

DATOS ANTROPOMETRICOS COMO FUNDAMENTO PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCION DE MAQUINAS

Resumen de la Ponencia del mismo título presentada por el Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo en el II Coloquio Internacional Hombre-Máquina-Ambiente. Aquisgran 1978.

JULIO ALBA RIESCO

Ingeniero Industrial

Jefe del Departamento de Estudios y Normalización del Instituto Territorial de Sevilla del Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo.

JOSE MARIA ARRIAGA SANZ

Ingeniero Industrial.

Departamento de Estudio y Normalización del Instituto Territorial de Sevilla del Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo.

La Ergonomía, como técnica de seguridad del trabajo, tiene un desarrollo relativamente reciente y como tal, también son nuevas las aplicaciones de las medidas de las dimensiones humanas al diseño de equipos. Sin embargo, los gigantescos pasos que el desarrollo de la humanidad ha dado en el siglo XX, ha ido haciendo necesaria la progresiva adaptación de las máquinas, equipos e instalaciones a las características de los hombres que las manejan.

Es obvio que los valores antropométricos son tenidos en cuenta por aquellos que tienen la responsabilidad de realizar el diseño de máquinas e instalaciones. Entre las normas nacionales o internacionales que en cada país utilizan los diseñadores de máquinas, no faltan, desde luego, las que hacen referencia a las características dimensionales medias de las personas.

Sin embargo, cuando faltan ya pocos años para comenzar un nuevo siglo y cuando las comunicaciones y el comercio internacional ha

experimentado un auge tan importante, los datos y características que pueden ser tenidos en cuenta para la población de un país, pueden ser inútiles al considerar una población laboral más diferenciada.

Antropológicamente, son radicalmente distintos el hombre medio centroeuropeo y el sudamericano, por citar un ejemplo. Sin embargo, las máquinas que se diseñan y construyen en los países de la Comunidad Económica Europea, con patrones o normas europeas, son después utilizadas por hombres de características muy distintas a aquellos para los que han sido dimensionadas. Los turcos, griegos o españoles, como toda la población aldeaña al Mediterráneo, presenta características diferenciales de la población nórdica o escandinava.

Por otra parte, en los momentos actuales, tres países, entre ellos España, tienen solicitada su entrada en la Comunidad Económica Europea. Esta circunstancia producirá sin dudar, un

incremento notable en el comercio internacional de estos países y, sin lugar a dudas, las normativas existentes en ambas comunidades, deberán adaptarse a una única de uso común.

Existe además, un interés humanitario en el deseo de potenciar al máximo el conocimiento de unos valores antropométricos unificados. Al igual que aumenta el comercio internacional, también los intercambios de mano de obra son muy fuertes entre los distintos países. De hecho, España es un país en desarrollo que, tiene una fuerte emigración aunque ya tiende a descender. Alemania, por el contrario, en razón a su gran capacidad económica, recibe mano de obra procedente de muy diversos países. Las normas DIN, que son aplicables a la toma de dimensiones del hombre alemán, no lo son a los de otras latitudes.

Se podrá pensar que los datos antropométricos medios, no son datos rigidamente cartesianos, sino que presentan unos matices de tolerancia muy amplios al tener que considerar normalmente, los valores extremos de la población estudiada, valores que nos vienen dados por los centiles 5 y 95. Estos extremos, junto con el valor medio y la desviación típica de la distribución de valores que estamos considerando, nos deben permitir encontrar una cierta flexibilidad en las necesidades de cálculo. Bien es cierto que los centiles 5 y 95 se utilizan fundamentalmente para establecer topes máximos o mínimos, pero sin embargo creemos que pueden tener además una segunda utilidad en cuanto a establecer cotas que permitan que el trabajador pueda acomodar a la máquina o módulo de trabajo a sus peculiares características, mediante sistemas de regulación o ajuste de las distancias o dimensiones de los equipos.

La importancia que reviste el hecho de tener unos datos antropométricos adecuados queda demostrada, comprobando que casi todos los países industrializados, han concedido a este problema la trascendencia necesaria, llegando a elaborar amplios estudios y normas sobre el tema que coinciden en el espíritu aunque se diferencian, por lo expuesto anteriormente, en los valores definidos.

Podríamos citar los estudios de Damon, Stoudt y Mc Farland aplicados a la aviación militar a los de Dreyfus-Nertney, que poseen un grado de exhaustividad impresionante. Por su utilidad y manejabilidad, habría que destacar el manual de Datos Ergonómicos de Lange y Kröemer, editado por el Instituto Federal de Seguridad del Trabajo de Dortmund, etc. La relación sería muy amplia, y siempre nos dejaríamos alguno sin citar.

En España, el Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, a través de nuestro Servicio

Social de Higiene y Seguridad del Trabajo, se planteó recientemente el obtener unos datos antropométricos fiables de la población laboral española, que permitiese, mediante una comparación con las normas y valores extranjeros, conocer aunque sea aproximadamente la relación existente entre las dimensiones de los españoles y los trabajadores de otros países.

Las mediciones se realizaron sobre un total de 26 valores que, desde nuestro punto de vista, son que debemos considerar como magnitudes antropométricas fundamentales. Estos valores los hemos agrupados en tres conjuntos básicos:

- Datos generales, que incluyen edad, peso, altura total, a los ojos, a los hombros, al codo, alcance máximo vertical y al frente con la mano, perímetro torácico y anchura de hombros.
- Datos de la extremidad superior derecha, incluyendo la longitud del brazo, del antebrazo, de la mano y de su palma, perímetro del brazo, codo, antebrazo y muñeca, y espesor de la mano en la palma y en el tercer metacarpiano.
- Datos de la extremidad inferior, que incluye la longitud cadera-rodilla, altura de las rodillas, perímetro de rodillas y pantorrillas, longitud y anchura del pie.

Esta relación que hemos expuesto, sin considerar que sea la más perfecta, está en consonancia con las indicadas por varios autores, tales como Snook y Peres, si bien hemos introducido algunas variaciones que hemos juzgado necesarias para lograr con más perfección el objetivo perseguido.

No vamos a analizar aquí la importancia relativa a cada una de las medidas que acabamos de citar. Por otra parte, todas ellas son de las llamadas medidas de tipo estático, quedando por analizar las de tipo dinámico tales como los esfuerzos, velocidades, espacios, etc., así como otras circunstancias complementarias que revisten una gran importancia, como la movilidad del cuerpo, la destreza, el campo de visión, la posición fija de ojos y cabeza, etc.

El estudio de todas estas variables, consideradas para una población laboral heterogénea, es lo que constituye un auténtico análisis de puestos de trabajo desde el punto de vista de la prevención de accidentes y desde luego, entendemos que debemos comenzar a realizar estos análisis sin pausa, y considerando los valores antropométricos, al menos de, la generalidad de la población europea en edad laboral.

El análisis de los puestos de trabajo, el diseño de las protecciones de las máquinas y de sus puestos de mando y control fundamentalmente, deberán pues considerarse desde un punto de

vista europeo, es decir amplio, modificando si es necesario las normas que actualmente condicionan el trabajo de los proyectistas.

Un caso típico de aplicación de los datos antropométricos a las técnicas de seguridad del trabajo, es la construcción de la gráfica apertura-distancia, que nos relaciona la abertura máxima que se le puede permitir a un resguardo de protección de una zona peligrosa de una máquina, en función de la distancia que se encuentra de dicha zona peligrosa.

De entre estos diagramas apertura-distancia, caben destacar el descrito por la norma ANSI B 11.1, y el de la norma BS 5304.1975. Aunque entre ambas normas existen algunas diferencias, estas son mínimas y las caracterizan entre sí.

Nuestro trabajo de estudio de estas gráficas nos permitió encontrar semejanzas muy afines entre todas ellas, e incluso distintas gráficas simplificadas en forma de línea recta procedentes de empresas, y organismos diversos. Con ellas, hemos preferido proponer una gráfica lineal expresada por la relación.

$$\text{Abertura} = 0,1 \times \text{Distancia}$$

si bien, se debe considerar un valor mínimo para la abertura, de 6 mm., para distancias del resguardo al punto de peligro, inferior a 60 mm.

Otra de las aplicaciones básicas de los datos antropométricos es el estudio de las zonas óptimas de localización de los elementos de mando y control. El estudio de estas zonas exige tener en cuenta el postulado fundamental de que el área de trabajo debe diseñarse de manera que se consiga la máxima economía de movimientos.

Las zonas de alcance normal, de alcance máximo, y de actuación óptima, definidas para el trabajador sentado, son las más conocidas y más comúnmente aceptadas.

Por ello, los elementos de mando y control deben ser diseñados y emplazados dentro de estas áreas de acceso fácil y cómodo, claramente visibles, considerando los estereotipos usuales del empleado que los usa.

El diseño de estos dispositivos presenta características que son pues, muy singulares y que han sido ampliamente estudiadas por el Ingeniero Sr. Troxles.

Y al igual que con la gráfica apertura-distancia, la determinación de zonas a que acabamos de referirnos, también deben diferenciarse en matices, en función de los países que las empleen.

Debemos tender, por lo tanto, a una unificación de todo lo relativo a las condiciones de seguridad en el puesto de trabajo, y muy fundamentalmente al intercambio de información entre los países que permita o bien unificar las normas nacionales según criterios generales, o al menos tener en cuenta las particularidades de

otros colectivos al realizar los diseños de máquinas.

Del análisis pormemorizado del estudio realizado en España, se obtuvieron una serie de conclusiones que avalan todo lo anteriormente dicho. Para una muestra de 4.220 trabajadores varones estudiados, se ha obtenido una talla media de 168 cm. frente a los 176 cm. que las normas DIN, establecen para el alemán los 175 cm. que Dreyfuss aplica al norteamericano, y los 173 cm. que consideran los franceses para sus trabajadores.

Algo similar ocurre con la mujer trabajadora, cuyos datos, procedentes de una muestra de 1.110 casos, han sido elaborados en proceso singular, obteniendo un resultado de 158 cm. frente a los 166 cm. de la alemana.

Creemos que la importancia que revisten estas consideraciones es grande para los técnicos y los trabajadores. Para aquellos porque es su responsabilidad el realizar un adecuado proyecto, considerando todas las variables que se originen.

Para los trabajadores porque del diseño ergonómico de los equipos dependen en gran parte del éxito de las medidas de prevención de accidentes que se adopten en las empresas, medidas que les afectan principalísimamente.

Por otra parte, independientemente de las consideraciones anteriores, somos conscientes todos, de que una de las causas de la fatiga laboral es la falta de acomodación entre el hombre y la máquina, que origina un mayor cansancio, pérdida de reflejos, etc. posibilitando el que ocurra el accidente. Por ello la consideración ergonómica y antropométrica debe ser parte integrante en el diseño, y sobre todo contener un planteamiento correcto del problema analizado.

Como orientación general, nos permitimos proponer una serie de principios básicos que creemos deben ser tenidos en cuenta al considerar el diseño de máquinas y al realizar estudios de puestos de trabajo.

- 1º.- Considerar ante todo al trabajador en sí y al ambiente que lo rodea.
- 2º.- Considerar las cualidades propias del operador antes que las de la máquina.
- 3º.- Considerar la funcionalidad dinámica del operador en su trabajo.
- 4º.- Considerar que la funcionalidad del trabajador varía con las características físicas personales.
- 5º.- Por último considerar unos adecuados márgenes de seguridad.

En líneas generales, todo puede centrarse en tres postulados principales:

- a) Proyectar en función del hombre medio teórico, europeo.
- b) Tener en cuenta los valores extremos de la población.
- c) Proyectar en base a medidas regulables.