

# Instrumentación

## PLATAFORMA DINAMOMÉTRICA DINASCAN-IBV®

Por Juan V. Hoyos, José Montero, Juan Manuel Belda,  
Gabriel Brizuela y Javier Sánchez-Lacuesta

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

**D**INASCAN-IBV® es una plataforma dinamométrica diseñada para medir, registrar y analizar las cargas de acción-reacción, típicamente fuerzas sobre el suelo al caminar, correr y saltar o durante cualquier otra actividad dinámica o de equilibrio.

Una plataforma dinamométrica (o de fuerzas) es un instrumento para medir las fuerzas de acción-reacción que se ejercen sobre ella transformándolas en señales eléctricas. Su utilización generalizada como herramienta fundamental por parte de grupos de investigación en Biomecánica se ha producido a lo largo de los últimos veinte años, en paralelo con su progresiva introducción en el ámbito del diagnóstico y evaluación de tratamientos de patologías del aparato locomotor y como herramienta para el control y mejora de la técnica deportiva.

Las plataformas DINASCAN-IBV están instrumentadas mediante cuatro captadores extensométricos, cuyo buen comportamiento a frecuencias bajas y alta linealidad los hace particularmente indicados para el estudio de movimientos humanos. Cada captador dispone de ocho galgas extensométricas, siendo cuatro de ellas sensibles a cargas verticales y las otras cuatro a esfuerzos en una dirección horizontal. Se configuran, como es usual, en puente de Wheatstone, con lo que se compensan las influencias debidas a cambios de temperatura. La disposición de las galgas en el captador obedece a estudios realizados mediante modelado por elementos finitos y anula la sensibilidad



cruzada teórica entre ambas direcciones de medida. Dos de los cuatro captadores de la plataforma son sensibles a fuerzas longitudinales (además de las verticales) y los otros dos absorben cargas transversales además de las verticales. De este modo es posible medir fuerzas en las tres direcciones del espacio.

Cada plataforma incorpora un módulo interno de amplificación que proporciona señales analógicas de alto nivel lo que la hace más inmune a las perturbaciones electromagnéticas.

Cuando se incide sobre una plataforma dinamométrica, la fuerza ejercida sobre la misma se reparte entre los cuatro captadores, que generan las correspondientes señales electrónicas en función de la carga asumida por cada uno de ellos. A partir de la ecuaciones de equilibrio estático de la placa superior de la plataforma se realiza el cálculo de las tres componentes de la fuerza de reacción, las coordenadas del punto de aplicación de la fuerza vertical resultante y el momento tórsor en cada instante de tiempo.

La calibración de las plataformas DINASCAN-IBV se realiza en

los laboratorios del Instituto de Biomecánica de Valencia mediante máquinas de ensayo previamente calibradas y verificadas periódicamente.

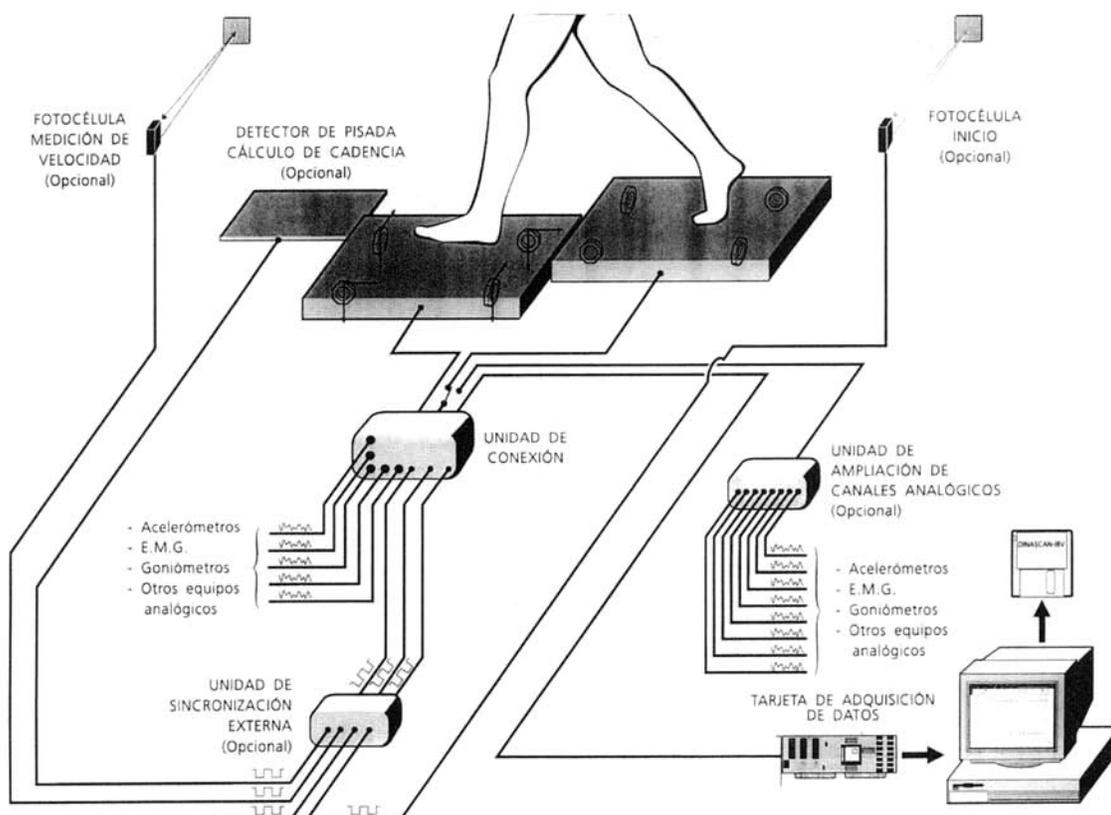
Para impedir el deslizamiento o el apoyo no uniforme es conveniente fijar las plataformas rigidamente al suelo. En algunas aplicaciones donde el sujeto ejerce fuerzas horizontales de escasa magnitud es suficiente con garantizar un apoyo estable del instrumento, como es el caso de la mayoría de estudios del equilibrio. Para la realización de estudios sobre plataformas dinamométricas se recomienda que el individuo desconozca la ubicación exacta de las mismas, con objeto de impedir la tendencia natural a pisar sobre su centro, lo cual desvirtuaría la naturalidad del proceso.

El equipo de medida DINASCAN-IBV consta de una o dos plataformas interconectadas, más ciertos accesorios, algunos de ellos opcionales, que complementan y amplían sus prestaciones. En concreto podemos citar:

- Una o dos plataformas dinamométricas
- Placa de asiento, que permite



# Instrumentación



(en el caso de utilizar dos plataformas) asegurar la planitud y facilitar las operaciones de cambio de ubicación y anclaje.

- Detector de pisada, que es un dispositivo que se activa en el instante del apoyo del talón del sujeto permitiendo la medición exacta de la cadencia del paso (número de pasos por minuto).
- Fotocélula de Inicio, consistente en una barrera fotoeléctrica útil para el disparo externo automático de la medición.
- Fotocélula de Medición de la Velocidad, que combinada con la anterior permite el cálculo preciso de la velocidad de avance del sujeto (metros por segundo).
- Unidad de conexión, incluida en el equipo y que como su nombre indica sirve para la conexión del resto de elementos.
- Tarjeta de adquisición de datos, que incorpora un convertidor de señal analógica a digital y mediante la cual se

conecta y controla la cadena de medida desde el ordenador.

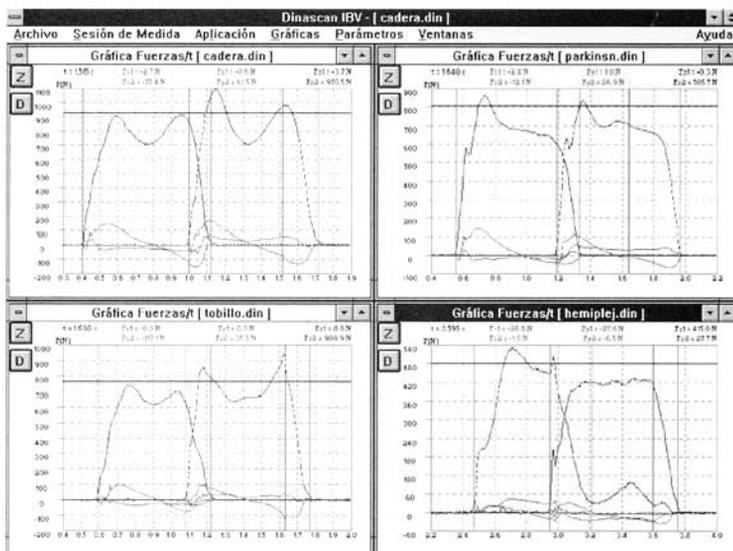
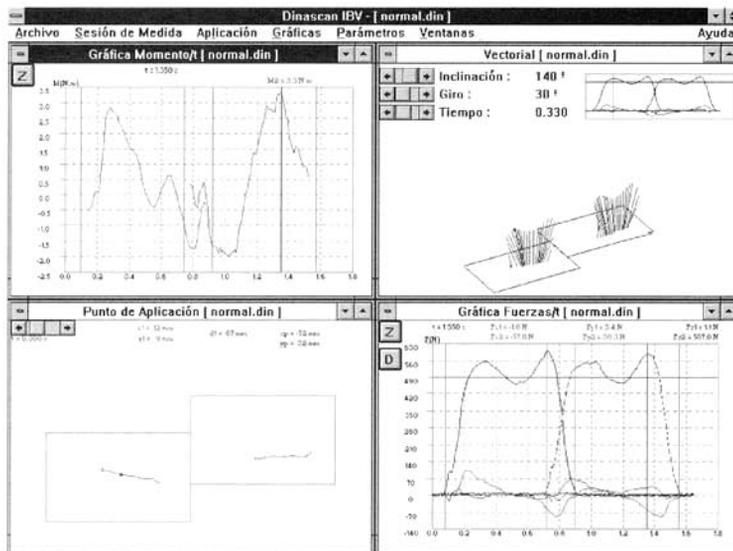
- Unidad de sincronización externa que permite la conexión de dispositivos generadores de señales digitales como por ejemplo las ya citadas fotocélulas o el detector de pisada, generador de código de tiempo, etc.
- Unidad de ampliación de canales analógicos que permite ampliar hasta 8 las señales analógicas que es posible registrar y visualizar posteriormente de otros equipos como por ejemplo acelerómetros, electromiografía, etc.
- Programas de ordenador que de forma modular permiten el uso de la/s plataforma/s para diferentes aplicaciones. También es posible el uso de otros programas comerciales para el tratamiento de los datos exportados por DINASCAN-IBV.

## Características

DINASCAN-IBV se distingue por las siguientes características:

- Medición directa, sin necesidad de instrumentar al sujeto, con obtención inmediata de resultados.
- Transductores extensométricos que permiten el cambio de ubicación y uso inmediato de las plataformas sin necesidad de recalibrado.
- Realización de una medición con determinación de los parámetros cinéticos del apoyo y obtención de informes por pantalla e impresora en muy poco tiempo (unos 5 minutos por medida).
- Diseño modular que permite elegir la configuración necesaria y su posterior ampliación desde una sola plataforma hasta un completo laboratorio que incluya equipo de análisis de movimientos 3D e instrumentación analógica como acelerómetros, EMG,





- etc., con programas de ordenador que gestionan su uso sincronizado y la obtención de resultados combinados.
- Programas de ordenador con módulo de aplicación general y módulos específicos para marcha, estabilometría y deporte.
  - Cálculo de parámetros automático para los registros específicos de marcha, estabilometría y deporte.
  - Patrones de normalidad y cálculo de parámetros (criterios) de similitud para marcha humana (en preparación, estará disponible en 1997).
  - Opción de toma manual de parámetros que aumenta la

- potencia y versatilidad del equipo permitiendo la definición de protocolos de medida propios y facilita la obtención y almacenamiento de los datos sin errores ni omisiones y su almacenado en formatos homogéneos con posibilidad de tratamiento estadístico posterior.
- Programa de biofeedback para re-educación interactiva del equilibrio.
  - Programas de ordenador desarrollados en entorno Windows con las ventajas asociadas. Por ejemplo: interface gráfica de usuario estándar, utilidad de captura de gráficas e inclusión en otros docu-

mentos o bases de datos, gestión estándar de impresoras color o láser.

## Resultados

DINASCAN-IBV proporciona toda la información que es posible calcular a partir de la medición de cargas sobre el suelo ofertando las siguientes opciones de representación:

- Gráfica Fuerzas/tiempo
- Gráficas de Impulso Mecánico Total y de Impulso Mecánico de las fuerzas de reacción.
- Gráfica Momento Torsor/tiempo
- Gráfica de evolución del punto de aplicación de las fuerzas (Centro de Presiones).
- Gráfica vectorial de las fuerzas presentada en perspectiva 3D orientable por el usuario o directamente en proyecciones según planos clásicos (frontal, lateral, cenital).
- Gráfica Canales adicionales.
- Cálculo de Parámetros estándar para las aplicaciones marcha, deporte, estabilometría.
- Toma manual de parámetros según protocolos definibles por el usuario.

En todas las gráficas es posible la obtención interactiva de datos numéricos mediante la selección del instante de tiempo deseado y el desplazamiento de un cursor.

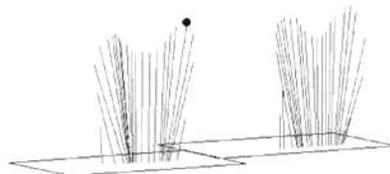
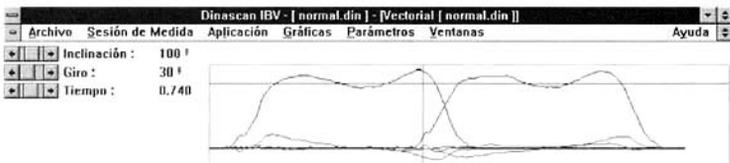
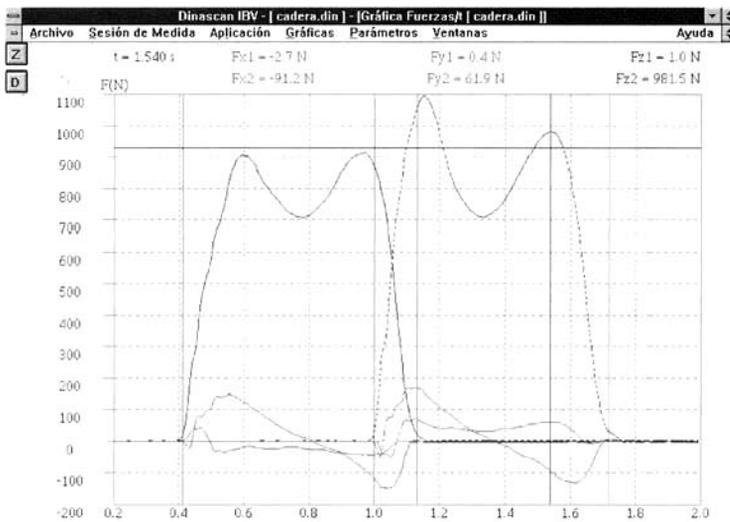
Es posible la visualización simultánea de gráficas correspondientes a diferentes mediciones permitiendo su comparación directa en pantalla y su impresión.

## Aplicaciones

DINASCAN-IBV constituye una herramienta básica y precisa para el estudio objetivo del movimiento humano, especialmente idónea en actividades o gestos en los que la interacción del sujeto con el suelo cobra importancia. Su sencillez de instalación y manejo y la rapidez en la obtención



# Instrumentación



Dinascan IBV - [normal.din] - [Parámetros Marcha [normal.din]]

Archivo Sesión de Medida Aplicación Gráficas Parámetros Ventanas Ayuda

Plataforma 1

Inicio de apoyo : 0.03 s Fin de apoyo : 0.09 s

Fuerza vertical en los instantes :

	t (s)	Fz (N)
Impacto :	0.25	554.78
Apoyo talón :	0.25	554.78
Valle :	0.45	459.99
Despegue :	0.64	598.00

Fuerzas horizontales :

	t (s)	Fx (N)	t (s)	Fy (N)
Minimas :	0.70	-87.58	0.56	-14.67
Maximas :	0.14	104.29	0.09	27.24

Impulsos mecánicos (N.s):

	t (s)	Fz (N)	t (s)	Fz (N)
Fuerza vertical de Frenado :	194.30		de Despegue :	159.57
Fuerzas positivas en x :	18.47		en y :	2.53
Fuerzas negativas en x :	-12.71		en y :	-3.02

Desviación del centro de presiones :

	t (s)	D (mm)
Minimas :	0.22 s	-5.04
Maximas :	0.08 s	8.88

Desplazamientos (mm):

	t (s)	D (mm)	t (s)	D (mm)
Apoyo Talón :	88.42		Valle :	123.59
Despegue :	199.03		Fin de Apoyo :	244.66

Dirección Huella : -10.21 °

de resultados han facilitado su aplicación en campos tan diversos como el médico, el deportivo y el ocupacional.

- En el ámbito clínico, la valoración funcional de las discapacidades que afectan a la marcha y al equilibrio representa una de las aplicaciones más consolidadas. La existencia de patrones de normalidad y patología en los registros cinéticos de marcha y equilibrio, constatada en trabajos de investigación, convierte a DINASCAN-IBV en una herramienta muy útil de asistencia al diagnóstico y de valoración de tratamientos quirúrgicos, ortopédicos o, en general, rehabilitadores.

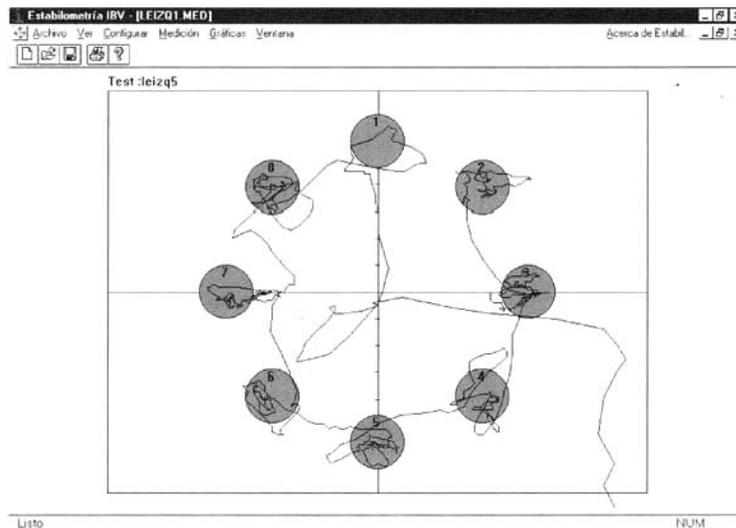
El diagnóstico diferencial de patologías es posible analizando el grado de similitud entre registros del paciente y los registros patrón disponibles. Para el estudio de la evolución de la discapacidad, se realiza la monitorización del paciente antes, durante y después del tratamiento, permitiendo cuantificar el grado de mejora y objetivar las secuelas.

- DINASCAN-IBV posibilita además la valoración de determinadas ayudas técnicas y su adaptación individualizada. Es el caso de prótesis y ortesis de miembro inferior, ayudas para caminar, plantillas y calzado ortopédico.
- La re-educación del equilibrio en ancianos o pacientes con patología vestibular es una aplicación puntera en DINASCAN-IBV mediante una aplicación específica de Estabilometría que proporciona los parámetros de desplazamiento en un test de Romberg o Unterberger lo que permite identificar patrones patológicos y facilita la realización de diagnósticos diferenciales fiables.
- Otra aplicación de DINASCAN-IBV es la evaluación de discapacidades o del daño corporal en medicina

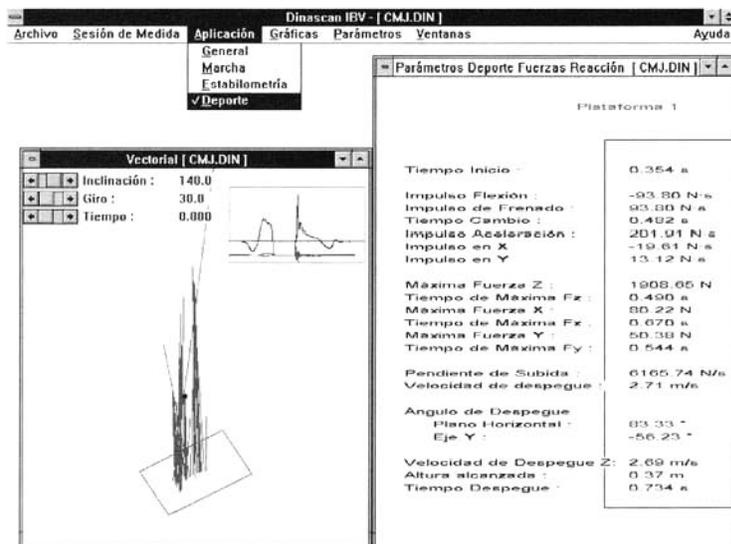


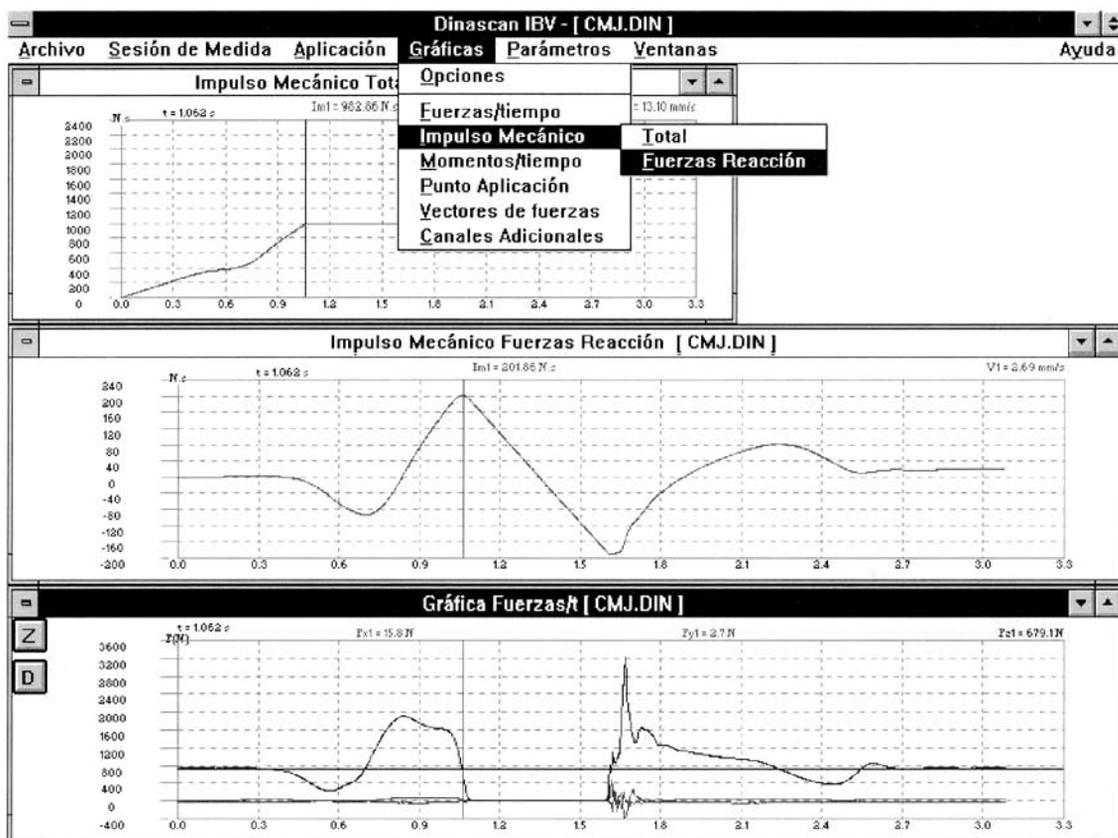
laboral.

- En el ámbito ocupacional, DINASCAN-IBV se utiliza para el análisis ergonómico de los puestos de trabajo mediante la valoración de los esfuerzos necesarios para el desempeño de una determinada tarea y posterior cotejado con la incidencia de patología laboral, estableciendo relaciones causa-efecto entre hábitos o tareas inadecuados y dolencias.
- Para la prevención de lesiones debidas a la práctica deportiva se analiza la ejecución de los movimientos deportivos con el objetivo de detectar posibles anomalías en sus registros cinéticos que se relacionen con patologías. En el deporte, los datos que aporta una plataforma dinamométrica son siempre referidos a las características cinéticas del contacto del deportista con la superficie y en la carrera de fondo, por ejemplo, las características de las fuerzas medio-laterales registradas durante un apoyo se relacionan con movimientos no deseados, como la hiperpronación, que se producen durante el mismo. Asimismo, el nivel de las fuerzas de impacto del talón se estudia por estar relacionado con patologías osteoarticulares en los deportistas y el estudio del recorrido del centro de presiones durante el apoyo puede aportar información relevante sobre como actúan las distintas zonas de la planta del pie. Durante los giros, la magnitud de los momentos torsores generados se relaciona con el nivel de estrés a que se somete la articulación de la rodilla, sirviendo para caracterizar, por ejemplo, una condición calzado-superficie de juego. Para deportes con saltos frecuentes, el estudio de las caídas de los saltos toma un interés especial debido a que los niveles de fuerzas de impacto en algunos casos sobrepasan diez veces el peso corporal de los deportistas.



Transición	Tiempo (s.)	Calidad (%)	Aciertos (%)	Posición media R (mm)	a (°)	A. Balanceo (cm <sup>2</sup> )
-> 1	4.3	68.6	100.0	-42.6	354.3	5.35
1->8	1.3	94.4	86.7	53.3	313.4	9.86
8->7	1.5	91.4	61.4	-48.5	267.0	3.59
7->6	1.3	97.2	85.3	58.1	224.9	14.14
6->5	1.4	94.5	100.0	58.7	180.6	11.12
5->4	1.3	95.6	68.0	56.3	135.8	14.11
4->3	1.0	96.5	87.3	52.6	90.4	6.56
3->2	1.1	95.9	80.8	-57.0	45.6	11.61
<u>Promedio</u>	1.7	91.8	83.7			9.79
<u>Desv. Típica</u>	1.3	9.5	13.7			3.92





- El registro de las fuerzas de impacto se aplica al diseño de complementos deportivos que reduzcan sus niveles, como el calzado o los pavimentos.
- Para la mejora del rendimiento se analiza la ejecución de la técnica deportiva con el objetivo de detectar posibles fallos o mejoras en su ejecución. Se basa en el establecimiento de modelos técnicos en base al registro cinético, que sirven para describir el movimiento y ser usados como patrones técnicos universales de comparación. En el deporte de élite, la utilización de las plataformas dinamométricas se dirige fundamentalmente a comparar los patrones de los deportistas en la búsqueda de una mejora del rendimiento, a través del estudio de los tiempos de contacto de los apoyos, de la dirección y magnitud de las fuerzas aplicadas al medio o del impulso mecánico aplicado, factores íntimamente relacio-

nados con el rendimiento final.

## Características técnicas

- Plataformas montadas, calibradas en origen y de fácil anclaje al suelo sin necesidad de calibrados posteriores entre mediciones.
- Tamaño de 600x370 mm de área activa y 100 mm de altura en el modelo estándar y otro modelo de 800x800 mm de área activa. Peso de 25 kg y 65 kg respectivamente.
- Superficie superior intercambiable para facilitar la utilización de distintos tipos de pavimentos y superficies.
- Rango de medida configurable por programa en cuatro rangos desde 2000 N hasta 15000 N en fuerzas verticales y desde  $\pm 1000 \text{ N}$  hasta  $\pm 7500 \text{ N}$  en fuerzas horizontales.
- Precisión mejor o igual que la mayor de el 2% de la medida, o un 0,15% del rango. Frecuencia natural de vibra-

ción mayor de 400 Hz en dirección vertical.

- Sensibilidad cruzada despreciable por desacoplamiento mecánico.
- Frecuencia de muestreo configurable hasta 1000 Hz con una plataforma y 500 Hz con dos plataformas.
- Hasta 8 canales analógicos adicionales configurables en rango de entrada.
- Tres canales de entrada digital.
- Inicio de la medición mediante teclado, por inicio de carga o por señal externa.
- Posibilidad de sincronización con otros equipos de medida.
- Compatible con el equipo de fotogrametría del IBV lo que permite el análisis simultáneo cinético y cinemático.
- Cumplimiento de normas europeas de seguridad y compatibilidad electromagnéticas.