

# Nuevas tendencias y desafíos de la ergonomía aplicada a la productividad

MANUEL RUIZ RIPOLLÉS

Ergónomo. Ingeniero técnico-químico. Coordinador de Ergonomía de FREMAP

## SUMARIO

*Las nuevas tecnologías propician las nuevas formas de organización que dan respuesta a las necesidades de mejora. La modificación de los equipos de trabajo por el sistema de trabajo en equipo, la interrelación entre cada etapa del sistema utilizando vínculos similares a los de un proveedor respecto a su cliente, la constante información, la mayor responsabilidad individual y grupal, la mayor necesidad de relaciones, la mejora continua de conocimientos y habilidades, etc., son características de estos nuevos planteamientos.*

**Palabras clave:** ergonomía, organización, macroergonomía, ergodinámica.

## INTRODUCCIÓN

En tiempos pretéritos, aparte del trabajo desarrollado por los esclavos o los siervos, existían los artesanos, que estaban agrupados, según el producto que realizaban, en distintos gremios. Si bien estas instituciones regulaban la producción de sus asociados en su conjunto, no influían en las etapas concretas del proceso desarrollado por cada uno de ellos. Por otra parte, se daba prioridad a la utili-

\* Conferencia dictada en las Primeras Jornadas Iberoamericanas sobre «Prevención de riesgos ocupacionales» celebradas los días 4 y 5 de junio en Santiago de Chile, organizadas por la Asociación Chilena de Seguridad.

zación de las herramientas, respecto a la de las máquinas. Como resultado de estos dos factores, el trabajo de los artesanos no era ni especializado, ni rutinario, ni estandarizado, ni mecanizado; en una palabra, el trabajador artesano dominaba el proceso y lo acomodaba a su gusto. Según Schneider, «las relaciones sociales de trabajo en el sistema gremial se asemejaban a las de una pequeña comunidad bien integrada».

Un hito, que consideramos fundamental para la evolución del trabajo, fue el estudio del trabajo desarrollado, en el año 1762, por el ingeniero Peronnet en un taller de fabricación de alfileres. Este trabajo, por su importancia, fue descrito por Adam Smith, padre de la ciencia económica moderna, en su libro *El origen de la riqueza...*

En esencia, el estudio consistía en conocer el efecto que suponía modificar el sistema de fabricación de un taller de diez trabajadores, cuya producción en conjunto era de 200 alfileres, según el principio del trabajo en paralelo (cada trabajador fabricaba piezas completas). La modificación que se introdujo suponía la clasificación del proceso laboral en 18 operaciones de trabajo y la división de estas operaciones entre los diez trabajadores. Con la ayuda de dispositivos de apoyo muy sencillos se logró aumentar la producción de 200 a 48.000 piezas ¡240 veces más!

Si bien este acontecimiento no tuvo, en su momento, la trascendencia que cabría esperar —su idea no generalizó su vigencia hasta que Taylor, en plena segunda Revolución Industrial, enunciase su ordenación científica del trabajo—, consideramos pertinente para nuestro propósito establecer el primer contacto entre la ergonomía y la productividad.

La primera consecuencia que se produce es que, a partir de entonces y en la medida que se implanta la idea, el trabajo se hace más especializado, más rutinario, más estandarizado y, con la aplicación del vapor, más mecanizado. En una palabra, el trabajador ya no domina el proceso.

Pero la consecuencia más importante es el hecho que supone el que, a partir de ese momento, el producto “alfiler” dejase de ser disfrutado sólo por unos pocos, para convertirse en un producto de consumo. «Más personas disfrutaban de más cosas». Es evidente que ello supuso un paso importante en el progreso de la humanidad.

Pero ¿por qué se produce la paradoja de que, en la medida que la humanidad, en su conjunto, se beneficia de los progresos tecnológicos, el trabajador, ya no artesano, sufre las consecuencias de este progreso?.

Los dos atributos fundamentales de un trabajador son: su inteligencia y su fuerza. En realidad, la producción industrial consiste en la transformación

de materias en productos, y para ello es necesario un intercambio de energías e información.

El herrero, cuando forja una pieza previamente concebida, imprime en cada martillazo una energía (fuerza) orientada a un fin (inteligencia); en caso de que el impacto, por error, no modifique la pieza, según la idea prevista por el artesano, el siguiente impacto lo subsanará. En este caso, el herrero ha concebido lo que va a hacer, cómo, con qué elementos, así como los movimientos y los tiempos más adecuados.

En cambio, al trabajador fabril no se le permitía pensar. Incluso Taylor expresaba la necesidad de evitar trabajadores mentalmente despiertos e inteligentes para trabajos puramente manuales. La inteligencia estaba reservada a los ingenieros, que son los que estudiaban el trabajo y definían para cada trabajador: lo que había que hacer, cómo, con qué medios; en una palabra, todos los ingredientes que componen el trabajo.

La fuerza, otro de los atributos del trabajador, quedaba eclipsada por la implantación de las máquinas, que se presentaban cada vez más efectivas.

En este caso, ¿qué puede aportar de valor el trabajador frente a la organización y a la máquina?... Ser un elemento complementario del sistema, y por ello, en principio, de poco valor. Es útil donde la máquina no puede sustituirle, bien donde es tec-



Los dos atributos fundamentales de un trabajador son: su inteligencia y su fuerza.

nológicamente imposible o porque económicamente no resulta rentable. Se apreciaba todavía poco el valor del hombre como elemento flexible del sistema.

Fue precisamente Taylor, tan preocupado por la productividad, quien, analizando la eficacia del trabajo (Q) como función (Q(F)) de factores ambientales del trabajo (F), estableció la existencia de un valor óptimo de F, que proporcionaba la máxima eficacia. En su caso, el factor de trabajo (F) elegido fue el peso recogido en cada palada, en un trabajo que consistía en palear un árido. Obtuvo como valor óptimo un peso por palada de 10 kg para un hombre de constitución media. También se obtuvo por este procedimiento, considerando a F como número de horas por jornada, que el valor óptimo era de ocho horas. En realidad se estaba postulando que, variando factores ambientales del trabajo que afectasen al comportamiento del trabajador, se podía encontrar un valor óptimo de eficacia, y en el caso mencionado no por trabajar más se obtenía más eficiencia. Si, en vez de sólo eficacia, dijésemos que existe un valor de F del factor analizado en que el trabajador trabaja más a gusto y es más eficaz, estaríamos hablando de ergonomía.

## ERGONOMÍA

Sin pretender entrar a definir lo que es la ergonomía (*ergon* = trabajo, *nomos* = normas), cuya riqueza conceptual podría justificar el tiempo de una conferencia, sí podemos decir que su función consiste en **diseñar o analizar el trabajo, tomando como referencia las capacidades del hombre.**

Naturalmente, este planteamiento tan simple se complica al tener que conocer profundamente los dos elementos fundamentales que lo componen: hombre y trabajo, así como las relaciones que se producen entre ellos.

### Trabajo

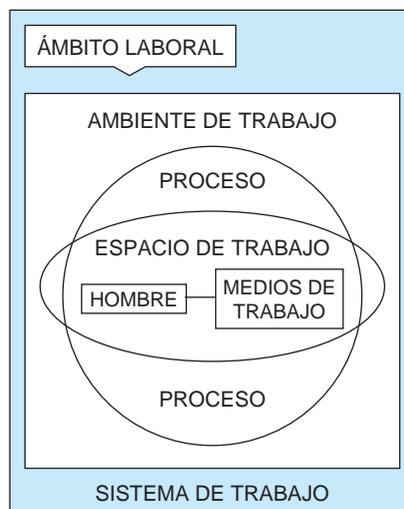
Si, para conocer lo que es el trabajo, acudimos al *diccionario de la Real Academia de la Lengua*, vemos que existen diez acepciones:

1. Acción y efecto de trabajar.
2. Cosa producida por un agente.
3. Cosa producida por el entendimiento.
4. Operación de la máquina, pieza, herramienta o utensilio que se emplea para algún fin.
5. Esfuerzo humano aplicado a la creación de riqueza.

*El sistema de trabajo comprende la combinación de personas y medios de trabajo, que actúan en conjunto sobre el proceso de trabajo, para llevar a cabo una actividad laboral en un espacio de trabajo sometido a un determinado ambiente de trabajo y bajo unas condiciones impuestas por la tarea a desempeñar (ISO-6385-1981)*

6. Dificultad, impedimento o perjuicio.
7. Penalidad, molestia, tormento o suceso infeliz.
8. Prisión o galeras.
9. Producto de la fuerza por el espacio recorrido.
10. Estrechez, miseria y pobreza o necesidad con que pasa la vida.

Las cuatro primeras se refieren a acciones encaminadas a **cosificar**, a hacer cosas. Las tres siguientes recogen los efectos que el propio trabajo produce en las personas: dificultad, esfuerzo, pero también penalidad, perjuicio, tormento o suceso infeliz. Recordemos, en este punto, que, según la Biblia, nuestro destino es «Ganar el pan (trabajo) con el sudor de la frente (esfuerzo)». No creemos, —sería muy cruel— que el esfuerzo demandado superase los límites del propio hombre recién creado.



En todo caso, según hemos expuesto, la definición de trabajo queda difusa. Es necesario, para abordar su estudio, aglutinar su concepto mediante un planteamiento sistemático donde todas las acepciones tengan un sentido. El sistema de trabajo, que actúa en conjunto sobre el proceso de trabajo, para llevar a cabo una actividad laboral en un espacio de trabajo sometido a un determinado ambiente de trabajo y bajo unas condiciones impuestas por la tarea a desempeñar. (ISO 6385-1981).

El diseño de los elementos del sistema de trabajo, contenidos en el círculo correspondiente al proceso supone:

- La elección o diseño de: herramientas, máquinas, vehículos, mobiliario, instalaciones..., que constituyen los medios de trabajo.
- El estudio y especificación de los movimientos que tienen que realizar los trabajadores para desarrollar la tarea asignada y los tiempos que se emplean para ello..., aspectos del proceso.
- La asignación de los espacios para el desarrollo de las tareas, el diseño de métodos y especificación de procedimientos...

Todo el proceso se desarrolla en un ambiente de trabajo que es conjunto de factores físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que rodean a la persona.

### Capacidades del hombre

Respecto al conocimiento de los límites del trabajador, desde hace más de cuarenta años universidades, instituciones y empresas han investigado, a nivel de laboratorio, el comportamiento humano frente a variaciones controladas de parámetros propios del sistema de trabajo (altura del plano de trabajo, temperatura, pausas...).

La investigación ergonómica exige que dicho comportamiento sea evaluado simultáneamente desde el punto de vista fisiológico (o biomecánico), psicofísico (opinión del trabajador) y, también, desde el de la productividad. La aplicación de los valores del parámetro analizado, que se consideran aceptables, deben cumplir con los requisitos de: no ser perjudiciales para la salud, ser aceptables en la opinión del trabajador y mantener, incluso mejorar, la productividad.

El conocimiento o el acceso a estos datos es fundamental para cualquier ergónomo que quiera abordar el estudio de un diseño de trabajo y constituye el cuerpo del conocimiento ergonómico.



La ergonomía consiste en diseñar o analizar el trabajo, tomando como referencia las capacidades de hombre.

Los datos de estos estudios están publicados en manuales y revistas especializadas. La revista *Ergonomics*, publicación oficial de la Asociación Internacional de Ergonomía, ya presentaba hace cuarenta años los trabajos científicos más interesantes que se producían, lo mismo que lo hacen posteriormente las revistas *Applied Ergonomics*, *Human Factors* y otras.

También, y basados en estos conocimientos y los proporcionados por la antropometría, la fisiología del trabajo, la biomecánica ocupacional y la psicología aplicada, existen, desde hace dos décadas aproximadamente, guías de diseño ergonómico de puestos de trabajo, confeccionadas por diversos autores, instituciones, incluso empresas industriales, que presentan datos y criterios para tal fin. Todo ello constituye el conocimiento para la aplicación ergonómica.

Se define productividad como la relación existente entre producción e insumo (medios utilizados). Esta producción puede estar expresada como el número de piezas producidas o como el valor monetario obtenido de ellas, por ello la calidad de producto es un factor que afecta a la productividad.

La bondad de un sistema de trabajo corriente en que de su aplicación se obtenga la mayor producción posible apta para el consumo, en función de los medios puestos en juego, o, lo que es lo mismo, todo sistema posee una eficacia óptima cuando la productividad obtenida es la máxima.

En realidad, los valores de eficacia previstos en la fase de diseño disminuyen cuando el sistema entra en la fase del funcionamiento real. Es cuando aspectos no suficientemente considerados, como obstáculos objetivos y subjetivos, deficiente interacción en el sistema hombre-máquina, tensiones ambientales..., dificultan el óptimo desarrollo del trabajo. Todo ello constituye el «factor complejidad» (C). Por ejemplo, consideremos que la eficacia del trabajo de un sistema es (Q), que podemos definir en este caso como el número de piezas de alta calidad producidas en la realidad, y que la eficacia máxima (Q<sub>máx.</sub>) es la prevista en el diseño y

*Se define la productividad como la relación existente entre producción e insumo (medios utilizados). Esta producción puede estar expresada como el número de piezas producidas o como el valor monetario obtenido de ellas, por ello la calidad del producto es un factor que afecta a la productividad.*

que coincide cuando todas las piezas producidas son de alta calidad, la diferencia entre la eficacia máxima y la eficacia real nos da el valor del «coeficiente de complejidad».

$$Q_{\text{máx}} - Q = C$$

Daremos al ejemplo datos numéricos: supongamos que diseñamos un sistema de trabajo que va a producir 10 piezas a la hora de una alta calidad. Cuando ponemos en funcionamiento real dicho sistema resulta que se producen ocho piezas de alta calidad y dos de baja calidad.

$$Q_{\text{máx}} \text{ sería} = 10 ; Q = 8 \text{ y } C = 2$$

Según V. F. Venda, la ecuación  $Q + C = Q_{\text{máx}}$  sugiere las tres posibles estrategias para mejorar la eficacia del trabajo:

**1.ª Estrategia extensiva:** incrementar el número de piezas realizadas para que Q se aproxime a la Q<sub>máx</sub> prevista. Si suponemos, en principio, que el sistema no se altera se cumplirá que:

$$Q/C = \text{constante}$$

Tendríamos en nuestro ejemplo que fabricar 12,25 piezas para obtener las 10 piezas de alta calidad previstas.

$$12,25 / 10 = 10 / 8 = 1,25$$

Esta estrategia requiere recursos extra, incluidos los de mayor energía humana y más tiempo. Pero a partir de cierto punto se puede modificar el equilibrio del sistema diseñado e incluso el propio sistema. Otra forma de actuar sería dotar de más medios productivos y recursos humanos, lo que incrementaría el insumo, en cuyo caso disminuiría la productividad.

**2.ª Estrategia intensiva:** En este caso se hace hincapié en la mejora de la eficiencia (Q). Para que las 10 piezas del ejemplo sean todas de alta calidad se intensifica la dedicación en la jornada de trabajo, disminuyendo los tiempos de demora innecesarios y las pausas; con ello se obtiene tiempo para dedicar más atención a lo que se está haciendo y para, mediante entrenamiento, mejorar la habilidad en el trabajo, esperando que con el tiempo no se produzcan piezas de baja calidad.

**3.ª Estrategia de mutua adaptación y transformación:** En este caso se trata de disminuir el coeficiente de complejidad (C), con ello Q se aproxima a Q<sub>máx</sub>. Se trata de rebajar, lo máximo posible, las piezas de alta

calidad producidas, que son dos piezas en el ejemplo; con ello la producción real se aproximará a 10 piezas de alta calidad, que es lo previsto.

Para ello procuraremos facilitar el trabajo del operario desde el diseño y evitaremos obstáculos y causas de error. Esta estrategia está basada en la mejor adaptación posible del sistema hombre-máquina-ambiente. Éste sería en realidad el campo de actuación de la ergonomía.

El beneficio producido por el incremento de la eficacia obtenida debe emplearse en mejorar la productividad y, también, las condiciones de trabajo del operario.

### LOS LÍMITES DE LA ESPECIALIZACIÓN DEL TRABAJO: NUEVAS TENDENCIAS

La sensación de que el mundo ha disminuido en sus dimensiones, sobre todo desde la caída del muro de Berlín, es la característica más importante de los momentos que estamos viviendo en la actualidad.

El desarrollo de las comunicaciones, la homologación de planteamientos políticos similares y el acercamiento a gustos comunes, en casi todo el planeta, hace que el fenómeno de la universalidad sea una de las tendencias más importantes a considerar. Paralelo al desarme militar, el arancelario, propiciado por el GAT, resulta incluso más profundo, y ello hace que los mercados hayan abierto su campo de acción a niveles planetarios.

Consecuencia de este fenómeno es que una empresa puede vender sus productos sin problemas en áreas económicas amplias, y en un futuro próximo al mundo entero, incrementando en gran medida el número de clientes y, por ello, el volumen de su negocio. En contrapartida, también se incrementa el número de competidores, con lo que esta situación, en principio favorable, se puede tornar en una amenaza para la subsistencia de la propia empresa. Esto la obliga a ser competitiva, y por ello la orientación de sus políticas deben encaminarse en ese sentido.

La estrategia empresarial debe tener como objetivo crear productos cada vez más atractivos para el cliente y que satisfagan las expectativas ofertadas.

Una vez alcanzado este primer objetivo, se debe hacer frente al hecho de que un proyecto productivo, aunque sea exitoso, tiene una vida efímera. Es muy probable que el producto que se oferte sea superado, incluso copiado, por la competencia an-

*Las nuevas formas de organización están orientadas a optimizar la producción, la calidad y la innovación. Japón ha sido la pionera de estas nuevas tendencias, que han sido asumidas muy rápidamente por Occidente.*

tes de los tres años, y que el sistema de trabajo que lo produce, lo sea antes de los cinco años. Esto obliga a pensar que tanto el diseño del producto como el del sistema de trabajo se deban considerar como procesos dinámicos y en continua transformación.

Estos planteamientos tan simples nos indican que aspectos importantes a tener en cuenta en las estrategias empresariales son:

– La productividad: para optimizar el costo del producto.

– La calidad: para optimizar la satisfacción del cliente (interno y externo).

– La innovación: para garantizar la vigencia de la empresa.

Aunque estos conceptos son tan antiguos como el propio trabajo, la importancia que ha adquirido la necesidad de optimizarlos, desde tan solo diez años, hace que se haya dinamizado la implantación de nuevos planteamientos organizativos y de innovación tecnológica tendentes a obtener tales fines.

Los nuevos planteamientos organizativos vienen propiciados por la aplicación de las nuevas tecnologías a los sistemas de trabajo. De las máquinas-herramienta convencionales, en las que la habilidad manual era una característica del usuario, se pasó a máquinas de control numérico, a sistemas CAD-CAM, a autómatas y a robots, que incrementan en grado superlativo las capacidades y posibilidades productivas y, lo que también es importante, la flexibilidad del trabajo.

Surgen con ellos conceptos como el de manufactura con tecnología avanzada (AMT), que incluye máquinas de control numérico computerizadas (CNC), y robots, que propician la posibilidad de sistemas de manufactura flexibles (FMS).

Las posibilidades que proporciona la informática al poder trabajar en red propicia la creación de un sistema general que interrelaciona los distintos sistemas de trabajo, incluso más allá



*La estrategia empresarial debe tener como objetivos crear productos cada vez más atractivos para el cliente y que satisfagan las expectativas ofertadas.*

de la propia empresa. La internalización de estas redes amplía el campo a niveles transnacionales.

Por otra parte, las economías de escala orientan a las empresas sobre la dimensión que deben tener para optimizar la eficacia de sus recursos.

Las nuevas formas de organización están orientadas a optimizar la producción, la calidad y la innovación. Japón ha sido la pionera de estas nuevas tendencias, que han sido asumidas muy rápidamente por occidente. De entre ellas destacamos las siguientes:

Justo a tiempo (Just in Time: J.I.T.).

Control total de calidad (Total Quality Control: T.Q.C.).

Gestión total de la calidad (Total Quality Management: TQM).

Kanban (registro visual o de tarjeta, que propicia la aplicación de JIT/TQC).

Mejora continua.

Liderazgo, en lugar de administración.

Trabajo en equipo, en vez de equipos de trabajo.

Círculo P.D.C.A.

Cero defectos.

Si el incremento de productividad se efectúa con criterios de intensificación del sistema, sin tener en cuenta planteamientos ergonómicos, los efectos que se deben esperar son:

- Mayor repetitividad. Sobre todo en cuanto al número de movimientos o al número de decisiones en la jornada. Las consecuencias son: trastornos de tipo musculoesqueléticos y/o síntomas de fatiga mental (mayor número de errores, trastornos del sueño, estrés laboral, etc.).

- Nocturnidad. Las consecuencias son: trastornos para la salud, desajustes en la vida social, estrés laboral.

Si se utilizan procedimientos para disminuir la complejidad, sin tener en cuenta a la ergonomía, podemos encontrarnos con los planteamientos tayloristas clásicos de la división del trabajo. En este caso, problemas de microtraumatismos repetitivos (CTD) suelen sustituir a los problemas dorsolumbares.

Un ejemplo de cómo no debe aplicarse este principio sin criterios ergonómicos es el que, utilizando un método japonés muy eficaz en la mejora de la productividad, (no incluido en la relación anterior), que consistía en eliminar operaciones inútiles, resultaba que obligaba a los trabajadores a realizar muchas operaciones manuales por encima del hombro durante gran parte de la jornada de trabajo. Naturalmente, el estudio ergonómico posterior modificó las condiciones adversas a niveles aceptables.



*La mayor eficacia se traduce en mayor número de movimiento de las manos y mayor repetitividad.*

Un ejemplo sencillo de cómo simplificar el sistema, desde el punto de vista de la ingeniería y del ergonómico, sería el diseño de cada una de las piezas que constituyen un montaje:

Muchas veces cada elemento del conjunto se concibe pensando en el producto final pero no en la dificultad que para el trabajador se presenta en el momento del montaje. Es fácil comprobar que, aplicando criterios sencillos y de sentido común, se mejora fácilmente más de un 50% la productividad de esta operación, respecto a si previamente no se hubiera tenido en cuenta este aspecto.

*El fenómeno de la globalización obliga a las empresas a ser competitivas. Para ello, éstas deben incluir estrategias que mejoren la productividad, la calidad y la innovación.*

Los siguientes principios habrán de contemplar que:

- El producto final tenga el menor número de elementos posibles.
- Cada pieza tenga una posición inequívoca.
- Todas las piezas se unan en la posición más favorable para el trabajador.
- Los elementos de unión, como tornillos, tengan un preencaje que facilite su ubicación.
- Se dote de herramientas estudiadas ergonómicamente.
- El diseño del puesto: alturas de asiento, de trabajo, distancias, etc., sea el adecuado.
- Se hayan aplicado los principios de la ergonomía visual.
- Se haya evitado, en la medida de lo posible, la aplicación de fuerza.

Y otros, fácilmente imaginables, deben ser tenidos en cuenta en el estudio del trabajo. En todo caso, en el fondo, la mayor eficacia se traduce en mayor número de movimientos de las manos y mayor repetitividad; por ello, aunque el modelo es útil, debe validarse posteriormente en la práctica. Muchas veces se trata de una solución de compromiso por el cual el beneficio producido por el incremento de la eficacia obtenida debe emplearse en mejorar la productividad, pero también las condiciones de trabajo del operario, considerando pausas controladas.

## Macroergonomía

El método de organización **justo a tiempo** (JIT) se concibió en Japón, implantándose de forma rápida en Occidente; como ejemplo tenemos que este sistema se está utilizando en el 64% de las compañías manufactureras más importantes del Reino Unido.

El principio del JIT es simple: «Produce y entrega productos terminados justo a tiempo para ser vendidos; monta subelementos justo a tiempo de montar productos terminados; fabrica partes de elementos justo a tiempo de hacer el montaje de los elementos; compra los materiales justo a tiempo de ser transformados como parte de un elemento» (Shonberger). En tales sistemas, tenemos que cada etapa del proceso de manufacturación está influenciada por la necesidad de suministro de la siguiente etapa. Parece que, por este sistema, una etapa «tira» de la anterior, según sus necesidades, y la producción sólo tiene lugar cuando se requiere por un cliente interno o externo.

Este sistema, concebido para optimizar la productividad y la calidad, tiene en cuenta el principio de que cada etapa es proveedora de la siguiente, y que, por ello, debe considerársela, a todos los efectos, como cliente.

Aunque los efectos positivos reseñados por la implantación de este sistema suponga más bajos costos de inventario, más rápida respuesta a los clientes, alta calidad y menores niveles de desecho, sin embargo los efectos del JIT en el trabajo de los operarios, actitudes y tensiones no han sido suficientemente explicados.

Una clave que define las características del JIT es la eliminación de barreras entre las etapas del proceso de producción, de forma que el trabajo fluye directamente de una etapa a otra sin tiempos de espera ni estocajes intermedios. En cambio, una parada en cualquier etapa (falta de materiales, problemas de calidad, averías de máquinas) tiene un impacto inmediato sobre el conjunto del proceso de trabajo.

Esto hace que los trabajadores tengan más cuidado por mantener el progreso del proceso, y por ello es necesario que estén dispuestos a resolver problemas. De ahí surge un mayor nivel de colaboración entre los miembros del equipo de trabajo y la interdependencia entre equipos, propiciado por la sensación de responsabilidad que se tiene durante todo el proceso.

Reflexionando sobre este planteamiento, podemos deducir que el

enunciado del sistema de trabajo de la norma ISO 6385 de 1981 no cubre las nuevas necesidades expuestas. Parece que, aunque vigente el modelo del sistema orientado hacia el hombre, surge la necesidad de ampliar el concepto hacia sistemas orientativos a grupos. El puesto de trabajo se torna en etapa de trabajo, y el usuario, en grupo de trabajo.

La actuación de cada trabajador está determinada por las tareas que corresponden a cada etapa y que comparte con el resto del grupo de trabajo. En este caso se tiende a una autonomía dentro del grupo para organizarse, procurando que cada trabajador pueda realizar las distintas tareas de la etapa. Esto proporciona un ensanchamiento de tareas que puede mitigar, en cierta medida, la repetitividad. Los procedimientos de calidad son fundamentales a la hora de responsabilizar al grupo respecto a que todo salga bien y a tiempo, con sistemas de autocontrol. Todo ello bien diseñado incide en el enriquecimiento de tareas.

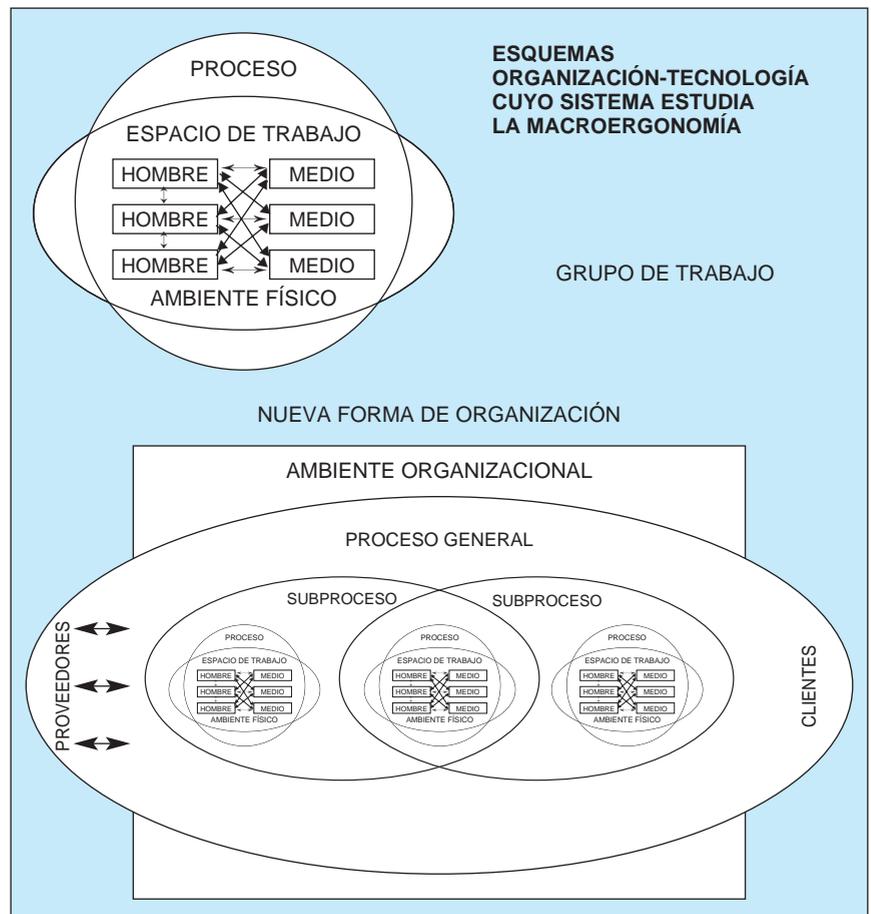
El proceso de cada etapa viene determinado por las necesidades y las posibilidades de las etapas posterior y anterior, respectivamente, y por el proceso general de todo el sistema

en su conjunto. Las tecnologías flexibles deben asumir las distintas cadencias que se pueden producir, así como los cambios de fabricación y las innovaciones tecnológicas.

Todo el sistema está sujeto al ambiente organizacional de la empresa en su conjunto, y, a su vez, la propia empresa, al de las empresas clientes y proveedoras.

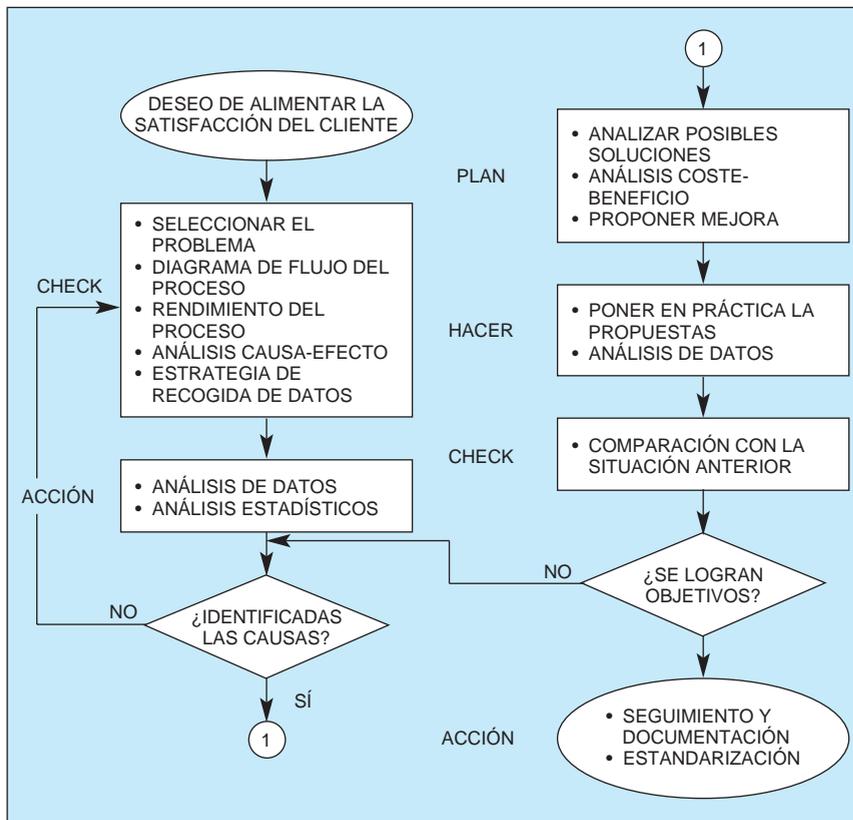
Se genera así un sistema más complejo que el considerado por la ergonomía convencional, cuyo tratamiento se lleva a cabo por la psicología organizacional. Son recientes las denominaciones de **microergonomía** y **macroergonomía** para diferenciar el tratamiento ergonómico hacia el hombre, objeto de la ergonomía convencional o microergonomía, o hacia el grupo, objeto de la macroergonomía.

Sistemas de organización, como el descrito anteriormente, presentan indudables ventajas, pero son muy sensibles cuando no se han diseñado con criterios ergonómicos. Problemas como la aparición de errores humanos, un mal clima social o una gran incidencia de absentismo pueden generar cuellos de botella en la producción, que necesariamente, en un sis-



tema tan interrelacionado, suelen ser de consecuencias graves. Por ello, en la adaptación de la Norma ISO 9000 al sistema de gestión de calidad total se contempla la inclusión de requerimientos de seguridad y salud laboral. La empresa cliente puede exigir a su empresa proveedora la garantía de que las condiciones de trabajo no puedan ser origen de un absentismo que perturbe el puntual suministro.

Utilizando el diagrama de flujo para la mejora de los procesos del sistema de control de calidad total, adaptado a las acciones ergonómicas, tendríamos:



## Ergodinámica

Al principio enunciábamos que la innovación es una estrategia empresarial que es fundamental considerar. Mencionábamos la poca vigencia de los productos y de los sistemas de trabajo. La innovación necesaria para mantenerse al día puede efectuarse mediante procesos de cambio drástico o de transformación en los que se van introduciendo las novedades paulatinamente. Naturalmente, la estructura de adaptación hombre-máquina varía porque en estos procesos de cambio suelen modificarse los factores ambientales del sistema. Surge, por ello, la necesidad de analizar, desde el punto de vista ergonómico,

estos fenómenos de carácter dinámico.

Por ejemplo:

– ¿Cómo mejorar la productividad y la seguridad del trabajo, transformando su estructura?

– ¿Cómo organizar, de la forma más suave y más efectiva, la implementación de nuevos puestos de trabajo y de nuevas tecnologías?

– ¿Cómo se deben ir modificando las habilidades necesarias de los trabajadores para manejar las máquinas cuando se van reemplazando los equipos convencionales por otros de tecnología avanzada?

eficacia viene afectada por los factores ambientales. El factor que más incide en esta estructura elegida es la altura de la mesa. Si situamos en coordenadas la eficacia, que podemos definir como las teclas pulsadas en un tiempo determinado, frente a la altura de la mesa, medida en centímetros, obtenemos una curva con forma de campana de Gauss, de donde se puede obtener la altura en la que obtenemos la máxima eficacia.

**2.ª Ley de pluralidad de estructuras de trabajo.**- Cada trabajo puede efectuarse utilizando diferentes estructuras funcionales (estrategias).

Siguiendo con el ejemplo anterior, una persona puede elegir mecanografiar en posición de pie o en posición sentada. Esto supone dos estructuras distintas. Si en ambos casos consideramos la altura de la mesa como el factor ambiental que más influye, podemos representar las curvas correspondientes a ambas estrategias, observando que es más eficaz mecanografiar sentado que de pie.

**3.ª Ley de transformación aplicada a la ergodinámica.**- Las transformaciones que se efectúen entre diferentes estructuras funcionales (estrategias) tiene su máxima eficacia cuando se da una condición común e igual para las estructuras.

Supongamos que estamos en un proceso de transformación que exige la modificación de estructuras funcionales. Un ejemplo, sólo a efectos didácticos, sería cuando, por el proceso de transformación, se tiene que simultanear, coyunturalmente, la posición de pie y la de sentado, pudiéndose elegir la altura de la mesa. Según esta ley, la altura idónea sería la correspondiente a la que nos proporcionara la intersección de ambas curvas. En ese punto se da la condición común e igual y proporcionaría la máxima eficacia, considerando simultáneamente ambas estructuras.

Para dar respuesta a esta necesidad, V. F. Venda ha desarrollado una teoría denominada **ergodinámica**, que está basada, a su vez, en la teoría dinámica de la transformación. El fundamento de la ergodinámica se resume en tres leyes, que sólo vamos a enunciar:

**1.ª Ley de mutua adaptación.**- La eficacia del trabajo es una función normal que representa la mutua adaptación entre la estructura (estrategia) funcional del trabajo humano y el ambiente de trabajo.

Por ejemplo, para escribir a máquina podemos elegir (estrategia) hacerlo en posición sentada; ello supone asumir una estructura de trabajo cuya

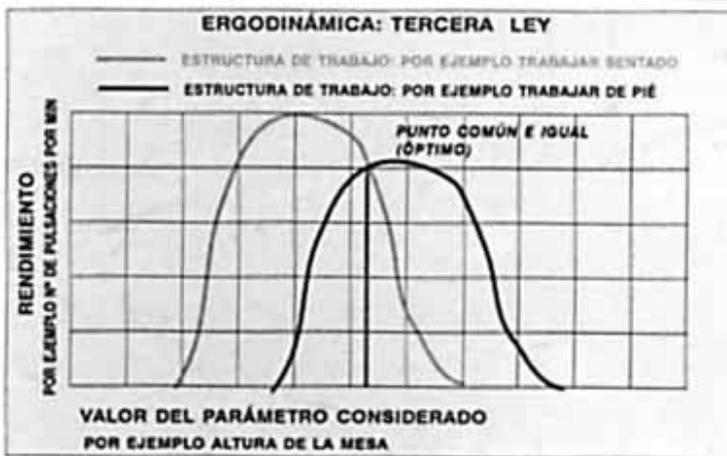
## Efectos de la implantación de las nuevas tendencias:

El impacto de las nuevas tendencias, respecto al bienestar del trabajador, desde los puntos de vista de estrés psicológico, carga mental, contenido de trabajo, etc., no es un fenómeno suficientemente conocido, ya que los escasos estudios ergonómicos efectuados al respecto presentan conclusiones contradictorias. No obstante, un estudio de P. R. Jackson y R. Martin ha demostrado que el JIT puede implantarse sin generar cambios sustanciales en los aspectos mencionados si previamente se han

## ERGODINÁMICA 2ª LEY



## ERGODINÁMICA 3ª LEY



tenido en cuenta y se les da el tratamiento adecuado.

Sí se puede afirmar que la incidencia de problemas músculoesqueléticos es y será muy elevada en un futuro próximo. Desde hace poco más de quince años el incremento del número de microtraumatismos producidos está creciendo en medida semejante a como lo hace la implantación de las nuevas formas de organización en las empresas. Este fenómeno es agudo en las etapas del proceso en que la automatización de tareas manuales es difícil o poco rentable. De estas etapas del proceso pueden tirar otras que actuarían como clientes de la anterior, bien resueltas en cuanto capacidades productivas y de flexibilidad, produciéndose un desequilibrio que es necesario controlar. Muchas veces la solución consiste en separar las etapas problemáticas del sistema general, contratando a un proveedor externo el suministro de los componentes correspondientes a esas etapas, externalizando así el problema. Las empresas que se generan en estas condiciones

están supeditadas a los planteamientos productivos de la empresa cliente, que a su vez exige, lógicamente, el establecimiento de sistemas de calidad, una de cuyas exigencias es, o será, la de garantizar un bajo absentismo.

Otra característica de las nuevas tendencias es la generalización del uso de las pantallas de ordenador PVD en el campo industrial, casi como lo es en la actividad de servicios. Por ello, los problemas músculoesqueléticos, tanto en la zona cervical como en la zona dorsal, se han incrementado de forma significativa.

La actuación, utilizando planteamientos de carácter biomecánico, es útil para mitigar estos problemas, pero insuficiente. En estudios, algunos financiados por NIOSH (Hales), se ha demostrado que existen factores de tipo psicosocial relacionados con este tipo de trastornos. La vía que proporciona la macroergonomía para establecer este tipo de relaciones se ha mostrado útil, y es de esperar que a partir de ahí se amplíen los conocimientos para una eficaz prevención.

## CONCLUSIONES

El fenómeno de la globalización obliga a las empresas a ser competitivas. Para ello, éstas deben incluir estrategias que mejoren la productividad, la calidad y la innovación.

Ello obliga a la ergonomía a ampliar su actuación desde la consideración del sistema **hombre-máquina** de la ergonomía convencional, recientemente denominada microergonomía, a la de un sistema **organización-máquina**, que constituye la nueva visión macroergonómica (Hendrik, 1993). Con este nuevo planteamiento se podrán comprender aspectos tales como la aparición de problemas músculoesqueléticos relacionados con factores psicosociales.

Los fenómenos de innovación suponen una transformación continua de los sistemas de trabajo. Como consecuencia de ello V. F. Venda ha desarrollado la teoría de la ergodinámica, que ayuda a analizar, desde el punto de vista de la ergonomía, la forma de transformación más eficaz de todas las que se puedan presentar.

Si bien el impacto de las nuevas tendencias, respecto al bienestar del trabajador, no es un fenómeno suficientemente conocido, ya que los escasos estudios ergonómicos efectuados al respecto presentan conclusiones contradictorias, sí se puede afirmar que la incidencia de trastornos músculoesqueléticos será muy elevada en un futuro próximo. Para abordar este problema, aunque los planteamientos de la ergonomía convencional son imprescindibles, será necesario considerar también su relación con los factores psicosociales, y para ello los planteamientos macroergonómicos serán de gran utilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- DE KEYSER VERONIQUE: «Time in Ergonomics Research». *Ergonomics*, 1995.
- HENDRICK HAL W.: «Future Directions in Macroergonomics». *Ergonomics*, 1995.
- HOLGER LUCZAK: «Macroergonomic Anticipatory Evaluation of Work Organization in Production Systems». *Ergonomics*, 1995.
- JACKSON PAUL R., y MARTIN ROBIN: «Impact of Just-in-Time on Job Content, Employee Attitudes and Well-Being: A Longitudinal Study». *Ergonomics*, 1996.
- NIÑO ESCALANTE, JOSÉ: «La Ergonomía en las Nuevas Organizaciones». MAPFRE SEGURIDAD, 1997.
- SHULMAN, H., y OLEX M: «Designing the User-Friendly Robot: A Case History». *Human Factors*.
- SINCLAIR, M: «Ergonomic Aspects of the Automated Factory». *Ergonomics*.
- VENDA VALERY, F.: «Ergodynamics: Theory and Applications». *Ergonomics*, 1995.