación-, como la función que éstas describen en el tiempo.

En primer lugar es necesario incorporar el concepto mecánico de la fuerza y expresar sus relaciones funcionales, a continuación se formulan las expectativas del modelo que se pretende construir, para posteriormente pasar a desarrollarlo destacando sus elementos y describiendo su estructura. Quedando bien entendido que dicha descripción, se basa tanto en la descripción gráfica del comportamiento del sistema, como en la descripción numérica de las diferentes manifestaciones de la fuerza. Finalmente, en las conclusiones, se destaca el cúmulo del entrenamiento de cada manifestación de la fuerza representada por sus respectivos niveles, y expresados en las ecuaciones explícitas de la recta correspondientes a cada nivel.

El sistema de entrenamiento deportivo moderno ha seguido el paradigma científico que ha dado a luz a la mayoría de los métodos de investigación de la ciencia moderna, desde su origen hasta la actualidad. El método experimental ha ocasionado una verdadera revolución en el conocimiento del mundo y sus leyes, por el hombre, cuyo reduccionismo ha marcado totalmente una era científica: resolver y reducir los fenómenos complejos en procesos y partes más elementales.

Este paradigma funcionó magníficamente como metodología de resolución en los problemas que presentan pocas variables. No obstante, los problemas cuyo planteamiento implicaba a múltiples variables, encontraron enormes dificultades de resolución, por ejemplo: la organización del ser vivo.

De esta manera, el concepto que ayuda a intentar una respuesta a dicha pregunta es el de *complejidad*. El proceso de aparición de un sistema responde en su conjunto al

problema de reducción de lo complejo, basado en mecanismos selectivos que éstos establecen para relacionarse con sus ambientes o sus medios. En este sentido, el entrenamiento moderno conforma un sistema de entramados y estructuras organizativas que se aproximan a lo que intuimos por complejidad.

Podemos advertir que hoy en día, hay algo que a primera vista nos suele inquietar y que reconocemos como norma o patrón de lo que nos rodea en la vida diaria: vivimos en un *mundo complejo*. La Meteorología, la Economía, una Familia, una Célula, un País, un Ecosistema, el Deporte etc., evidentemente son fenómenos que a todas luces son distintos, sin embargo tienen algo en común: son fenómenos que poseen complejidad.

El concepto de sistema es parte de un constructo teórico que se puede plantear como una nueva forma de ver el mundo. Esto conlleva no sólo una manera distinta de hacer ciencia, sino también, como una nueva posibilidad de actuar dentro de un medio que se torna cada vez más complicado. Una vez realizada esta tarea, queda pasar a describir lo que se entiende por sistema.

La característica fundamental de un proyecto de entrenamiento es que hay un trabajo que hacer, y que éste se va realizando progresivamente. Es necesario pues introducir en el modelo un mecanismo que nos cuantifique y elabore la dinámica del proceso cuando el proyecto se termine. Los retrasos que se producen son de naturaleza compleja y obedecen a ascendentes de fatiga o inhibición a las cargas frente a las lesiones y cuya causa suele ser descubierta cuando van a realizarse otros entrenamientos posteriores.

De la misma manera, en todo proyecto de entrenamiento existe una fecha de finalización que suele ser la competición deportiva, que va a condicionar el ritmo de trabajo y la cantidad y calidad de los medios de entrenamiento, es decir, la tasa de energía mecánica empleada. Desde esta perspectiva, se puede considerar a la Dinámica de Sistemas como una metodología apropiada para el conocimiento de las relaciones entre los diferentes sistemas de entrenamiento deportivo y sus adaptaciones funcionales (Olaso, 1998).

Desde el punto de vista de la física:

$$F = m \cdot a$$

Esta expresión constituye la segunda ley de Newton, y se conoce como *principio de acción de fuerzas*, y representa el eje fundamental de la dinámica, la cual dice que *la fuerza que actúa sobre un cuerpo es igual al producto de la aceleración que adquiere por una constante, característica de cada cuerpo, a la que denominamos masa*. La expresión anterior recibe el nombre de *ecuación fundamental de la dinámica*.

Desde otro punto de vista, el de la fisiología, la fuerza consiste en la tensión generada por el músculo, por lo tanto es algo interno que puede tener relación con un objeto -carga o resistencia- externa o no:

- La magnitud de la deformación es un indicador del estrés producido por las fuerzas que son causa de la deformación.
- Con lo que la tensión muscular se puede definir como el grado de estrés mecánico producido en el eje longitudinal del músculo cuando las fuerzas internas tienden a estirar las moléculas de las estructuras musculares y tendinosas.

Existen pues, dos fuentes esenciales:

1. Fuerzas internas (músculos esqueléticos)
2. Fuerzas externas (peso, resistencia al desplazamiento-deformación, movimiento de los cuerpos)

Como resultado de la interacción de las dos fuentes surge el concepto de *fuerza aplicada*, que no es más que el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas. Lo que resulta muy interesante desde el punto de vista deportivo, es el conocer en que medida la fuerza interna se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas.

De la fuerza aplicada depende el valor de la potencia que se pueda generar, la cual representa para el rendimiento físico el factor determinante del resultado deportivo, tanto cuando la potencia debe de ser máxima en ciertas condiciones, como cuando debe de mantenerse en un tiempo establecido. En este sentido, fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo (González, 2000).

- Cuya expresión es la fuerza isométrica máxima (FIM).
- Y la fuerza dinámica máxima (FDM); 1RM (máximo peso que un individuo puede desplazar una sola vez en una serie); “maximum maximorum” como expresión de la máxima fuerza aplicada.

Siguiendo este patrón y desde la perspectiva general de la ciencia, conocemos como las relaciones que existen entre las variables que intervienen en un problema, constituyen el instrumento explicativo por excelencia a la hora de analizar los fenómenos. La idea de que una variable depende de otra es, pues, una de las nociones básicas del conocimiento científico.

La expresión analítica de un modelo se logra a partir de una o varias funciones, que no es más que el recurso matemático empleado para indicar la existencia de una relación cualquiera entre variables. De esta manera, para indicar que una variable *depende* de otra, se dice que una *es función* de la otra.

La función que liga las variables x e y es *directa* o *creciente* cuando a un incremento/decremento de la primera le corresponde un incremento/decremento de la segunda. Contrariamente, se calificará como *inversa* o *decreciente* cuando el signo de los cambios sea contrario, o sea, cuando a una variación positiva de x se le asocie una variación negativa de y . Por lo tanto, la *función lineal* es la representación teórica más simple que puede adoptar la relación entre dos variables. A eso vamos, a considerar el

interés que nos suscita progresar hacia un modelo sistémico del entrenamiento de la Fuerza Dinámica Máxima (FDM), y en el que se relacionen los elementos que lo constituyen; éstos son:

- FDMrel-H = Fuerza dinámica máxima relativa (hipertrofia).
- FDMrel-CI = Fuerza dinámica máxima relativa (coordinación intramuscular).
- FDMrel-Ex = Fuerza dinámica máxima relativa (explosiva).
- FDMrel-Re = Fuerza dinámica máxima relativa (refleja).

Determinados los entrenamientos que se deben realizar, se hace necesario introducir una tasa de entrenamiento –energía mecánica- con la que operar en el tiempo. Dicha tasa determinará el ritmo y el comportamiento en la ejecución del mismo.

Las repeticiones y las sesiones que se dediquen a la adaptación biológica, junto a la potencia y la intensidad relativa que se propone en ellas, conforman el flujo de entrada hacia el nivel de saturación de las distintas manifestaciones de la fuerza que se pretenden desarrollar. La unidad de medida es el $TRIMP$ –impulsos de entrenamiento- (Banister y Calver, 1980) adaptado a nuestro proyecto. Con ello, el modelo deberá experimentar un retraso de tercer grado en detectar los fallos y ausencias del entrenamiento, el cual, en nuestro caso, será coyuntural.

El estudio de las ecuaciones nos debe revelar el complemento entre todas las manifestaciones de la fuerza dinámica máxima relativa, donde el valor inicial (0) de cada nivel de fuerza aumente a medida que se va acumulando el entrenamiento en la proporción determinada por el Flujo-rel. , y su suma debe ser equivalente al total del *nivel previsto* - Total FDM-rel-. Por su parte las Carga-rel., deben establecer una relación basada en la fórmula modificada de valoración de la carga de entrenamiento de las unidades de impulsos de entrenamiento – $TRIMP$ -.

Originalmente nos basaremos en una tasa de trabajo y de repeticiones, concretas para cada manifestación de la fuerza, que es la esperada para cumplir el periodo de 12 semanas, que vendría a ser el tiempo necesario para que concluya el entrenamiento a un ritmo constante –la elección de las 12 semanas no es arbitraria y se debe a las aportaciones experimentales que indican que el período de tiempo más propicio para el desarrollo de la fuerza máxima, hipertrofia, no debe de exceder las 10-12 semanas; pero sin tener en cuenta las incidencias que probablemente aparecen a lo largo de la realización del proyecto.

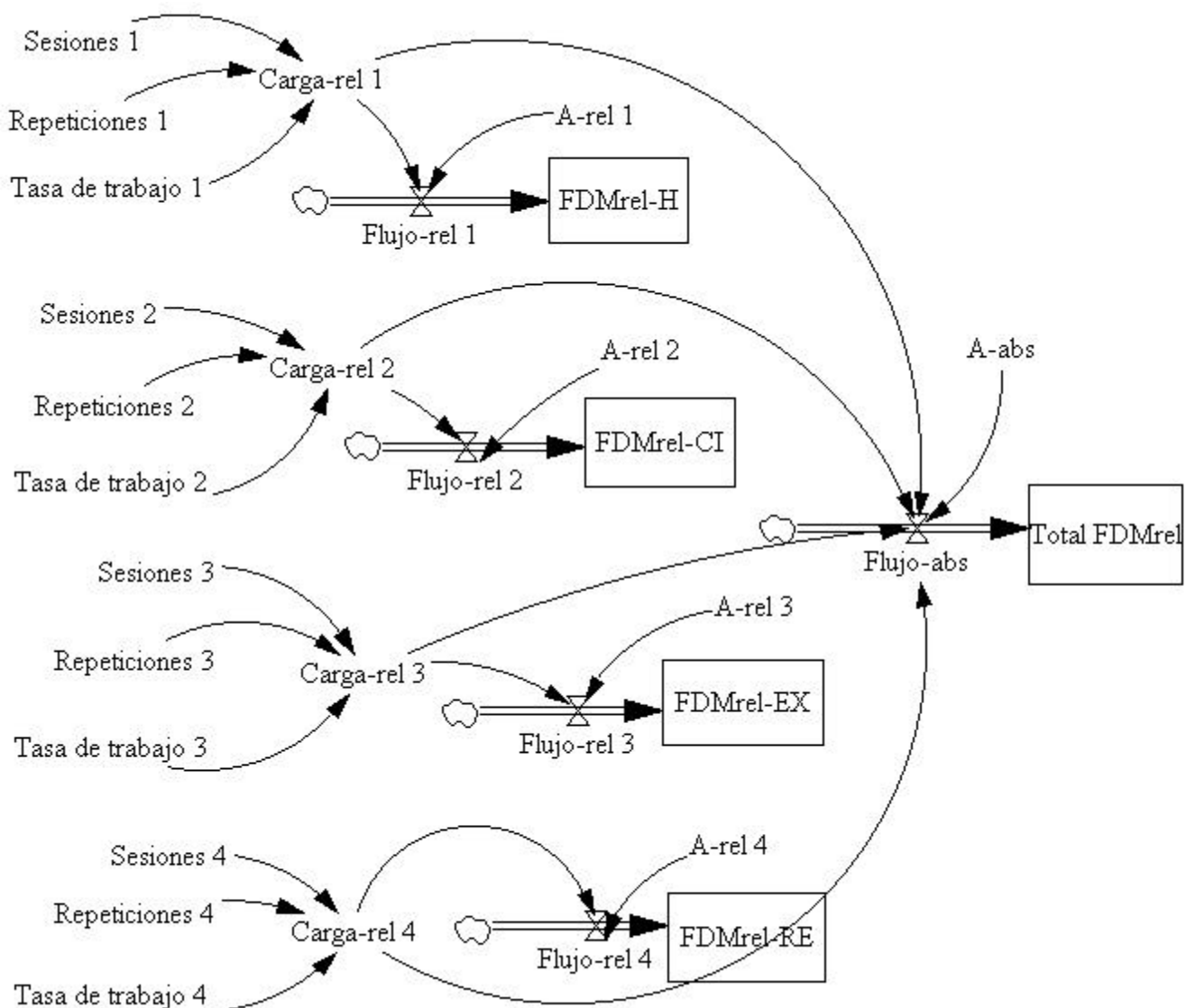
Entonces para considerar la necesidad de desacelerar el avance del entrenamiento por la acumulación de entrenamientos previstos y/o lesiones u otros requerimientos no explícitos, es necesario determinar un retraso exponencial de tercer orden - $DELAY3I(I,T,N)$ -, en el que empezamos la simulación en el valor N en vez del I.

El resultado final debe de ser el entrenamiento requerido en unidades $TRIMP$, cuya función deberá indicar la realización del entrenamiento total para terminar justo en el plazo previsto de 12 semanas. Los niveles: FDMrel-H – hipertrofia- FDMrel-CI –coordinación intramuscular-; FDMrel-EX –explosiva-; FDMrel-RE –refleja-; Total FDM-rel –total fuerza dinámica máxima relativa-; se corresponden con la cantidad de unidades que se

debe realizar para concluir el proyecto, partiendo de una previsión de tareas para cada manifestación de la fuerza [Trimp].

Del mismo modo los flujos: Flujo rel-1; Flujo rel-2; Flujo rel-3; Flujo rel-4; Flujo-abs; nos indican los recursos de carga de entrenamiento semanal hacia el nivel de manifestación de fuerza previsto, tanto de forma relativa como absoluta [Trimp/semana].

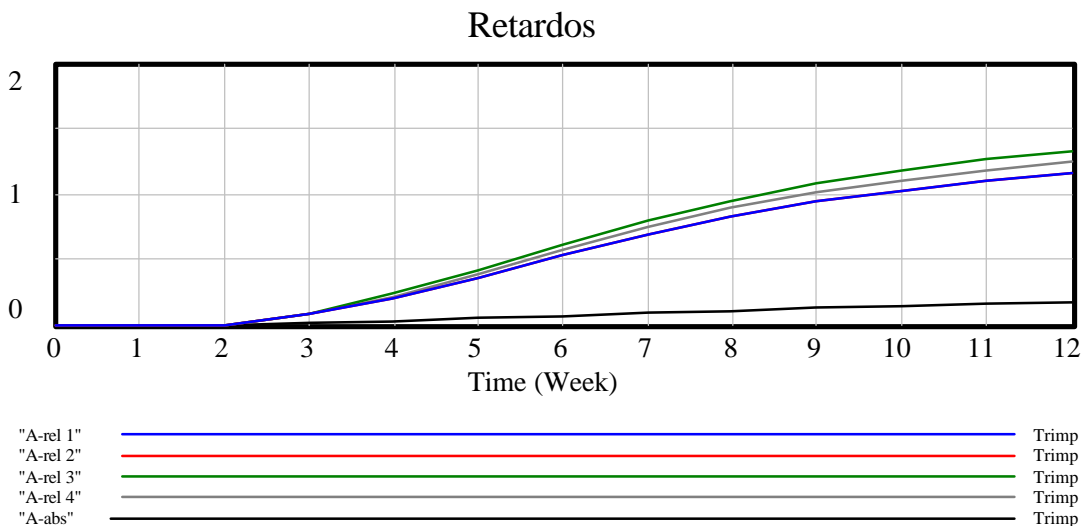
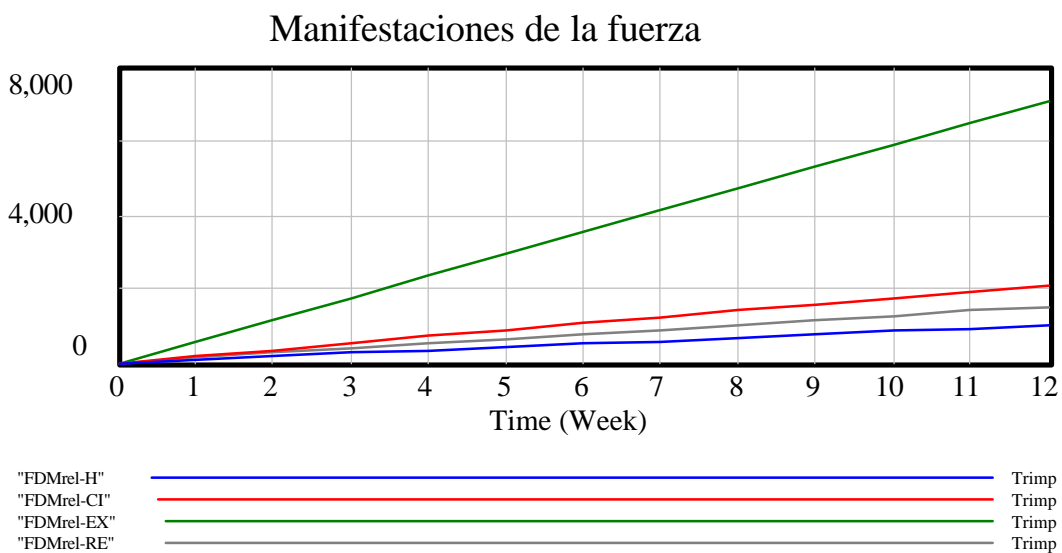
Las constantes: Tasa de trabajo 1; Tasa de trabajo 2; Tasa de trabajo 3; Tasa de trabajo 4; Sesiones 1; Sesiones 2; Sesiones 3; Sesiones 4; etc., son expresiones de valores numéricos concretos que inciden en las variables auxiliares [KJ] [nº sesiones].



Por su lado, éstas últimas, las variables auxiliares: Repeticiones 1; Repeticiones 2; Repeticiones 3; Repeticiones 4; cubren e inciden de manera directa en las cargas relativas de entrenamiento. Cerrándose de esta manera los bucles previstos.

No obstante, se aprecia la incorporación de ciertas variables auxiliares: A-rel 1; A-rel 2; A-rel 3; A-rel 4; A-abs, que inciden en la exigencia de calidad, matizando la asimilación de la carga con retrasos de tercer grado [Trimp].

En realidad el centro del sistema se corresponde con las variables auxiliares: Carga-rel 1; Carga-rel 2; Carga-rel 3; Carga-rel 4. Estas variables se constituyen en el eje del entrenamiento habitual del deportista y, su incidencia en los flujos, determina la acumulación de la carga en los diferentes niveles [Trimp].



Como conclusión podemos indicar que las expectativas del modelo se cumplen. Los distintos niveles de las manifestaciones de la fuerza, así como el nivel total de acumulación del entrenamiento en el periodo de 12 semanas, adquieren la forma de una función lineal creciente del tipo $y = mx + n$, y se representan por la recta resultante que se conoce como *ecuación explícita de la recta*, donde m es la pendiente y n es la ordenada en el origen, y en la cual se observa como las unidades -TRIMP- de cada nivel progresan de forma lineal, aunque no todas siguen la misma pauta -pendiente- dependiendo del valor cuantitativo de las diferentes constantes.

$$\begin{aligned} \text{FDMrel-H } y &= 84,461x - 1,1927 \\ \text{FDMrel-CI}y &= 173,26x - 1,1927 \\ \text{FDMrel-EX}y &= 588,53x - 1,3761 \\ \text{FDMrel-RE } y &= 126,5x - 1,2844 \\ \text{Total FDMrel } y &= 970,86x - 0,1562 \end{aligned}$$

La aplicación de estos procesos viene determinada por la capacidad de simulación del sistema. El técnico deportivo puede modificar las variables auxiliares y las constantes a su voluntad, y así comparar las posibilidades de la gestión del entrenamiento de la fuerza, que se verán reflejadas en los comportamientos de los flujos y los niveles de cada una de las manifestaciones de la fuerza propuestas.

Es en este sentido que la toma de decisión resulta incuestionable; pero nos debe de resultar obvio que las simulaciones se constituyen en claras alternativas del actual empirismo en la aplicación de los contenidos del entrenamiento deportivo.

Debemos también comprender, que no puede existir un modelo de aplicación exclusivo y eliminatorio respecto de los demás, y que todos constituyen alternativas posibles en la gestión del entrenamiento. La razón de ser de cada una de ellas, es función directa de la toma de decisión en la coyuntura en la que nos veamos involucrados.

Se muestran a continuación las ecuaciones de este modelo.

(01) "A-abs"= DELAY3I(0.2,9,0) Units: Trimp Retraso en el tercer grado del entrenamiento. Se trata de una medida convencional.	Units: Trimp Retraso en el tercer grado del entrenamiento. Se trata de una medida convencional.
(02) "A-rel 1"= DELAY3I(1.3,8,0) Units: Trimp Retraso en el tercer grado del entrenamiento. Se trata de una medida convencional.	(04) "A-rel 3"= DELAY3I(1.5,8,0) Units: Trimp Retraso en el tercer grado del entrenamiento. Se trata de una medida convencional.
(03) "A-rel 2"= DELAY3I(1.3,8,0)	(05) "A-rel 4"= DELAY3I(1.4,8,0) Units: Trimp

Retraso en el tercer grado del
entrenamiento.
Se trata de una medida convencional.

(06) "Carga-rel 1"= Repeticiones
1*Potencia 1/1000
Units: Trimp
Unidades TRIMP

(07) "Carga-rel 2"= Repeticiones
2*Potencia 2/1000
Units: Trimp
Unidades TRIMP

(08) "Carga-rel 3"= Repeticiones
3*Potencia 3/1000
Units: Trimp
Unidades TRIMP

(09) "Carga-rel 4"= Repeticiones
4*Potencia 4/1000
Units: Trimp
Unidades TRIMP

(10) "FDMrel-CI"= INTEG ("Flujo-rel
2",0)
Units: Trimp
Nivel de desarrollo de la fuerza relativa a
dicha manifestación

(11) "FDMrel-EX"= INTEG ("Flujo-rel
3",0)
Units: Trimp
Nivel de desarrollo de la fuerza relativa a
dicha manifestación

(12) "FDMrel-H"= INTEG ("Flujo-rel
1",0)
Units: Trimp
Nivel de desarrollo de la fuerza relativa a
dicha manifestación

(13) "FDMrel-RE"= INTEG ("Flujo-rel
4",0)
Units: Trimp
Nivel de desarrollo de la fuerza relativa a
dicha manifestación

(14) FINAL TIME = 12

(15) "Flujo-abs"= ("Carga-rel 1"+"Carga-
rel 2"+"Carga-rel 3"+"Carga-rel 4")+ "A-
abs"
Units: Trimp/semana
Impulso de entrenamiento: relación entre
el volumen y la intensidad del
entrenamiento

(16) "Flujo-rel 1"= "Carga-rel 1"+"A-rel
1"
Units: Trimp/semana
Impulso de entrenamiento: relación entre
el volumen y la intensidad del
entrenamiento

(17) "Flujo-rel 2"= "Carga-rel 2"+"A-rel
2"
Units: Trimp/semana
Impulso de entrenamiento: relación entre
el volumen y la intensidad del
entrenamiento

(18) "Flujo-rel 3"= "Carga-rel 3"+"A-rel
3"
Units: Trimp/semana
Impulso de entrenamiento: relación entre
el volumen y la intensidad del
entrenamiento

(19) "Flujo-rel 4"= "Carga-rel 4"+"A-rel
4"
Units: Trimp/semana
Impulso de entrenamiento: relación entre
el volumen y la intensidad del
entrenamiento

(20) INITIAL TIME = 0

(21) Potencia 1= 1200
Units: W
Potencia a la que se efectúa cada
repetición

(22) Potencia 2= 2200

Units: W
Potencia a la que se efectúa cada repetición

(23) Potencia 3= 1267
Units: W
Potencia a la que se efectúa cada repetición

(24) Potencia 4= 1178
Units: W
Potencia a la que se efectúa cada repetición

(25) Repeticiones 1= 15*Sesiones 1*Tasa de trabajo 1
Units: nº repeticiones

(26) Repeticiones 2= 8*Sesiones 2*Tasa de trabajo 2
Units: nº repeticiones

(27) Repeticiones 3= 30*Sesiones 3*Tasa de trabajo 3
Units: nº repeticiones

(28) Repeticiones 4= 35*Sesiones 4*Tasa de trabajo 4
Units: nº repeticiones

(29) SAVEPER = TIME STEP

(30) Sesiones 1= 14
Units: nº sesiones

(31) Sesiones 2= 24
Units: nº sesiones

(32) Sesiones 3= 28
Units: nº sesiones

(33) Sesiones 4= 12
Units: nº sesiones

(34) Tasa de trabajo 1= 0.4
Units: KJ

Cantidad de energía que es capaz de emplear el atleta por repetición

(35) Tasa de trabajo 2= 0.9
Units: KJ
Cantidad de energía que es capaz de emplear el atleta por repetición

(36) Tasa de trabajo 3= 0.7
Units: KJ
Cantidad de energía que es capaz de emplear el atleta por repetición

(37) Tasa de trabajo 4= 0.3
Units: KJ
Cantidad de energía que es capaz de emplear el atleta por repetición

(38) TIME STEP = 1

(39) Total FDMrel= INTEG ("Flujo-abs",0)
Units: Trimp
Nivel de desarrollo de la fuerza

