

NUEVAS APLICACIONES/IBV EN EL ÁMBITO DE LA ERGONOMÍA

Carlos Soler Gracia, Carlos García Molina
Instituto de Biomecánica de Valencia

TRES NUEVOS DESARROLLOS AMPLÍAN LA GAMA DE APLICACIONES TECNOLÓGICAS

orientadas al análisis ergonómico: **ErgoEMG/IBV** Sistema para el registro de señales electromiográficas captadas mediante electrodos superficiales, y dotado de enlace de telemetría. Indicado para la determinación del grado de actividad muscular que conlleva una tarea, nivel de esfuerzo requerido y tipo de patrón de esfuerzos presente. **ErgoPose/IBV** Sistema para la medida y registro continuo de la inclinación de segmentos corporales respecto a la vertical, basado en inclinómetros miniatura y dotado de enlace de telemetría. Indicado para la evaluación ergonómica de la postura general de diversos segmentos corporales durante la realización de tareas. **ErgoMov/IBV** Sistema para la medida y registro continuo de la posición o ángulo de desviación de diversas articulaciones mediante goniómetros. Indicado para la evaluación ergonómica de herramientas manuales y de tareas repetitivas o de ciclo rápido.

New IBV Applications in Ergonomics field

Three new products extend the range of technological applications directed toward the ergonomic analysis: **ErgoEMG/IBV** equipment to register electromyographic signals using superficial electrodes, including telemetric link. It's suitable to analyse muscular activity during a task, the effort level required and effort pattern present. **ErgoPose/IBV** for the measurement and continuous register of the inclination of body segments, using miniature inclinometers and including telemetric link. It's suitable for the ergonomic evaluation of the working postures of different body segments. **ErgoMov/IBV** for the measurement and continuous register of the position or deviation angle of several joints using electrogoniometers. It's suitable for the ergonomic evaluation of manual tools and repetitive tasks.

INTRODUCCIÓN

El IBV ha ampliado la gama de aplicaciones tecnológicas referida al análisis ergonómico con tres nuevos sistemas: **ErgoEMG/IBV**, **ErgoPose/IBV** y **ErgoMov/IBV**. De esta forma se incrementa la oferta que, desde la sección de Ergonomía del Puesto de Trabajo, se dirige a mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, servicios

de prevención, empresas, entidades de la administración que desarrollan su actividad en el campo de la prevención de riesgos laborales y en la integración sociolaboral de las personas con discapacidad, centros especiales de empleo y sindicatos, y que cubre aspectos tan variados como el asesoramiento, la realización de estudios, el desarrollo de productos o la formación.



34 aplicaciones tecnológicas

> Las aplicaciones incluidas en esta gama son:

- Evaluación 3D de movimientos. **Kinescan/IBV** Sistema de análisis cinemático de los movimientos humanos en general con vídeo digital.
- Evaluación del nivel de esfuerzo muscular. **ErgoEMG/IBV** Sistema telemétrico de electromiografía superficial.
- Evaluación de la postura global del trabajador. **ErgoPose/IBV** Sistema de inclinometría para el registro continuo de la inclinación de diversos segmentos corporales (tronco, brazos y cabeza).
- Evaluación de la postura de articulaciones determinadas. **ErgoMov/IBV** Sistema de goniometría para el registro continuo de la desviación de diversas articulaciones; especialmente indicado para el análisis de tareas repetitivas con movimientos rápidos del miembro superior.
- Programas informáticos de análisis y adaptación de puestos de trabajo. **Ergo/IBV** para la evaluación de puestos de trabajo con posturas forzadas, tareas repetitivas o manipulación de cargas; **ErgoDis/IBV** para la adaptación ergonómica de puestos a trabajadores con discapacidad; **ErgOfi/IBV** para la evaluación de puestos de oficina o puestos con equipos informáticos.

El uso de estas aplicaciones se complementa con servicios de formación específicos (presenciales y/o a distancia a través del aula virtual del IBV) en técnicas de evaluación de puestos de trabajo y de asistencia técnica en el uso de los equipos.

SISTEMA EMG DE EVALUACIÓN DE ESFUERZOS (ERGOEMG/IBV)

Sistema que permite la medida y registro simultáneo de varias señales electromiográficas (EMG), captadas mediante electrodos superficiales, y dotado de enlace de telemetría. La aplicación principal de las técnicas de EMG en el ámbito de la ergonomía es la determinación del grado de actividad muscular que conlleva una tarea, permitiendo evaluar el nivel de esfuerzo requerido, el tipo de patrón de esfuerzos presente, en especial si la tarea presenta esfuerzo estático, y el nivel de esfuerzos medios o máximos. El análisis posterior de los registros permitiría además en algunas tareas analizar el ritmo de trabajo o de movimientos, o la presencia de fatiga muscular localizada.

Los electrodos pasivos superficiales se colocan sobre la piel de los músculos cuya actividad se desea analizar, y se conectan con cables a los equipos portátiles de amplificación y transmisión de telemetría que el trabajador porta en un cinturón (Figura 1). La señal electromiográfica está presente en los receptores de telemetría, conectados a un equipo de tratamiento de señales y al ordenador utilizado para el registro de señales. Este ordenador sirve además para observar en pantalla la señal electromiográfica, para gestionar los registros y como posible plataforma de análisis de datos.

El enlace de telemetría posibilita el registro de señales con mínima interferencia con el sujeto objeto de registro y con la tarea que realiza, al eliminar la necesidad de utilización de cables de unión con los equipos de registro; esta configuración permite al analista situarse a cierta distancia del puesto, con lo cual el trabajador analizado no se siente observado. Se trata de equipos de bajo peso y volumen, y alimentados a pilas.

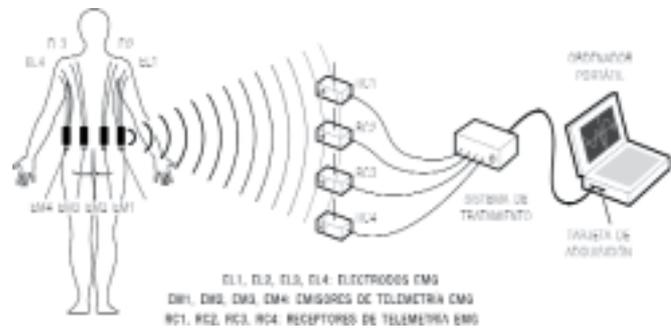


Figura 1: Esquema de funcionamiento del sistema ErgoEMG/IBV.

Relación de componentes

- Equipo de telemetría para señales electromiográficas, con dos canales de transmisión (capacidad para transmisión simultánea de dos señales EMG medidas en dos grupos musculares diferentes, ampliable a cuatro canales). Con emisor de telemetría, receptor de telemetría, antenas y fuente de alimentación del receptor (Figura 2).
- Acondicionador de Señales Electromiográficas, con capacidad para 4 canales.
- Programa informático de registro y tratamiento de señales electromiográficas (en entorno Windows).
- Medidor de impedancia para electrodos.
- Cables de interconexión de electrodos y equipos, y de alimentación de equipos.
- Elementos auxiliares: medidor de carga de baterías, tijeras, cinta métrica, bolso para transporte de emisores.
- 500 electrodos de señal y 250 de referencia de tipo Ag/AgCl.
- Material fungible: cuchillas, gasas, gel conductor para electrodos, disolvente de limpieza, apósito flexible de fijación de electrodos y cables, lápices de marcado de la piel. Todo ello en cantidad suficiente para realizar al menos 200 colocaciones de electrodos.

Figura 2. Sistema ErgoEMG/IBV.



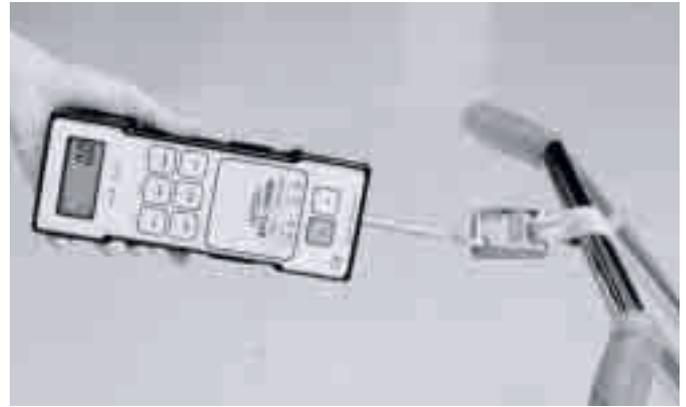


Figura 3. Dinamómetro para la medida de la fuerza de agarre (evaluación de herramientas o estudio de movimientos repetitivos en mano-brazo) y dinamómetro de tracción - compresión (evaluación de la fuerza de operación de diversos elementos como mandos de máquinas o gatillos de herramientas, de la fuerza de empuje o de arrastre de carros manuales).

Especificaciones técnicas

- Medida de señales EMG (2 canales ampliable a 4), captadas mediante electrodos superficiales pasivos desechables en configuración bipolar (con dos electrodos de señal más uno de referencia). El tipo de electrodos y de amplificadores utilizados requiere un proceso sencillo de preparación de la piel (raspado superficial con cuchilla y limpieza con disolvente).
- Preamplificador de la señal electromiográfica procedente de electrodos pasivos desechables con rango dinámico de entrada en torno a 10mVpp, impedancia de entrada superior a 10 Mohms, CMRR superior a 80db, ancho de banda mínimo 10-1000 Hz.
- Enlace de radiofrecuencia, con separación de canales en pasos mínimos de 100 KHz, sintonía por cristal de cuarzo en bandas permitidas por la legislación Española para aplicaciones industriales científicas y médicas (ICM). Alcance superior a 100 metros en espacios abiertos.
- Amplificador y emisor de telemetría integrados en una sola unidad portátil, con alimentación a pilas; de dimensiones y peso limitados, de manera que la interferencia con el sujeto que lleva el equipo es mínima.
- Receptores de radiofrecuencia dotados de salida analógica de señal EMG, regulación de ganancia y detección de ausencia de señal de RF o de mala transmisión.
- Generación electrónica de señal de valor eficaz (RMS) a partir de las señales EMG registradas, con capacidad para 4 entradas. Posibilidad de regulación de la constante de integración del cálculo de las señales RMS.
- Capacidad para el registro simultáneo de hasta 4 señales EMG, de sus correspondientes valores eficaces (RMS) y de dos señales adicionales provenientes de células de carga. La capacidad efectiva depende del número de canales telemétricos instalados (2 en la configuración descrita).
- Registro y monitorización de señales en un ordenador de tipo PC o portátil.
- Sistema aplicable en condiciones de campo (si se utiliza un ordenador tipo portátil).

- Software de registro:

- Compatible con ordenadores portátiles y de tipo PC.
- Posibilidad de monitorización en pantalla del ordenador de las señales a registrar.
- Capacidad de registro de señales EMG con una frecuencia de muestreo de al menos 4000 Hz durante al menos 1 minuto para un canal; con frecuencia de muestreo regulable.
- Capacidad de registro de señales RMS procedentes de 4 canales simultáneos con una frecuencia de muestreo de al menos 30 Hz durante al menos 60 minutos; con posibilidad de configurar un número menor de canales simultáneos; con frecuencia de muestreo regulable.
- Posibilidad de registro de señales auxiliares procedentes de las entradas analógicas auxiliares simultáneamente con las señales RMS o de manera autónoma, y con las mismas características de muestreo.
- Enlace con el ordenador de registro mediante puertos RS232 o puerto paralelo, o bien por tarjeta de adquisición de datos.

Para ciertas aplicaciones, puede ser recomendable complementar el sistema con dinamómetros para la calibración de señales musculares. Estos elementos permiten elaborar curvas de calibración de relación entre fuerza ejercida y señal electromiográfica generada, y facilitan y simplifican el proceso de normalización de estas señales (necesario en los estudios que requieren realizar comparaciones entre diversos sujetos y condiciones). El modelo de dinamómetros dependerá de la aplicación dada al sistema (Figura 3).

SISTEMA DE EVALUACIÓN DE POSTURAS CORPORALES. ERGOPOSE/IBV

Sistema para la medida y registro continuo de la inclinación de diversos segmentos corporales respecto a la vertical, basado en la utilización de inclinómetros miniatura que se colocan alineados sobre estos segmentos, y dotado de enlace de telemetría. Permite el registro y evaluación ergonómica de la postura general de diversos segmentos corporales durante el proceso de trabajo, en concreto del grado de elevación de



36 aplicaciones tecnológicas

> los brazos, de la flexión de la espalda o de la inclinación del cuello. El registro se realiza de forma automática y continua durante la tarea, de forma que se dispone de un fichero informático con un registro temporal de los ángulos medidos, además de diversos parámetros de tratamiento resumen de la medida.

En la figura 4 se observa uno de los inclinómetros; tiene forma de paralelepípedo para facilitar su alineación con los segmentos corporales donde se ubica.



Figura 4. Detalle de un inclinómetro.

Los inclinómetros electrónicos se fijan sobre los segmentos corporales cuya inclinación se va a medir (brazos, cabeza o espalda) mediante cinchas elásticas (Figura 5). Los inclinómetros van conectados a un equipo electrónico portátil alimentado a pilas (Figura 6). Un receptor de telemetría, conectado al ordenador de registro a través del puerto serie, permite la recepción de los ángulos medidos.

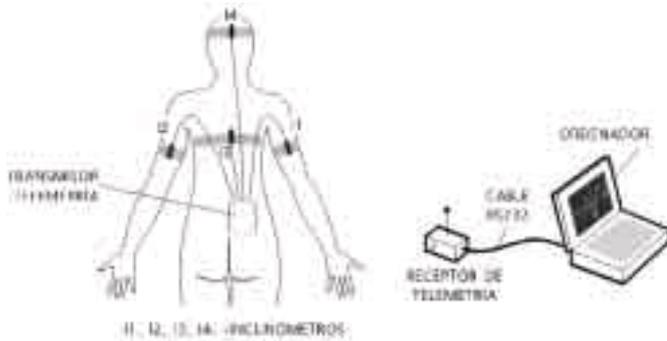


Figura 5. Esquema de funcionamiento del sistema ErgoPose/IBV.



Figura 6. Sistema ErgoPose/IBV.

Relación de componentes

- Inclinómetros miniatura (4 unidades).
- Unidad portátil de amplificación y transmisión de telemetría.
- Unidad de recepción de telemetría.
- Cinchas de fijación de inclinómetros (para la cabeza, el tronco y ambos brazos).

- Cables de conexión.
- Maletín de transporte.
- Programa informático de registro.

Especificaciones Técnicas

- Inclinómetros miniatura, que permiten el registro del ángulo que forman los segmentos corporales respecto a la vertical (con rango de * 90°).
- Unidad de amplificación de inclinómetros y transmisión de telemetría portátil y unidad receptora de telemetría, alimentadas a pilas, con conexión al ordenador de registro a través del puerto serie. Transmisión de radiofrecuencia en bandas permitidas por la Legislación Española para aplicaciones industriales científicas y médicas -ICM- (frecuencia central en torno a 433 MHz). Alcance del enlace superior a 50 metros en espacios abiertos.
- Registro de hasta 4 ángulos de inclinómetros, con una frecuencia de muestreo de 20 Hz.
- Programa informático de registro y tratamiento de ángulos de inclinómetros compatible con ordenadores tipo PC o portátiles, con sistemas operativo Windows 95 (o versiones superiores) y gestión de la adquisición a través del puerto serie del ordenador.

El sistema es aplicable a la medida de inclinación de los segmentos corporales que se mueven a baja velocidad, debido a que los captadores de inclinación utilizados son sensibles a la aceleración; son adecuados en consecuencia para los segmentos corporales indicados, pero no para piernas, antebrazos o manos, a menos que se evalúen movimientos lentos. Presentan su mejor resolución (> 0,5 ° de precisión) en un rango de $\pm 60^\circ$ alrededor de la horizontal.

SISTEMA DE EVALUACIÓN DE POSTURAS ARTICULARES PARA MIEMBRO SUPERIOR. ErgoMov/IBV

Sistema para la medida y registro de la posición o ángulo de desviación de diversas articulaciones mediante goniómetros, fijados superficialmente sobre la piel (mediante cinta adhesiva de doble cara). Los goniómetros utilizados están indicados para el registro de la desviación de la muñeca (flexión/extensión y desviación cubital/radial simultáneas; figura 7), pronosupinación del antebrazo, flexión del codo u otras posturas generales de diversas articulaciones. El registro se realiza de forma automática y continua durante la tarea, de forma que se dispone de un fichero informático con un registro temporal de los ángulos medidos, además de diversos parámetros de tratamiento resumen de la medida. Resulta especialmente indicado para la evaluación ergonómica de herramientas manuales y de tareas repetitivas o de ciclo rápido, en especial con movimientos del miembro superior, ya que hace posible el registro de movimientos de la muñeca o de otras articulaciones que no pueden ser observadas por métodos tradicionales (vídeo u observación directa).

Los goniómetros, fijados a ambos lados de la articulación a medir, se conectan a la unidad portátil de amplificación que lleva el sujeto en estudio, a la unidad fija de visualización y finalmente a la tarjeta de adquisición de datos del ordenador de registro (Figura 8).

Figura 7. Colocación de goniómetros para el registro de la desviación de la muñeca.

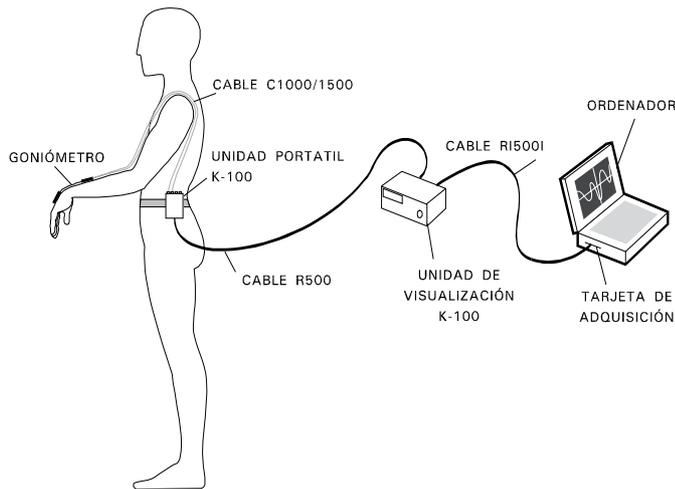


Figura 8. Esquema de funcionamiento del Sistema ErgoMov/IBV.

En el caso de disponer simultáneamente del sistema **ErgoPose/IBV**, es posible la utilización del enlace de telemetría de éste para evitar el cable de unión. La siguiente figura describe esta alternativa. En este caso, los goniómetros se conectan a la unidad portátil de amplificación y a la unidad de telemetría. Los datos son recogidos a través del puerto serie del ordenador. El sistema así utilizado permite el registro simultáneo de ángulos de inclinómetros y goniómetros (Figura 9).

Relación de componentes

- Amplificador portátil y unidad de visualización de 4 canales.
- Goniómetro para la medida de desviación de la muñeca en dos planos.
- Goniómetro para la medida de diversas articulaciones en dos planos.
- Torsiómetro para la medida del ángulo de pronación/supinación del antebrazo o eversión/inversión de tobillo.
- Cables de conexión de equipos y goniómetros.
- Fuente de alimentación para la recarga de baterías de la unidad fija de visualización.
- Maletín de transporte.
- Material auxiliar y fungible (tijeras, cinta adhesiva de fijación de goniómetros).
- Programa informático de registro y tratamiento de ángulos de goniómetros.
- Cable de conexión entre amplificador y unidad de telemetría del sistema ErgoPose/IBV.

Figura 9. Sistema ErgoMov/IBV.



Especificaciones técnicas

- Goniómetros de volumen y peso limitado, y de perfil bajo, de fijación superficial sobre la piel, que causan mínima interferencia con el sujeto o con la tarea objeto de registro.
- Registro y monitorización de hasta 4 ángulos de goniómetros en un ordenador de tipo PC o de tipo portátil dotado de tarjeta de adquisición de datos, por medio de un programa informático de gestión y tratamiento del registro, en entorno Windows. Frecuencia de muestreo de 20 Hz.
- Posibilidad de utilización conjunta con equipo y software de ErgoPose/IBV, que permite disponer de enlace de telemetría. En este caso es posible registrar simultáneamente hasta 4 ángulos de inclinómetros y hasta 4 ángulos de goniómetros, con una frecuencia de muestreo de 20 Hz.

CONCLUSIONES

La línea de desarrollo de aplicaciones en el ámbito de la Salud y Seguridad en el Trabajo del IBV está haciendo posible disponer de tecnología nacional específica y novedosa para la evaluación y prevención de riesgos asociados a las condiciones laborales, el diseño y rediseño ergonómico de puestos de trabajo, la adaptación de puestos de trabajo para personas con limitaciones funcionales o la evaluación ergonómica del trabajo de oficina.

Diversas entidades, como institutos de prevención de riesgos laborales, mutuas y empresas privadas, disponen en la actualidad de este equipamiento. Este hecho facilita la mejora continua de las aplicaciones a partir de la experiencia aportada por los usuarios, así como el abordaje de iniciativas para la puesta en común de resultados (foros) o la elaboración de cursos telemáticos específicos.

En esta línea se plantea, además de la mejora de las aplicaciones descritas, como futuros desarrollos, equipos para la evaluación de transmisión de vibraciones, análisis de condiciones ambientales, evaluación de distribución de presiones, etc.