(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **1 331 577**

(21) Número de solicitud: 202631505

(51) Int. CI.:

A61B 5/103 (2006.01)
A61B 5/11 (2006.01)
G01P 15/00 (2006.01)
G16H 50/00 (2008.01)

(12) SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD U

(22) Fecha de presentación:

16.07.2026

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

02.10.2026

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE LEÓN (52,00%)
Avda. de la Facultad 25
24071 León (León) ES y
UNIVERSIDAD DE VIGO (48,00%)

(72) Inventor/es:

LEIRÓS RODRÍGUEZ, Raquel;
BENÍTEZ ANDRADES, Jose Alberto;
GARCÍA SOIDAN, Jose Luis;
ROMO PÉREZ, Vicente y
GARCIA LIÑEIRA, Jesus

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

(54) Título: **SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL EQUILIBRIO DINÁMICO Y DEL RIESGO DE CAÍDAS DURANTE LA MARCHA EN POBLACIÓN PEDIÁTRICA**

ES 1 331 577 U

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL EQUILIBRIO DINÁMICO Y DEL RIESGO DE CAÍDAS DURANTE LA MARCHA EN POBLACIÓN PEDIÁTRICA

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se encuadra en el sector técnico de la salud infantil y la biomecánica clínica, concretamente en el ámbito de los sistemas de evaluación funcional y análisis del movimiento humano, y más específicamente en las tecnologías aplicadas a la valoración del equilibrio dinámico y la marcha en población pediátrica.

Esta invención también se relaciona con el campo de la ingeniería biomédica, especialmente en el desarrollo de dispositivos portátiles de medición con sensores inerciales (IMUs) y su integración con el análisis clínico, así como con herramientas digitales para la evaluación del riesgo de caídas y el seguimiento del desarrollo motor en niños y niñas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La evaluación del equilibrio y del riesgo de caídas en niños constituye un área de creciente interés en fisioterapia pediátrica, neurodesarrollo, rehabilitación infantil y medicina preventiva. Detectar precozmente alteraciones en el control postural durante la marcha es fundamental para intervenir de manera oportuna y evitar consecuencias funcionales, sociales o académicas a medio y largo plazo.

En la práctica clínica actual, el equilibrio dinámico en población pediátrica se valora mayoritariamente mediante observación clínica directa, escalas cualitativas (como la Pediatric Balance Scale o la Movement ABC), o mediante pruebas de rendimiento motor funcional. Si bien estas herramientas son accesibles, presentan importantes limitaciones: dependen en gran medida de la experiencia del evaluador, tienen escasa sensibilidad a cambios sutiles, y suelen carecer de capacidad para una evaluación cuantitativa objetiva, dificultando tanto el diagnóstico precoz como el seguimiento de la evolución.

Por otro lado, existen sistemas avanzados de análisis del movimiento, como los laboratorios de marcha con cámaras ópticas, plataformas de fuerza o sistemas de

electromiografía sincronizada, que ofrecen una medición objetiva del equilibrio y la marcha. No obstante, estos sistemas son costosos, complejos, poco accesibles para centros no especializados, y requieren entornos controlados y personal altamente cualificado. Además, en su mayoría han sido diseñados para su uso en población adulta, sin tener en cuenta las particularidades del desarrollo motor infantil ni su aplicabilidad clínica cotidiana.

En años recientes, el desarrollo de tecnologías portátiles como los sensores inerciales (IMUs) ha permitido un acceso más asequible a la biomecánica clínica fuera del laboratorio. Estos sensores permiten registrar aceleraciones y rotaciones del cuerpo humano durante el movimiento, con buena fiabilidad y validez. Sin embargo, su implementación en población pediátrica sigue siendo escasa, y en la mayoría de los casos se ha limitado a contextos de investigación. Aún no existe un sistema estandarizado, validado y específico para la evaluación clínica del equilibrio durante la marcha en niños y niñas que integre sensores, análisis automatizado y una interfaz de uso clínico sencillo.

Tampoco se dispone, en el estado del arte, de una solución que optimice la selección mínima de variables necesarias para una valoración fiable, ni de un sistema que permita analizar e interpretar automáticamente los datos del equilibrio dinámico infantil, con posibilidad de comparación con valores de referencia o de seguimiento longitudinal del mismo individuo.

En consecuencia, se detecta una necesidad tecnológica no cubierta: un sistema portátil, accesible, específico para población pediátrica y basado en datos objetivos, que permita valorar el equilibrio dinámico de manera rápida, precisa y reproducible, tanto con fines diagnósticos como de seguimiento o intervención preventiva.

La presente invención surge para dar respuesta a esta necesidad, superando las limitaciones de los sistemas previos mediante una combinación innovadora de tecnologías con análisis optimizado para el contexto infantil.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un sistema de evaluación del equilibrio dinámico y del riesgo de caídas durante la marcha en niños y niñas que resuelve los problemas

anteriormente mencionados, permitiendo un análisis objetivo y cuantificado del estado del equilibrio dinámico de los niños y niñas evaluados, pudiendo de esta forma determinar la existencia de un deterioro en el desarrollo psicomotriz que pueda producir riesgos de caídas.

El sistema comprende un acelerómetro triaxial, una unidad de procesamiento de datos y unos medios de fijación encargados de fijar el acelerómetro triaxial a la espalda de un usuario pediátrico (niño o niña).

Utilizando los medios de fijación, el acelerómetro triaxial se fija a la espalda del usuario pediátrico a la altura de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra lumbar. Una vez fijado, el usuario pediátrico debe realizar una prueba andando que será analizada por la unidad de procesamiento de datos para evaluar el equilibrio dinámico del usuario pediátrico.

El acelerómetro triaxial se encarga de la obtención de una pluralidad de mediciones de aceleración en el eje vertical, en el eje medio-lateral y en el eje ántero-posterior durante la realización de la prueba andando por parte del usuario pediátrico.

La unidad de procesamiento de datos se encarga de la determinación de la existencia de una alteración del equilibrio dinámico del usuario pediátrico a partir de valores promedio de las mediciones de aceleración,

En una realización, para la determinación de la existencia de una alteración del equilibrio dinámico del usuario pediátrico la unidad de procesamiento de datos emplea el valor promedio de la aceleración en el eje vertical, el valor promedio de la aceleración en el eje ántero-posterior, y el valor promedio del módulo vectorial de la aceleración. Por ejemplo, si el valor mínimo promedio de la aceleración en el eje vertical es superior a un primer umbral, el valor promedio en el eje ántero-posterior es superior a un segundo umbral, y el valor promedio del módulo vectorial es superior a un tercer umbral, la unidad de procesamiento de datos determina la existencia de una alteración del equilibrio dinámico del usuario pediátrico que genera riesgo de caídas.

El sistema de la presente invención permite realizar la medición cuantitativa del equilibrio dinámico de niños y niñas mediante el empleo de variables acelerométricas en entorno ambulatorio o doméstico. Es decir, es aplicable como herramienta para profesionales

sanitarios como médicos, educadores, fisioterapeutas, enfermeros, optometristas, ortopedas y podólogos.

La presente invención aporta las siguientes ventajas:

1. Garantiza la fiabilidad de que las variables seleccionadas para el análisis son las mínimas necesarias para que la evaluación sea lo más sencilla y rápida posible, y suficientes para la obtención de una medición fiable y sensible del equilibrio dinámico del sujeto pediátrico.

2. Permite cuantificar el estado del equilibrio dinámico del sujeto pediátrico y el riesgo de caídas durante la marcha. El sistema es específico y objetivo para la cuantificación del equilibrio sin dejar lugar a la subjetividad del evaluador.

3. Aporta rapidez y ahorro económico en comparación con los sistemas ya existentes de valoración cuantitativa de la marcha.

Este sistema permite obtener variables de estudio objetivas y comparables con otros individuos de referencia o como referencia para el seguimiento del propio sujeto pediátrico evaluado y comprobar la evolución (mejora o deterioro) del estado del equilibrio.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un conjunto de figuras con carácter ilustrativo y no limitativo:

La Figura 1 representa un sistema de evaluación del equilibrio dinámico y del riesgo de caídas durante la marcha en población pediátrica de acuerdo a una posible realización de la presente invención.

La Figura 2 representa un ejemplo de datos acelerométricos obtenidos en los tres ejes del espacio durante la realización de una prueba por parte de un usuario pediátrico.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

La **Figura 1** muestra un sistema de evaluación del equilibrio dinámico y del riesgo de

caídas durante la marcha en niños y niñas de acuerdo a una posible realización.

El sistema comprende un acelerómetro triaxial 1, unos medios de fijación 2 para la fijación del acelerómetro triaxial 1 a la espalda 3 de un usuario pediátrico 4, y una unidad de procesamiento de datos 5.

Los medios de fijación 2 se encargan de la fijación del acelerómetro triaxial 1 a la altura de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra lumbar del usuario pediátrico 4. Tal y como se representa en la Figura 1, los medios de fijación 2 se implementan preferentemente mediante un cinturón elástico, para su fijación a la cintura y asegurar que no se mueve de forma independiente al individuo examinado.

El acelerómetro triaxial 1, una vez colocado en la espalda 3 del usuario pediátrico 4, se encarga de obtener unas mediciones de aceleración 9 en los siguientes tres ejes durante la realización de una prueba andando por parte del usuario pediátrico 4:

- Eje vertical 6, perpendicular al plano transversal.
- Eje medio-lateral 7, perpendicular al plano sagital.
- Eje ántero-posterior 8, perpendicular al plano frontal.

Para asegurar el registro preciso de los cambios de posición en el espacio del cuerpo humano, el acelerómetro triaxial 1 tiene preferentemente una precisión (sensibilidad) de, al menos, 3 mili-G o mili- unidades de gravedad no significativos (mG/LSB, del inglés *mili-G least significant bit*) y un rango de medición de al menos ± 6 G. Los valores de aceleración se miden y registran con una determinada frecuencia, por ejemplo, con una frecuencia de registro de 50 Hz. En una realización, el acelerómetro triaxial 1 tiene la capacidad de almacenar series temporales de datos de aceleración (mediciones de aceleración 9) en una memoria flash no volátil. Alternativamente, el acelerómetro triaxial 1 puede proporcionar las mediciones de aceleración 9 a la unidad de procesamiento de datos 5 en series de una determinada duración, por ejemplo, por espacios de tiempo de un segundo, y los datos recibidos se pueden exportar a una hoja de cálculo.

Los datos medidos por el acelerómetro triaxial 1 durante la realización de la prueba son analizados por la unidad de procesamiento de datos 5, como por ejemplo un ordenador o cualquier otra unidad electrónica con capacidad de cálculo (e.g. un teléfono inteligente,

una Raspberry Pi, etc.). Para ello, la unidad de procesamiento de datos 5 accede a la memoria del acelerómetro triaxial 1 donde se almacenan las mediciones de aceleración 9 registradas.

Alternativamente, el acelerómetro triaxial 1 puede comprender unos medios de comunicación inalámbrica (e.g. mediante Bluetooth, WiFi, ZigBee, etc.) a través de los cuales envía de manera inalámbrica los datos medidos durante la prueba directamente a la unidad de procesamiento de datos 5 para su análisis. En otra realización, el acelerómetro triaxial 1 y unos medios de comunicación inalámbrica están integrados en una unidad de adquisición de datos, la cual se fija a la espalda 3 del usuario pediátrico 4 y se encarga de enviar inalámbricamente a la unidad de procesamiento de datos 5 los datos adquiridos por el acelerómetro triaxial 1 en tiempo real durante la realización de la prueba.

Si el valor promedio de la aceleración en el eje vertical, en el eje ántero-posterior o el módulo vectorial es superior a un respectivo umbral máximo, la unidad de procesamiento de datos determina la existencia de una alteración del equilibrio dinámico, ya que estos valores por encima de un umbral son indicativos de un deterioro en el control postural.

En una realización, el umbral máximo en el eje vertical es 34.4 mG en niños y 41.5 en niñas, el umbral máximo en el eje ántero-posterior es 27.1 mG en niños y 32.5 en niñas, y el umbral máximo en el módulo vectorial es 52.6 mG en niños y 60.7 en niñas.

Las variables calculadas son representativas del equilibrio durante la marcha del usuario pediátrico 4. De esta forma, se puede cuantificar el estado del equilibrio dinámico del usuario pediátrico 4 y el riesgo de caídas durante la marcha.

La prueba puede incluir uno o varios ejercicios, o una repetición de un mismo ejercicio durante un número determinado de veces. Por ejemplo, la prueba andando puede comprender un ejercicio de caminar un recorrido en línea recta de una longitud determinada (por ejemplo 10 metros), girar 180º y volver al punto de inicio, repitiendo dicho ejercicio un número determinado de veces (e.g. tres repeticiones) tras un descanso de una duración determinada (e.g. 40 segundos).

El sujeto a evaluar debe ser capaz de mantenerse de pie de forma independiente durante al menos 30 segundos y capaz de andar de forma independiente, aunque sea con ayuda de elementos ortopédicos externos. El sujeto debe estar descalzo con calcetines, portar el acelerómetro triaxial 1 en su espalda, a la altura de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra lumbar, adecuadamente fijado sin posibilidad de que se mueva con respecto a su ubicación en la espalda.

En una realización, la unidad de procesamiento de datos realiza un filtrado de las señales registradas a 30 Hz y un cálculo del módulo vectorial de las aceleraciones en los tres ejes del espacio, promediando los resultados obtenidos en las diferentes repeticiones de la prueba realizada, en el caso de que haya repeticiones. La unidad de procesamiento de datos selecciona las variables de interés a analizar, en este caso el valor promedio detectado en el eje vertical, en el eje ántero-posterior y el módulo vectorial.

En la **Figura 2** se ilustra un ejemplo de datos de aceleración obtenidos en los tres ejes del espacio durante la realización de una prueba por parte de un usuario pediátrico 4, donde el eje 1 representa el eje vertical, el eje 2 representa el eje medio-lateral, y el eje 3 representa el eje ántero-posterior.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de evaluación del equilibrio dinámico y del riesgo de caídas durante la marcha en población pediátrica, caracterizado por que comprende:

un acelerómetro triaxial (1) para la obtención de una pluralidad de mediciones de aceleración (9) en el eje vertical (6), eje medio-lateral (7) y eje ántero-posterior (8) durante la realización de una prueba andando por parte de un usuario pediátrico (4);

unos medios de fijación (2) para la fijación del acelerómetro triaxial (1) a la espalda (3) del usuario pediátrico (4), a la altura de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra lumbar, durante la realización de la prueba; y

una unidad de procesamiento de datos (5) para la determinación de la existencia de una alteración del equilibrio dinámico del usuario pediátrico (4) a partir de valores promedio de las mediciones de aceleración (9).

2. El sistema según la reivindicación 1, donde los valores promedio de las mediciones de aceleración (9) incluyen el valor promedio de la aceleración en el eje vertical (6), el valor promedio de la aceleración en el eje ántero-posterior (8) y valor promedio del módulo vectorial de la aceleración.

3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de fijación (2) comprenden un cinturón elástico.

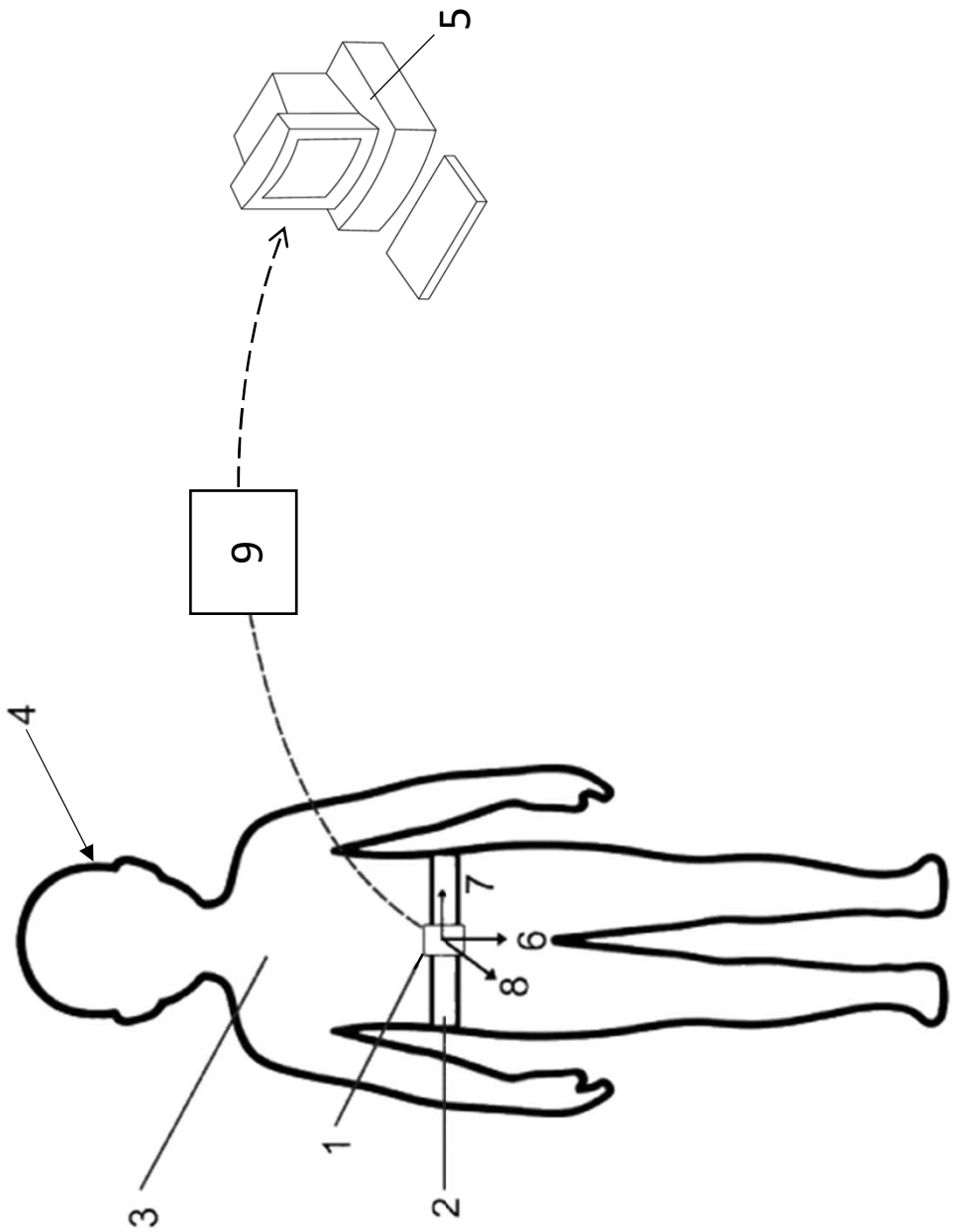


FIG. 1

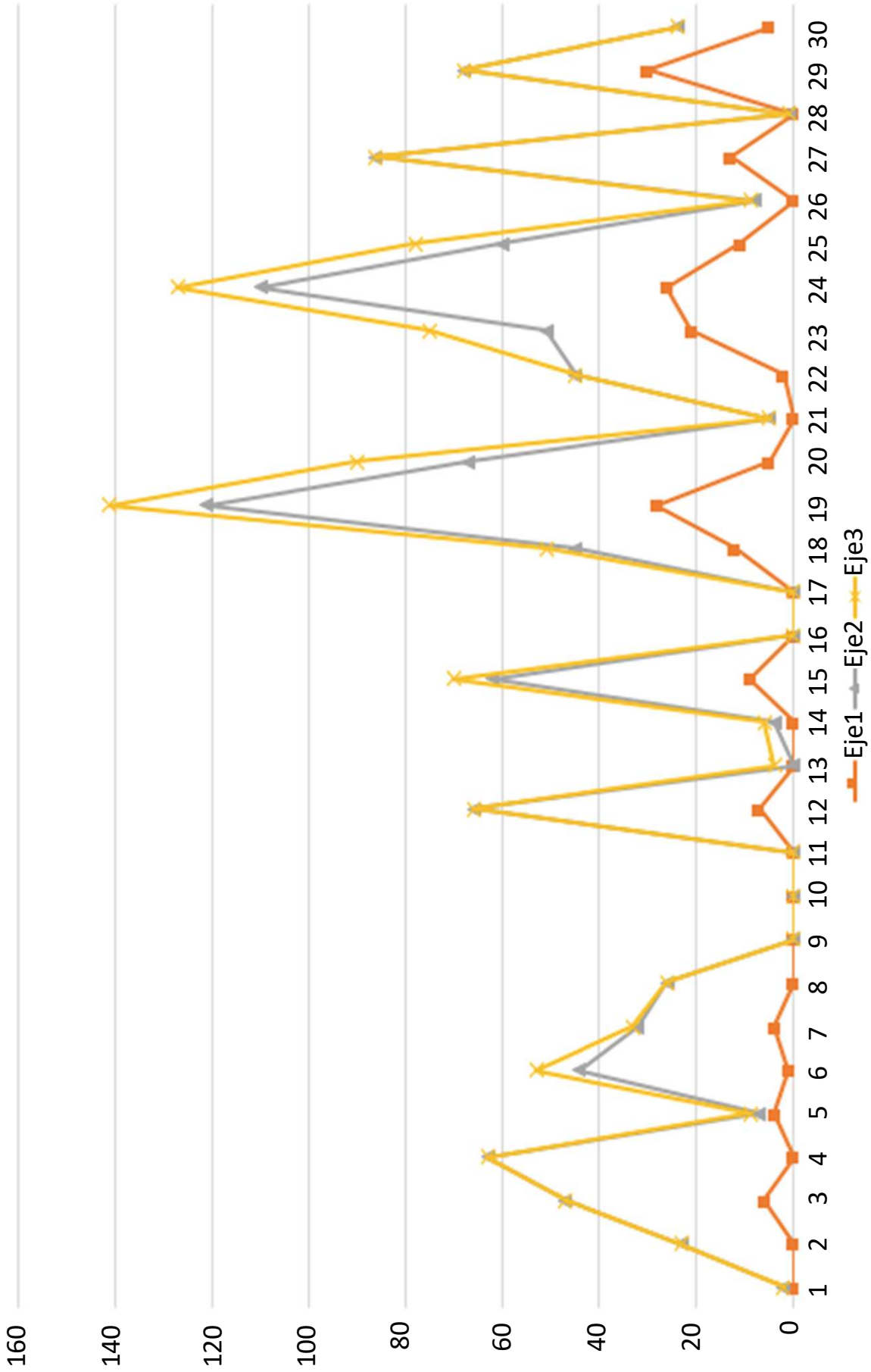

160
140
120
100
80
60
40
20
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Eje1
Eje2
Eje3

FIG. 2