

08-023

An Ergonomic Assessment supported by ICT in industrial metrology laboratories (ERGOMET)

Manuel Otero Mateo; Alberto Cerezo Narváez; Jose María Portela Núñez; Andrés Pastor Fernández

Universidad de Cádiz;

The number of accidents and work related diseases is a global concern. At Spanish level, the "Spanish Strategy for Health and Safety at Work 2015-2020" is the framework of public policies on health and safety. In this context, The data obtained from the ERGOMET research project are shown, which aims to respond to the social challenge of one of its lines of action: "Designing an action plan for reducing skeletal muscle disorders."

In the study, different kind of work places, repetitive tasks and different levels of efforts related to TME will be considered. For the evaluation and improvement of work places as well as with the aim to reduce the impact of occupational diseases, a ergonomic system with data logging systems supported by ICT tools has been implemented, achieving a faster and accurate identification of occupational risks.

The article shows the results in the University area, implementing it in laboratories of the School of Engineering of the University of Cadiz, extrapolable to the industrial sector, particularly in testing and calibration laboratories.

Keywords: Ergonomics; ICT; Metrology; University; Environmental conditions.

Evaluación ergonómica soportado por tic en laboratorios de metrología industrial (Ergomet)

El número de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo es una preocupación a nivel mundial. En el ámbito español, la "Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020" es el marco de referencia de las políticas públicas en materia de seguridad y salud. En este contexto, se muestran los datos obtenidos del proyecto de investigación ERGOMET, que trata de dar respuesta al reto social que supone una de sus líneas de actuación "Diseñar un plan de acción para la reducción de los trastornos musculoesqueléticos (TME)".

En el estudio se contemplan diferentes puestos de trabajo, tareas repetitivas y diferentes niveles de esfuerzo, origen de los TME. Para la evaluación y mejora de los puestos de trabajo, se ha implantado un sistema ergonómico, a través de sistemas de captación de datos soportados por las TIC, consiguiendo una identificación más rápida y precisa de los riesgos laborales, en la búsqueda de disminuir el impacto de las enfermedades profesionales, y en especial los TME.

El artículo muestra los resultados de la implantación el ámbito Universitario, concretamente en los Laboratorios de docentes de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz, extrapolable al ámbito industrial para los laboratorios de ensayo y calibración.

Palabras clave: Ergonomía; TIC; Metrología; Universidad; Condiciones ambientales.

Correspondencia: Andrés Pastor Fernández andres.pastor@uca.es

Agradecimientos: Al Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial de la Universidad de Cádiz, así como al Grupo de Investigación TEP955 – Ingeniería y Tecnología para la Prevención de Riesgos Laborales (INTELPREV).



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

El número de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo es una preocupación a nivel mundial, tal como señala la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). En el ámbito estatal, la “Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020” (INSHT, 2015a) es el marco de referencia de las políticas públicas en materia de seguridad y salud, orientando las actuaciones de las instituciones competentes para responder la demanda de nuestra sociedad. En este contexto, el presente proyecto trata de dar respuesta al reto social que supone una de sus líneas de actuación “Diseñar un plan de acción para la reducción de los trastornos musculoesqueléticos”.

Entre las diferentes disciplinas preventivas que estudian los factores de riesgo, según RD 39/1997, la centrada en el análisis de los puestos de trabajo, adaptación de equipos, máquinas y otros utensilios a la persona, y por ende de los trastornos musculoesqueléticos (TME) es la Ergonomía. Esta disciplina preventiva, con métodos de estudio internacionalmente reconocidos, va a proporcionar la base científica del presente proyecto.

Para la evaluación y mejora de los puestos de trabajo, se intenta diseñar conceptualmente un sistema ergonómico, a través de sistemas de captación de datos no invasivos y soportados por las TIC, consiguiendo una identificación más rápida y precisa de los riesgos laborales, en la búsqueda de disminuir el impacto de las enfermedades profesionales, y en especial los TME. En el desarrollo del sistema se tiene en cuenta no solamente la fiabilidad de las evaluaciones ergonómicas sino el factor coste, para que el sistema sea asumible por las PYME.

El presente artículo muestra los avances del proyecto de investigación UCA PR2016-050 “Evaluación ergonómica soportado por TIC en laboratorios de metrología industrial (ERGOMET)”, proyecto de investigación alineado con las prioridades temáticas y científico-técnicas del “Plan Estatal de investigación científica, técnica y de innovación”, en el reto “Economía y Sociedad Digital”, y específicamente en “Aplicaciones y Soluciones TIC”. El proyecto actúa no solamente sobre la “salud y el bienestar social” de los trabajadores a través de las mejoras de las condiciones de los puestos de trabajo (apartado vi), sino también en aspectos “empresariales y especialmente orientadas a PYME” (apartado i), al ser un sistema de bajo coste, flexible e integrador.

Como campo de estudio, debido a la duración máxima establecida en la convocatoria (un año), se están realizando mediciones ergonómicas y de condiciones ambientales en el ámbito Universitario, concretamente en los Laboratorios de docentes de la Escuela Superior de Ingeniería de Cádiz, para posteriormente aplicarlo en el ámbito industrial a los laboratorios de ensayo y calibración de la empresa “Servicios Avanzados de Ingeniería para la Certificación y la Acreditación, S.L.” (SAICA S.L.). En este ámbito, se contemplan diferentes puestos de trabajo, tareas repetitivas y diferentes niveles de esfuerzo, origen de los TME. Dichos trabajos pueden ser extrapolados en condiciones más desfavorables al ámbito industrial, aplicándolos a diferentes sectores productivos, como por ejemplo la verificación dimensional de procesos industriales.

El proyecto es multidisciplinar, con la participación de especialistas titulados en las distintas modalidades preventivas (Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicología aplicada y Medicina en el Trabajo). Además, se colaborará con los Servicios de Prevención, tanto de ámbito Universitario (UCA), como del sector Industrial (SAICA S.L.), permitiendo realizar análisis comparativos y no solo proteger a los trabajadores actuales del sector industrial, sino también a los futuros trabajadores, en este caso los alumnos de los laboratorios docentes de la Escuela Superior de Ingeniería.

2. Antecedentes

Desde 1948, con la creación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se comienza con la gestión internacional de las políticas de prevención, promoción e intervención en salud. A nivel europeo, un hito importante ha sido la directiva europea 89/391/CEE (Unión Europea, 1989), transpuesta al derecho español en la Ley 31/1995, de prevención de Riesgos Laborales, marco de referencia para establecer los derechos y obligaciones, tanto de los trabajadores como de los empresarios, así como promover las condiciones de salud integral, entendiendo esta como “un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades”.

Esta definición engloba no solamente los daños sufridos el trabajador de forma repentina e inesperada (accidentes de trabajo), sino también la degeneración progresiva de dicha salud, consecuencia de unas condiciones del puesto de trabajo inadecuadas (origen de las enfermedades profesionales). No obstante, para que una enfermedad tenga el calificativo de “profesional”, debe de atribuirse de manera inequívoca a factores relacionados con el trabajo, y estar reconocidas por la legislación vigente. El caso de España corresponde al Real Decreto 1299/2006, siendo destacable el alto número de enfermedades profesionales que han sido reconocidas a nivel estatal.

En la estadística de accidentes de trabajo del 2014 (España, 2014), publicada recientemente por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social, última ya categorizada con datos definitivos, se indica que:

“Durante el año 2014 se han producido 491.099 accidentes de trabajo con baja, de los cuales 424.625 ocurrieron durante la jornada laboral y 66.474 fueron accidentes in itinere. En comparación con los datos del año anterior, se producen subidas del 5,0% en los accidentes en jornada y del 4,3% en los in itinere. Se han producido además 698.024 accidentes sin baja, que supone un ascenso del 1,4% en comparación con los datos de 2013”

Destacando además que:

“Se han producido un total de 580 accidentes mortales en 2014, que supone un incremento de 22 fallecimientos con respecto a datos de 2013.”

En este estudio no se incluyen las enfermedades profesionales, que son objeto de otro promovido por el Ministerio de Empleo y Seguridad social, y elaborado por el Observatorio de Enfermedades Profesionales (CEPROSS) y de Enfermedades Causadas o Agravadas por el Trabajo (PANOTRATSS) (España, 2015), en el que se refleja que:

“... en el año 2014 se han producido un total de 22.949 patologías causadas por el trabajo, 17.260 expedientes de enfermedades profesionales y 5.689 expedientes de patologías no traumáticas causadas o agravadas por el trabajo.”

Se muestra por tanto la alta relación de enfermedades profesionales en España, de manera que por cada 1.000 accidentes profesionales se tienen unos 47 casos de enfermedades profesionales, enfermedades que van a soportar el trabajador a lo largo de toda su vida, en la mayoría de los casos.

El citado Real Decreto 1299/2006, subdivide las “enfermedades profesionales” en seis clases, dentro de las cuales existe un apartado dedicado al entorno físico, encuadrándose en este las enfermedades que originan trastornos musculoesqueléticos (TME), objeto principal de nuestro proyecto. En el estudio de las enfermedades profesionales (España, 2015), se pueden observar que, de las 17.260 enfermedades profesionales diagnosticadas, 14.131 corresponden al entorno físico y 12.525 son las que se pueden atribuir a los TME. Es importante, reseñar también el análisis que se realiza en la Segunda Encuesta Nacional de Gestión de Riesgos Laborales en las Empresas (INSHT, 2015b), elaborado por el Instituto

Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el que se indica la Exposición a los Riesgos Laborales en España, situando en primera línea a “posiciones que producen dolor o cansancio, incluido estar sentado mucho tiempo” y “movimientos repetitivos de mano o brazo”, que corresponden a los que tienen una relación directa con los TME.

Figura 1: Exposición a Riesgos en España (INSHT, 2015b)



Base España: total de centros de trabajo (N= 3.162).

Nota: las barras de color claro corresponden a los riesgos psicosociales.

Entre las diferentes disciplinas preventivas que estudian los factores de riesgo, tal como establece el Real Decreto 39/1997, la centrada en el análisis de los puestos de trabajo, adaptación de equipos, máquinas y otros utensilios a la persona, y por ende de los trastornos musculo-esqueléticos (TME) es la Ergonomía. Esta disciplina preventiva, con métodos de estudio internacionalmente reconocidos, va a proporcionar la base científica para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

Existen diferentes metodologías de estudios ergonómicos, las cuales analizan los riesgos que originan la aparición de TME, destacan el método de Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) (Karhu, Kansu & Kuorinka, 1997), referente para el análisis de la fatiga física en los puestos de trabajo, así como otros métodos específicos para partes del cuerpo, el denominado Rapid Upper Limb Assessment (RULA) (McAtamney & Nigel, 1993), o el método Rapid Entire Body Assessment (REBA) (Hignetta & McAtamney, 2000), de aplicación a posturas forzadas.

El método OWAS ha permitido el estudio de diferentes configuraciones posturales en entornos industriales (Karhu, Kansu & Kuorinka, 1997), consiguiendo identificar y clasificar la importancia de los riesgos ergonómicos asociadas a las distintas tareas desempeñadas por el trabajador. Aparece en este momento el principal problema en la evaluación de los riesgos, no solamente del método OWAS, sino del resto de métodos de análisis ergonómicos, afectados tanto por la subjetividad del técnico prevencionista en la identificación del ángulo postural, que influye en el valor asignado a la postura y condiciona la gravedad del riesgo, como también por el tiempo del muestreo, ya que es necesario una observación continuada, siendo inviable para análisis posturales donde el trabajador desempeñe diferentes movimientos continuados y no repetitivos. Este inconveniente se ha intentado solucionar a través de las Tecnologías de la Información (TIC), con sistemas autónomos soportados por el trabajador, mencionar por ejemplo el estudio realizado por Valero et al., específico en el sector de la construcción (Valero et al., 2016), destacando dicho artículo la importancia de la detección de los movimientos por sistemas autónomos,

como es el caso de un sistema inalámbrico portátil integrado en la red corporal y han permitido verificar la efectividad del método con la integración de las TIC y su relación con los TME, condicionado por un equipo instalado sobre el propio trabajador.

Actualmente, para solucionar el problema de utilizar sistemas de captación invasivos (sobre el trabajador), con el consecuente impacto no solamente físico sino mental de sentirse “observado”, existen en el mercado algunos sistemas de bajo coste que se han utilizado para el mismo propósito, como por ejemplo el elegido por los profesores Diego-Mas y Alcaide-Marzal (2014), a través del sistema Kinect Microsoft para la observación y evaluación de las posturas de trabajo, validados previamente por Clark et al. (2012). Ambos estudios se incluyen en la revisión metodológica realizada por el Dr. Pimentel do Rosario (2014) en su estudio de revisión del estado actual en los diferentes métodos de evaluación biomecánica de las posturas en el ser humano, permitiendo tener una visión holística de la ergonomía postural dinámica, también objeto del presente proyecto de investigación. El avance que ha supuesto la utilización del sensor Kinect de Microsoft para la ergonomía laboral realizada por los profesores Diego-Mas y Alcaide-Marzal (2014), ha marcado un hito que intentamos complementar con la utilización de sensores que contemplen las condiciones ambientales, proporcionando una visión global del puesto de trabajo.

Como campo de estudio, se va a centrar la investigación en el Centro de Metrología Industrial (CMI) de la Universidad de Cádiz, ubicado en la Escuela Superior de Ingeniería, cuyas condiciones e instalaciones se rigen bajo la norma internacional ISO/IEC 17025 (ISO, 2005a), que dependiendo del tipo de calibración tendrá unas exigencias para asegurar la incertidumbre y validez de las mediciones. Las condiciones ambientales cumplen diferentes estándares (ANSI, 2003; CNRC, 2003; ISA, 2006; National Academy Press, 2000; National Physical Laboratory, 1998; NIST, 2003; NIST, 2004; UKAS, 2001) de amplia manera recogidos en la publicación dedicada al diseño de laboratorios (Griffin, 2005).

En el ámbito de los laboratorios de metrología dimensional (Martin, Flores & Sebastian, 2009; Osawa et al., 2001) se contemplan diferentes puestos de trabajo en los que se realizan diferentes tareas repetitivas y con diferente nivel de esfuerzo que pueden ser origen de los TME. Dichos trabajos pueden ser extrapolados en condiciones más desfavorables al ámbito industrial, aplicándolos a diferentes sectores productivos como por ejemplo la verificación dimensional de procesos industriales.

3. Objetivos

Dentro del proyecto de investigación PR2016-050, se encuentran los siguientes objetivos:

- Revisión del estado actual de la evaluación de riesgos ergonómicos y los trastornos musculoesqueléticos (TME). Será necesario profundizar en los métodos de evaluación ergonómicos posturales, así como las investigaciones existentes sobre el origen de los TME, desde la especialidad prevencionista de Medicina del Trabajo.
- Evaluación de riesgos ergonómicos en laboratorios de metrología docente e industrial, así como su relación con trastornos musculoesqueléticos (TME).
- Implantación de un sistema ergonómico de captación no invasivo de bajo coste.
- Estimación del error en la evaluación de riesgos ergonómicos aplicando Tecnologías de la Información (TIC) para la adquisición y procesamiento de datos ergonómicos en laboratorios de metrología.
- Mejora de la formación en prevención de riesgos laborales ergonómicos con la aplicación de las Tecnologías de la Información (TIC).

Específicamente, en el presente artículo se analizan las condiciones ambientales que afectan a los puestos de trabajo de los técnicos de laboratorio, en sus distintas áreas: dimensional; fuerza y par; presión y vacío; masa; temperatura.

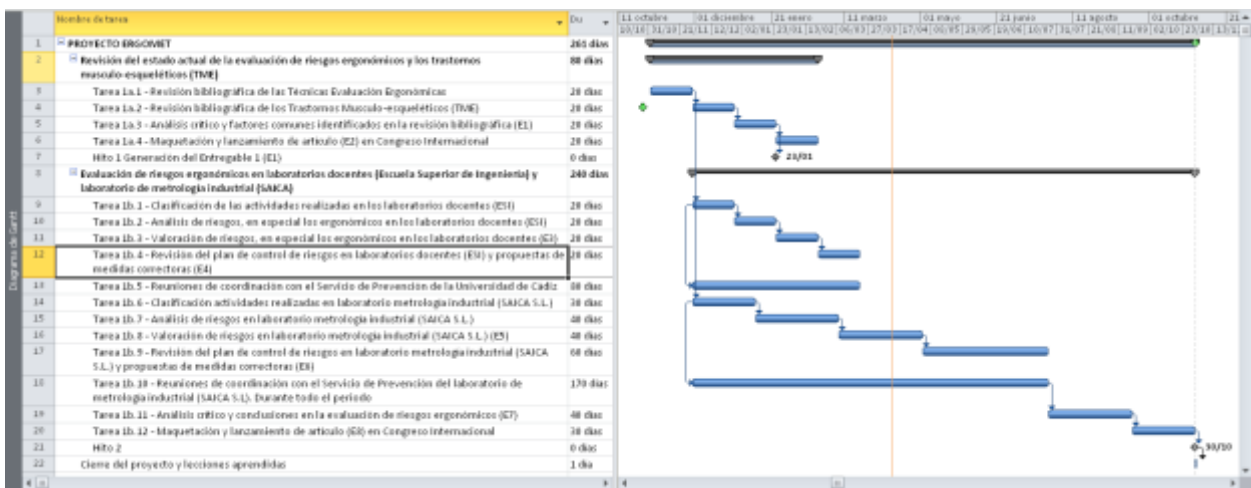
4. Metodología y caso de estudio

La metodología propuesta está basada en la Norma Internacional ISO 21500 (ISO, 2012) sobre “directrices para la dirección y gestión de proyectos”, así como la guía de conocimiento “PMBOK® 5º edición” (PMI, 2013), sobre fundamentos para la dirección de proyectos del Project Management Institute (PMI), y la “ICB 4.0” (IPMA, 2015), sobre bases de competencias para la dirección de proyectos de la International Project Management Association (IPMA).

La Norma Internacional ISO 21500 (ISO, 2012) proporciona el marco metodológico teórico, permitiendo obtener una descripción de alto nivel de los conceptos y procesos que se consideran para formar buenas prácticas en la gestión de proyectos. Por otro lado, la guía PMBOK® 5º edición (PMI, 2013), sobre fundamentos para la dirección de proyectos del Project Management Institute (PMI) nos facilitará las Técnicas y Herramientas de la dirección de proyectos para alcanzar los distintos objetivos específicos, proporcionando información a quien debe tomar las decisiones (Investigador Principal). En cuanto a la International Competence Baseline (ICB) versión 4.0 (IPMA, 2015), de la International Project Management Association (IPMA, no solamente aportará conocimientos en el ámbito de competencias técnicas, desarrolladas en la guía del PMBOK, sino también competencias de comportamiento (actitudes y destrezas del director de proyecto) y contextuales (relaciones con el entorno).

En la figura 2 se muestra el cronograma del proyecto, con las fechas e hitos claves del proyecto de investigación:

Figura 2: Cronograma del proyecto de investigación UCA PR2016-050



Respecto al Centro de Metrología Industrial (2017), caso de estudio del proyecto de investigación PR2016-050, es una división de apoyo técnico en el ámbito dimensional, con los siguientes servicios:

- Realización de actividades de medición, calibración y certificación acreditada de elementos de medida y comprobación en las magnitudes de longitud, ángulo, parámetros geométricos (redondez, planitud) y órganos roscados.

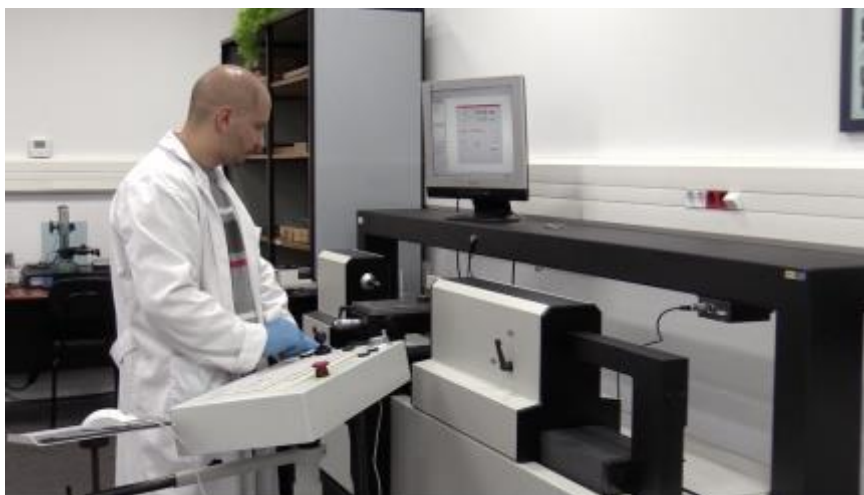
- Realización de mediciones dimensionales, geométricas (redondez, planitud, rectitud, paralelismo, cilindricidad, concentricidad, coaxialidad, oscilación radial) y acabados superficiales.
- Calibración y certificación trazable en Metrología Mecánica: Masa (balanzas); Fuerza y Par (momentos); Presión y Vacío.
- Asesoría para el diseño, implantación y auditoría de Sistemas de Gestión en laboratorios de calibración y ensayos según ISO/IEC 17025 (ISO, 2005a) e ISO 9001 (ISO, 2015).
- Análisis, diseño, implantación y mantenimiento de sistemas de gestión integrados de metrología, según normas ISO 10012 (ISO, 2003) y UNE 66180:2008 (AENOR, 2008).
- Diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas para la gestión de laboratorios.
- Unidad acreditada por ENAC (180/LC486) para la calibración y medición en el área dimensional, según norma UNE-EN ISO/IEC 17025 (ISO, 2005a).

En la figura 3 y 4 se muestran varias imágenes de las instalaciones del CMI.

Figura 3: Zona de trabajo del Centro de Metrología Industrial (1)



Figura 4: Zona de trabajo del Centro de Metrología Industrial (2)



En cuanto a las condiciones ambientales de los puestos de trabajo del personal técnico de laboratorio, el Centro de Metrología Industrial consta de un sistema de acondicionamiento de aire en circuito cerrado en las salas de calibración, con unas condiciones estables de temperatura, durante todo el año, en la figura 3 se muestran los datos de temperatura (color rojo) y humedad (color azul) en diciembre de 2016 (periodo invierno) y en la figura 4 los datos correspondientes a marzo de 2017.

Figura 3: Gráfica Temperatura y Humedad en el CMI (diciembre 2016)

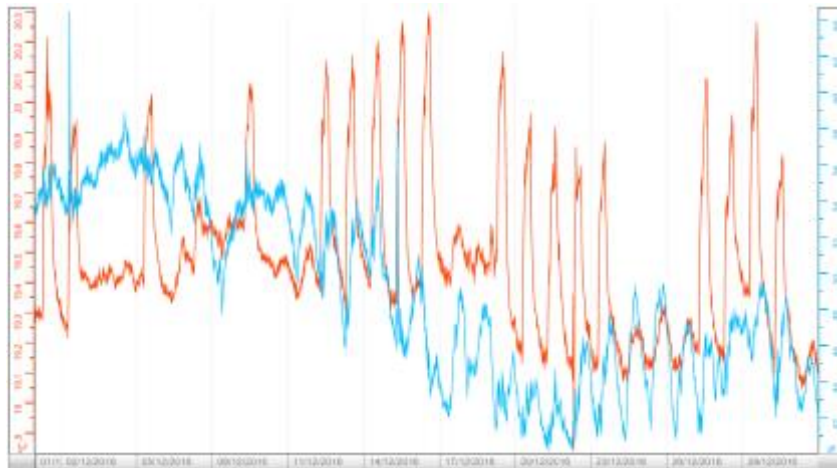
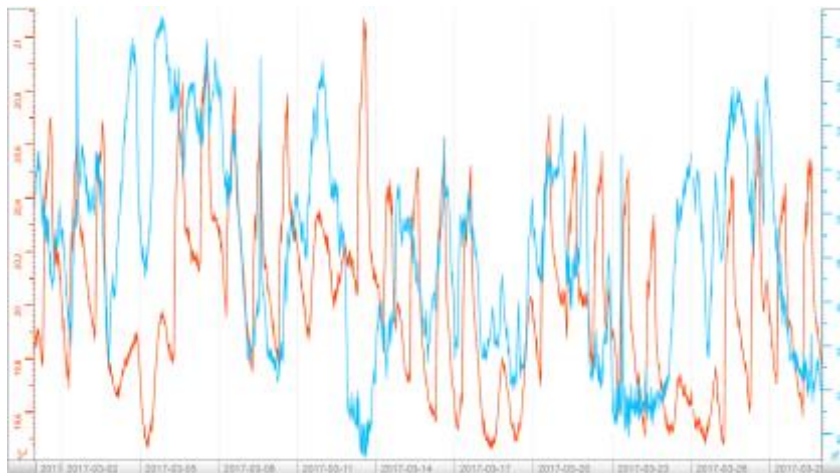


Figura 4: Gráfica Temperatura y Humedad en el CMI (marzo 2017)



Como se puede observar, el CMI según procedimiento de trabajo, consta de una temperatura ambiental de $(20,0 \pm 1,0)$ °C y una humedad relativa inferior al 65%, las cuales han sido contrastadas con la normativa vigente en Prevención de Riesgos Laborales.

5. Resultados

La normativa legal que determina las condiciones ambientales en los lugares de trabajo se recoge en el Anexo III del Real Decreto 486/1997, de Lugares de trabajo. En este criterio se valoran los siguientes parámetros:

- Temperatura de los locales.
- Humedad relativa.

- Velocidad del aire

Tomando como referencia los parámetros ambientales obtenidos procederemos a su evaluación. A este fin, el RD 486/1997 y normativa específica sobre diseño de instalaciones térmicas "Evaluación del Bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD" (Armendáriz, 2001) deberán cumplirse los siguientes valores.

Figura 5: Disposiciones mínimas sobre bienestar térmico (Armendáriz, 2001)

	R.D. 486/97 L.T. (Condiciones ambientales de locales cerrados)	R.D. 1751/1998 RITE (Condiciones de diseño de las instalaciones térmicas)	R.D. 1027/2007 RITE (Condiciones de diseño de las instalaciones térmicas)
Humedad relativa (%)	30 - 70 <i>Con electricidad estática:</i> 50 - 70	40 - 60	Verano: 45 - 60 Invierno: 40 - 50
Temperatura (°C)	<i>Trabajos sedentarios:</i> 17 - 27 ^(*) <i>Trabajos ligeros:</i> 14 - 25	-	-
Temperatura operativa (°C)	-	Verano: 23 - 25 Invierno: 20 - 23	Para PPD<10%; M=1,2 met; una ropa de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno: Verano 23 - 25 Invierno 21 - 23
Velocidad del aire (m/s)	<i>Trabajos sedentarios:</i> Amb.calurosos: ≤ 0,5 Amb. no calurosos: ≤ 0,25 <i>Trabajos no sedentarios:</i> Amb.calurosos: ≤ 0,75 A. acondicionado: ≤ 0,35	Verano: 0,18 - 0,24 Invierno: 0,15 - 0,20	Calcular en función de la temperatura del aire, la intensidad de turbulencia y tipo de difusión del aire

(*) La Guía Técnica del INSHT sobre lugares de trabajo recomienda mantener la temperatura entre 17 °C y 24 °C en invierno y entre 23 °C y 27 °C en verano.

Con una temperatura ambiental de $(20,0 \pm 1,0)$ °C y una humedad relativa inferior al 65%, no encontraríamos cumpliendo los límites del RD 486/1997, no obstante, con la temperatura ambiental indicada sería necesaria la valoración de confortabilidad térmico, reflejada en la norma ISO 7730 (ISO, 2005b), la cual realiza la determinación analítica e interpretación del bienestar térmico.

La valoración final se expresa a través de dos índices: el índice PMV (del inglés Predicted Mean Vote) y el índice PPD (del inglés Predicted Percentage of Dissatisfied). El índice PMV proporciona la estimación de la sensación térmica, mientras que el PPD proporciona información sobre el grado de incomodidad.

El índice PMV se puede obtener mediante la utilización de un equipo de medida directa, utilizando el programa informático proporcionado en la norma UNE o bien de las tablas, incluidas en la norma, que proporcionan valores de PMV para diferentes combinaciones de actividad, vestimenta, temperatura operativa y velocidad relativa del aire.

Los valores recomendados para proporciona un bienestar térmico global al 90% de los trabajadores, según la norma ISO 7730 (ISO, 2005b) son una de las dos siguientes:

- $-0,5 < PMV < +0,5$
- $PPD < 10\%$

Además, la norma recomienda usar el índice PMV para evaluar el bienestar térmico, para los puestos de técnico de laboratorio, será válido el método únicamente cuando su valor esté comprendido entre +2 y -2, y, además, los valores de los seis parámetros principales estén comprendidos en los intervalos siguientes:

- $M = 46 \text{ W/m}^2$ a 232 W/m^2 (0,8 a 4met) – Tasa Metabólica.
 - Tasa metabólica M de aprox. 70 W/m^2 , equivalente 1,2 met, aproximado para una actividad sedentaria (laboratorio). Cumpliendo el requisito.
- $I_{cl} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ a $0,310 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ (0 clo a 2 clo) – Aislamiento de la ropa.
 - Aislamiento térmico de aprox. $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, equivalente 1,00 clo (ropa de invierno) y aprox. $0,140 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$, equivalente 0,90 clo (ropa de temperatura suave). No poseen ropa especial de trabajo, solamente una bata de laboratorio. Cumpliendo el requisito.
- $t_a = 10 \text{ °C}$ a 30 °C – Temperatura del aire.
 - Temperatura del aire de $20,0 \pm 1,0 \text{ °C}$. Según registros, se utiliza el valor medio de $19,4 \text{ °C}$ con temperatura exterior frío y de $20,6 \text{ °C}$ temperatura exterior suave. Cumple el requisito.
- $t_r = 10 \text{ °C}$ a 40 °C – Temperatura radiante.
 - Temperatura radiante asimilada a temperatura de globo, se utiliza el valor medio de $20,3 \text{ °C}$ con temperatura exterior frío y $21,6 \text{ °C}$ con temperatura exterior suave. Cumple el requisito.
- $v_{ar} = 0 \text{ m/s}$ a 1 m/s – Velocidad relativa del aire.
 - Velocidad de aire $0,15 \text{ m/s}$ con temperatura exterior frío y $0,20 \text{ m/s}$ con temperatura exterior suave. Cumple el requisito.

A continuación, aplicando el método **Fanger (1972)**, para la estimación de la sensación térmica, y aplicando la herramienta informática de la plataforma ergonautas (Diego-Mas, 2015), se han obtenido los resultados reflejados en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados de aplicación del método Fanger en el CMI

	Época fría	Época templada
Tasa metabólica – M (met)	1,20	1,20
Aislamiento de la ropa - I_{cl} (clo)	1,00	0,90
Temperatura Aire - t_a (°C)	19,40	20,60
Temperatura Radiante - t_r (°C)	20,30	21,60
Velocidad del aire - v_{ar} (m/s)	0,15	0,20
Humedad Relativa (%)	50,00	48,00
Voto medio Estimado (PMV)	- 0,58	- 0,40
Porcentaje de Insatisfechos (PPD)	11,1 %	8,33 %
Situación	Inadecuada	Satisfactoria

6. Conclusiones

Según los resultados obtenidos se plantea un problema de discomfort térmico en el Centro de Metrología Industrial para la época fría, ya que, aunque los valores están muy próximos a la situación de confort (% PPD) inferior al 10%, habría que plantear medidas correctoras.

Debido a las características del puesto de trabajo y las condiciones ambientales para desempeñar las funciones de metrología, no es posible una actuación sobre las temperatura y humedad más allá de las establecidas en los procedimientos de trabajo, ya que invalidarían las medidas de calibración realizadas.

La única forma de actuación, sería por un lado aumentar la tasa metabólica, algo que no es posible debido al trabajo sedentario que realizan los técnicos del CMI.

El factor a intervenir sería por tanto el aislamiento de la ropa, aumentando en el caso de la época fría el aislamiento de la ropa a 1,1 clo. Por ejemplo, con la mejora del aislamiento del asiento (sillón ejecutivo) y un chaleco, se podría alcanzar esos valores sin problema. En ese caso en época fría se alcanzaría un PMV de -0,42 (situación satisfactoria).

En el caso de época templada, el valor límite sería 0,9 clo. Esto requiere un mayor cuidado en la ropa de trabajo en épocas cálidas, donde un valor usual de la ropa de uso diaria podría ser 0,63 clo (incluyendo el uso de bata de laboratorio), por lo que la situación podría pasar a inadecuada, con un PMV de -0,98 (situación inadecuada).

7. Referencias

- Armendáriz, P. (2001). *Evaluación del bienestar térmico en locales de trabajo cerrados mediante los índices térmicos PMV y PPD*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. Obtenido de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ambiente%20termico/ficheros%20Documento%20tecnico%20especifico/DTEEvaluacionBienestarAmbienteTermico.pdf>
- AENOR (2008). *UNE 66180:2008 - Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la gestión y evaluación metrológica*. Madrid: Asociación Española de Normalización [AENOR].
- ANSI (2003). *ANSI/ASME B 89.6.2: Temperature and Humidity Environment for Dimensional Measurements*. Washington: American National Standards Institute [ANSI].
- Clark, R.A, Pua, Y.H, Fortin, K, Ritchie, C, Webster, K.E, Denehy, L, & Bryant, A.L. (2012, julio). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait & Posture*, 36(3), 372-377.
- Centro de Metrología Industrial (CMI). (2017). Obtenido el 16 de abril de 2017, desde <http://cth.uca.es/esp/laboratorios/1/centro-de-metrologia-industrial-division-de-apoyo-tecnologico-area-dimensional>
- CNRC (2003). *National Research practices for calibration laboratories*. Ottawa: National Research Council Canada [CNRC].
- Diego-Mas, J.A, & Alcaide-Marzal, J. (2014, julio). Using Kinect (TM) sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*, 45(4), 976-985.
- Diego-Mas, J.A. (2015). *Evaluación del confort térmico con el método fanger*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger/fanger-ayuda.php>
- España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de noviembre de 1995, núm. 269, pp. 32590-32611.
- España. Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial del Estado*, 31 de enero de 1997, núm. 27, pp. 3031-3045.

- España. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de abril de 1997, núm. 97, pp. 12918-12926.
- España. Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. *Boletín Oficial del Estado*, 19 de diciembre de 2006, núm. 302, pp. 44487-44546.
- España (2014). *Estadística de Accidentes de Trabajo*. Obtenido el 16 de abril de 2017, de Ministerio de Empleo y Seguridad Social, Subdirección general de Estadística: http://www.empleo.gob.es/estadisticas/eat/eat14/Resumen_resulta_dos_ATR_2014.pdf
- España (2015a). *Informe Anual 2014. Observatorio de Enfermedades Profesionales (CEPROSS) y de Enfermedades Causadas o Agravadas por el Trabajo (PANOTRATSS)* (número de publicación NIPO 270-15-059-8). Madrid: Ministerio de España.
- Fanger, P.O. (1972). *Thermal Comfort*. New York: Mc Graw Hill.
- Griffin, B. (2005). *Laboratory design guide*. Oxford, UK: Architectural Press (Elsevier).
- Hignetta, S, & McAtamney, L. (2000, abril). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205.
- INSHT (2015a). *Estrategia de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020* (número de publicación NIPO 272-15-056-6). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT].
- INSHT (2015b). *Encuesta Nacional de Gestión de Riesgos Laborales en las Empresas. ESENER-2 – España* (número de publicación NIPO 272-15-074-9). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT].
- IPMA (2015). *ICB: Individual competence baseline for project, programme & portfolio management (4^o ed)*. Nijkerk: International Project Management Association [IPMA].
- ISA (2006). *ISA-TR52.00.01: Recommended Environments for Standards Laboratories*. Pittsburgh: The Instrumentation, Systems, and Automation Society [ISA].
- ISO (2003). *ISO 10012:2003 - Measurement management systems -- Requirements for measurement processes and measuring equipment*. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2005a). *ISO/IEC 17025:2005 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2005b). *ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2012). *ISO 21500:2012 - Guidance on project management*. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- ISO (2015). *ISO 9001:2015 – Quality management systems - Requirements*. Ginebra: International Organization for Standardization [ISO].
- Karhu, O, Kansil, P, & Kuorinka, I. (1997, diciembre). Correcting Working Postures in Industry: Practical Method for Analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201.
- Martin, M.J, Flores, I, & Sebastian, MA. (2009, noviembre). Analysis of Standards and Specific Documentation about Equipment of Dimensional Metrology. *American Institute of Physics*, 1181(1), 213-221.
- McAtamney, L, & Nigel, E. (1993, abril). RULA: a survey method for the investigation of work related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99.
- National Academy Press (2000). *Laboratory Design, construction and renovation: Participants, Process, and Product*. Washington, DC: Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Applications.

- National Physical Laboratory (1998). *Measurement Good Practice No. 8. Human Factors in Measurement and Calibration*. Middlesex, UK: National Physical Laboratory.
- NIST (2003). *NIST Handbook 143: State Weights and Measures Laboratories Program Handbook*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology [NIST].
- NIST (2004). *NIST Handbook 150-2G: Calibration laboratories. Technical Guide for Mechanical Measurements*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology [NIST].
- Osawa, S, Takatsuji, T, Hong, J, Noguchi, H, & Kurosawa, T. (2001, junio). Evaluation of the performance of a novel laser tracker used for coordinate measurements. *Recent Developments in Traceable Dimensional Measurements*, 4401.
- Pimentel do Rosario, J.L. (2014, julio). Biomechanical assessment of human posture: A literature review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 18(3), 368-373.
- PMI (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (5ª ed)*. Pennsylvania: Project Management Institute [PMI].
- Unión Europea. Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 29 de junio de 1989, núm. 183, pp. 1-8.
- UKAS (2001). *UKAS Publication ref. LAB 36: Laboratory Accommodation and Environment in the Measurement of Length, Angle and Form*. Middlesex, UK: United Kingdom Accreditation Service [UKAS].
- Valero, E, Sivanathan, A, Bosche, F, & Abdel-Wahab, M. (2016, mayo). Musculoskeletal disorders in construction: A review and a novel system for activity tracking with body area network. *Applied Ergonomics*, 54, 120-130.