



Ergonomía

Dr. Ernesto Cárcamo Solís

Magíster en Ergonomía

Miembro de la Sociedad Americana de Ergonomía (HFES)

Jefe Depto. Ergonomía, ACHS

Ergonomía

Dr. Ernesto Cárcamo Solís

Magíster en Ergonomía

Miembro de la Sociedad Americana de Ergonomía (HFES)

Jefe Depto. Ergonomía, ACHS

Introducción

Probablemente, el efecto más inmediato de la hipoxia en las funciones del cuerpo, sea el deterioro de la visión nocturna. La cantidad de luz requerida por un aviador para visualizar sus alrededores, debe incrementarse aproximadamente en un 23% sobre lo normal a 1500 m y en 59% a 3000 m y en 140% a 4800 m. Por lo tanto, ante leves reducciones en la saturación de oxígeno de la sangre arterial, se produce depresión de la función de los bastones de la retina¹.

El hecho fisiológico arriba descrito, sumado a múltiples cambios fisiológicos, conocidos y desconocidos por la fisiología humana, conducen a pensar que los límites humanos cambian significativamente cuando los trabajadores desempeñan actividades en altitud.

Las condiciones diferenciales de trabajo en la altitud, exigen trabajos adaptados a los cambios ocurridos en las personas. La tecnología científica especializada en diseñar condiciones de trabajo adaptados a las funciones humanas se denomina **ergonomía**.

En este capítulo se presentan las bases conceptuales y metodológicas de la ergonomía, en su visión: microergonómica.

Asimismo, se plantean principios de ergonomía que aplicados a las condiciones de trabajo en altitud, presentarán puestos de trabajo adaptados a los cambios fisiológicos que experimentan los trabajadores.

1. El Método Ergonómico

1.1 - Antecedentes

La ergonomía industrial es una especialidad de la ergonomía. Esta nace en 1949 en Inglaterra. Paralelamente, en otros países europeos como Francia, Alemania, Suecia y la ex Unión Soviética, se identifican esfuerzos similares.

En Estados Unidos de Norteamérica, se origina el mismo año con el nombre de Factores Humanos, aunque la designación más ampliamente difundida es la de Ergonomía, ya aceptada formalmente por los norteamericanos. Con este término se la identifica en Chile.

Antecedentes en Chile

Desde la década de los sesenta se cuenta en Chile con profesionales del mundo científico, especialmente del área de la salud, interesados por los temas ergonómicos.

Uno de los protagonistas del surgimiento de la ergonomía es el Dr. Hugo Donoso Puelma, fisiólogo de reconocimiento mundial, que junto con el Dr. Hernán Oyanguren y el profesor sueco Nils Lündgren realizaron las primeras experiencias de investigación en el tema, en el marco del Instituto de Higiene de Trabajo². Los informes de estas investigaciones, por su calidad metodológica, han sido publicados en diversas revistas científicas nacionales e internacionales como «Ergonomics»³, publicación oficial de la Sociedad Internacional de Ergonomía.

Antecedentes en otros países

Inglaterra

La observación del esfuerzo y del estrés que representaban las batallas y la complejidad técnica de los nuevos equipos de guerra, generó la necesidad de adaptar el trabajo al hombre, esto es, diseñar un equipo en función de la capacidad del individuo.

Con el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial puede considerarse que en el mundo occidental surge la ergonomía como disciplina ya formada el 12 de julio de 1949, reconociéndose al psicólogo inglés, Kenneth F. H. Murrell como su fundador. En esta fecha se conformó un grupo interdisciplinario interesado en los problemas laborales humanos. El 16 de febrero de 1950 se adoptó el término *Ergonomía*, dando lugar a su acuñación definitiva. Entre 1963 y 1964 se formula en Inglaterra la tesis del enfoque sistémico en la Ergonomía, cuyo máximo representante fue W. T. Singleton.

Por otra parte, en 1949 se funda la *Ergonomics Research Society* hoy llamada simplemente *Ergonomics Society*

Estados Unidos

En 1938, en la Bell Telephone Laboratories se creó un laboratorio para el estudio de los factores humanos. En 1957, surgió la *Human Factors Society*, actual Human Factors and Ergonomics Society (HFES)

La Ergonomía se empieza a utilizar con éxito en los problemas laborales industriales, se generan comités de Ergonomía en empresas, se aplica a la prevención del error humano y al diseño de interfases humano-máquina de sistemas de computación.

Japón

En 1921, K. Tanaka publica su libro, Ingeniería Humana. En 1964 se funda la *Sociedad Ergonómica de Investigación Científica Japonesa*.

En el ámbito internacional, en 1961, se funda la *International Ergonomics Association (IEA)*, con más de 30 países miembros. Por su parte, como disciplina independiente en los países socialistas, la ergonomía empezó a desarrollarse en los años cincuenta con base en la mecanización y automatización de la producción.

1.2 - Concepto y definición de Ergonomía

¿ Qué estudia la Ergonomía?

La ergonomía es una ciencia que estudia la interacción entre las mujeres y hombres con su trabajo.

La ergonomía es el estudio de las habilidades y características humanas, que afectan el diseño de los equipos, sistemas y puestos de trabajo⁴.

Todo sistema productivo está compuesto por todos o algunos de los siguientes componentes: el “hardware” (aspectos físicos), el “software” (aspectos no físicos), el ambiente físico y la organización (Clark y Corlett op cit. 1984).

El hardware se refiere al ambiente, al espacio, las máquinas y herramientas. Los elementos conceptuales o software del trabajo están representados por las formas de hacer el trabajo, la organización, los sistemas de trabajo, los turnos; etcétera.

La interacción mujer/hombre y trabajo se da en un contexto ambiental físico y social. El ambiente físico está definido por los mismos factores estudiados por la higiene industrial. El ambiente social es del dominio de las Ciencias Sociales.

En la tabla 1 se enlistan los componentes de un sistema productivo, según Clark y Corlett (1984).

La interrelación M/H - Trabajo se encuentra en evolución, cambia continuamente. El desarrollo de la interrelación se representa conceptualmente por la variable Tiempo. Los cambios ocurren en el tiempo e influyen en la interacción M/H-Trabajo. Las personas evolucionan, sufren modificaciones; la tecnología para trabajar cambia, es más automatizada, es de supervisión, es cada vez menos de tipo físico. Los modelos organizacionales se han transformado profundamente desde principios del siglo XX hasta el fin del milenio.

Tabla 1. Componentes de un Sistema Productivo

Componente	Áreas de diseño	Consideraciones, Restricciones
Hardware	Diseño y distribución de componentes	Procesos, equipos
Operadores Humanos	Características físicas, habilidades, etc.	Tamaños corporales Fuerza, capacidad de trabajo Postura, Fatiga y Resistencia
	Percepción y procesamiento de información	Sentidos (visión, audición, etc.) Atención Memoria, etc.
	Características individuales y sociales	Edad, sexo, antecedentes, raza destrezas, entrenamiento, motivación, satisfacción en el trabajo e interés, aburrimiento, actitudes, etc.
Software	Operación "libre de errores"	Procedimientos estandarizados de operación, instrucciones, manuales, símbolos, etc.
Ambiente Físico	Desempeño seguro	Temperatura, ruido, iluminación, vibración atmósfera y ventilación, etc.
Organización	Organización del personal	Esquemas trabajo - pausa, ritmo, ciclo de tiempo, trabajo en turnos, contenido del trabajo, interés, satisfacción, responsabilidad, interacción social, etc.

Tomado de Clark, T.S.; Corlett, E.N. op. cit. 1984

El inicio del 2000 augura cambios más profundos y acelerados en los sistemas productivos. La ergonomía debe estar atenta a las nuevas formas de trabajar y sus efectos en las personas. Dentro de estos cambios se encuentra el que el ser humano será capaz de vivir y trabajar en ambientes más y más adversos como el fondo oceánico, los polos, el desierto y el espacio. El ambiente extremo más próximo a nuestros días es el trabajo en grandes altitudes.

¿Cómo actúa la Ergonomía?

Es un proceso unidireccional, que adapta el trabajo al hombre o mujer que trabajan.

- La estrategia de adaptación es sistemática y sistémica
- Debe responder a las exigencias y limitaciones humanas
- Debe adaptarse al sistema de trabajo no a un componente particular aislado.

¿Qué objetivos tiene la Ergonomía?

La ergonomía es una herramienta multidisciplinaria y flexible, que está al servicio de variadas profesiones. Dependiendo de las condiciones y circunstancias en que se aplique, los principios ergonómicos serán encauzados con el énfasis deseado. Para el estudioso de este texto, el objetivo de la ergonomía es el bienestar humano en el trabajo. Este objetivo lo comparte con diversas disciplinas de la salud ocupacional como la medicina del trabajo, la higiene y seguridad industrial, la higiene ambiental, entre otras.

La ergonomía debe aplicarse mediante la adaptación del trabajo a las personas, para prevenir accidentes y enfermedades de trabajo, promover la salud y alcanzar el mejor grado de bienestar humano y productivo en el trabajo.

Es decir, la ergonomía busca que los trabajos sean:

- Más seguros,
- Inócuos,
- Fáciles de realizar,
- Menos desgastantes,
- Con menos errores.

El resultado de la interacción mujer/hombre-trabajo con calidad ergonómica, es un desempeño humano:

- Satisfactorio
- Motivado
- Cómodo
- Productivo
- De calidad
- Menos costoso
- Más competitivo.

El Término Ergonomía

El término *Ergonomía* fue propuesto por el naturalista polaco Woitej Yastembowski en 1857 en su obra "*Ensayos de ergonomía o ciencia del trabajo*", basado en las leyes objetivas de la ciencia sobre la naturaleza, en el cual se proponía construir un modelo de la actividad laboral humana.

En EE.UU. se le conoce como *Human Engineering* (Ingeniería Humana), *Human Factors* (Factores Humanos), etc. En Europa se le conoce como *Ergonomics* (Ergonomía), Antropotécnica, etc.

Sin duda, más que el término, importa lo que pretende la Ergonomía. Se trata de una actitud hacia los problemas del trabajo.

Ergonomía para el Presidente de la Human Factors and Ergonomics Society (EUA)⁵

La forma más clara de definir una disciplina es por su tecnología única. La tecnología de los factores humanos/ergonomía es la tecnología de la interfaz* humano-trabajo. La ergonomía puede definirse como ciencia, como práctica y como tecnología.

La Ergonomía como Ciencia

Como ciencia, estudia las capacidades y límites humanos, así como otras características, con el propósito de desarrollar la tecnología de la interfaz humano-sistema.

La Ergonomía como Práctica

Como práctica, es el conjunto de aplicaciones de la tecnología de la interfaz humano-sistema, para el análisis, el diseño, la evaluación, la estandarización y el control de los sistemas. Es esta tecnología la que claramente la define como disciplina única, inconfundible. Identifica qué es, qué hace y qué ofrece para el mejoramiento de la sociedad.

La Ergonomía como Tecnología

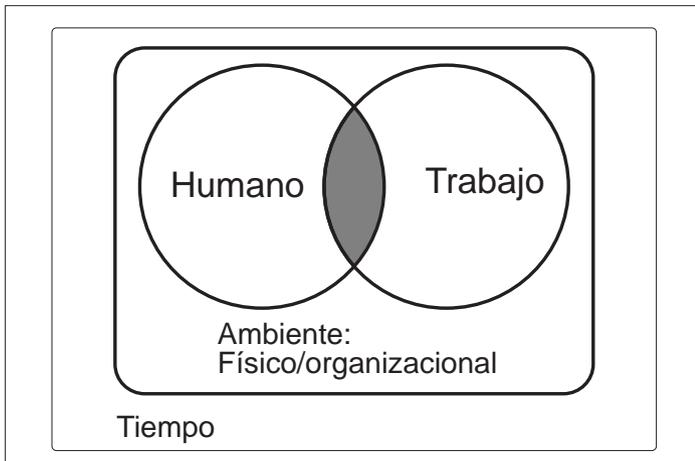
La tecnología de la interfaz humano-trabajo se interesa por las interacciones entre los humanos y otros componentes del sistema, incluyendo "hardware", "software", ambientes, trabajos, estructuras y procesos organizacionales. Como otras tecnologías, incluye especificaciones, pautas, métodos y herramientas. El uso de la tecnología de esta disciplina, tiene el propósito de mejorar la calidad de vida, incluyendo salud, seguridad, comodidad, "usabilidad" y productividad.

Modelo Conceptual del Sistema Humano-Trabajo

Al conjunto formado por todos los componentes presentes en la interacción entre el hombre y su trabajo, se le denomina **sistema Humano-Trabajo** (H-T). La Ergonomía enfoca su atención en el análisis global de este sistema.

El esquema que se presenta a continuación es una representación gráfica del sistema humano-trabajo. En él se distinguen los siguientes componentes: el **humano**, el **trabajo**, el **ambiente** y el **tiempo**.

Figura N° 1
Modelo Conceptual de la Ergonomía



Una descripción de los componentes de este sistema se presenta a continuación.

1. Humano

Trabajadora o trabajador en interacción con los **componentes materiales** y **conceptuales** del trabajo.

2. Trabajo

Sistema de componentes materiales (físicos) y procedimientos operativos y organizacionales (conceptuales) con los que interactúa un ser humano (o grupos humanos) al realizar su labor productiva.

3. Ambiente

3.1 Ambiente Físico (Hardware del trabajo): Sistema (conjunto) de elementos físicos, concretos (herramientas, equipos, maquinaria, materiales, etc) para desempeñar un trabajo. También se incluyen los factores ambientales que determinan las variables térmicas, de iluminación, espacio, acústicas y de calidad del aire.

3.2 Ambiente Organizacional (Software del trabajo): Conjunto de normas, procedimientos, jerarquía, valores y costumbres que determinan las características del proceso productivo. Se incluyen en este concepto los rasgos de la **cultura** de una organización.

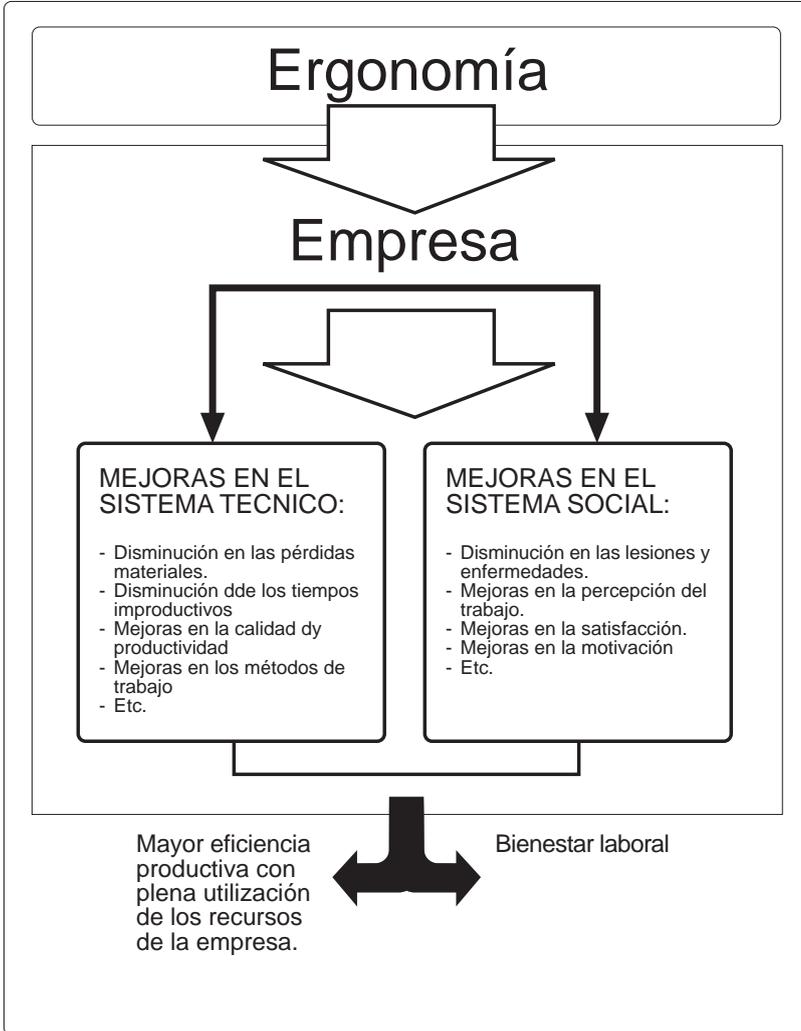
4. Tiempo

Variable que determina el espacio relativo en el que se verifica el cambio constante de la interacción H-T. El proceso de cambio obedece a la evolución de las personas y de la tecnología a lo largo del tiempo.

Efectos de la Aplicación de la Ergonomía

La Ergonomía, como disciplina que aborda globalmente el estudio de los procesos de trabajo, tiene una doble incidencia en el quehacer de la empresa, por un lado mejora su sistema técnico y por otro, su sistema social. La Figura N°2, esquematiza lo planteado.

Figura N° 2
Modelo Conceptual de la Ergonomía



Principios Ergonómicos Aplicados al Trabajo en Altitud Geográfica:

1. Ambiente Visual

Considerando que el fenómeno más temprano que ocurre en personas expuestas a ambientes con hipoxia es el deterioro en la función visual, especialmente de los bastones, la ergonomía propone algunos principios para asegurar que la visión alterada, no induzca errores en el desempeño humano.

El Concepto de Visibilidad

La *visibilidad* es la cualidad del ojo humano de ver nítidamente un objeto. La visibilidad no puede evaluarse instrumentalmente y siempre el humano está presente en su determinación. Algunas de las variables que influyen sobre la visibilidad son: contraste, flujo luminoso (luminancia), tamaño del objeto y distancia del objeto, principalmente.

Una de las condiciones ambientales que frecuentemente se encuentra en faenas a gran altitud es el *brillo*. El brillo se produce por un exceso de luminosidad en el campo visual, que es suficientemente superior a la que los ojos están adaptados, y produce malestar, incomodidad, pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad.

Existen 2 tipos de brillos: el *brillo incómodo* y el *brillo discapacitante*. El brillo incómodo es una sensación de malestar o dolor causado por la distribución elevada o heterogénea de brillantez en el campo visual. El mecanismo fisiológico por el que el brillo causa incomodidad no está claramente descrito, pero se cree que se relaciona con la contracción súbita de la pupila, expuesta a fuentes brillantes. Se han planteado 3 factores que participan en la generación del brillo incómodo: escasa luminancia del fondo, tamaño elevado de la fuente brillantez y menor ángulo en el campo visual.

Algunos principios que deben ser considerados son los siguientes:

- Diseño de indicadores (displays): luminosidad, color, contraste, funcionamiento adecuado
- Diseño de letreros informativos en la ruta de vehículos de motor y maquinaria pesada
- Iluminación ambiental y específica de la tarea
- Colores y contornos
- Color de las paredes, techos y pisos
- Calidad de las luminarias

2. Ambiente Térmico

La exposición al frío resulta de la mayor relevancia práctica, dadas las condiciones de exposición a temperaturas extremadamente bajas en faenas a gran altitud.

Existen dos reacciones fisiológicas principales frente al frío: vasoconstricción y temblor. La primera contribuye a disminuir la pérdida de calor y la segunda aumenta la producción de éste, con la finalidad de mantener constante la temperatura interna del cuerpo en ambientes fríos.

La **vasoconstricción** ocurre inicialmente en la piel y las extremidades. La circulación desaparece virtualmente de estas regiones anatómicas. La capacidad aislante de la piel se incrementa 6 veces al eliminar el flujo sanguíneo a través de ella. Por esta razón, la temperatura de los dedos y los orjeos disminuye rápidamente a los niveles de la temperatura del aire, ocasionando lesiones locales por frío como la 'quemadura por frío' (frostbite). Como resultado, el volumen circulatorio en los órganos internos aumenta y particularmente el riñón filtra más sangre y produce más orina.

El **temblor** es un mecanismo complementario a la vasoconstricción, para mantener la temperatura central. Tiritar consiste en la activación sincrónica de todos los grupos musculares: los músculos antagonistas se contraen unos contra otros. La actividad muscular incrementa la producción de calor metabólico entre 2 a 4 veces respecto al equilibrio térmico en reposo. Sin

embargo, tiritar nunca logrará calentar el cuerpo, sólo puede detener la disminución de la temperatura.

Mientras mejor sea la condición física de los trabajadores, será más eficiente la producción de calor por temblor, y la persona será capaz de mantener el reflejo de tiritar por períodos prolongados, sin fatigarse. Una buena condición física puede significar la diferencia para sobrevivir ante condiciones severas de frío.

Aclimatación al frío

Es difícil demostrar la adaptación fisiológica definitiva al frío en los humanos. Existe alguna evidencia que las personas expuestas en forma repetida al frío pueden incrementar el metabolismo sin temblar. Existe además alguna evidencia de aclimatación local al frío, como en el caso de los fileteadores de pescado quienes habitualmente tienen las manos sumergidas en agua fría. En estos trabajadores se ha observado incremento del flujo circulatorio en las manos, de modo que las conservan calientes y son más resistentes al adormecimiento por frío.

Efectos del frío en el desempeño laboral

El **trabajo físico** se encuentra deteriorado por el frío. La reducción de la temperatura central y muscular disminuye la fuerza y resistencia del músculo. Existen al menos dos factores que explican el deterioro de la acción muscular: en primer término, la caída de la temperatura central reduce el metabolismo muscular; en segundo lugar el frío reduce la velocidad de conducción de los nervios motores periféricos.

La **sensibilidad táctil** se relaciona a la temperatura de la piel de los dedos. En condiciones severas de frío, una persona puede ser incapaz de determinar por tacto la posición de la cabeza de un tornillo, sin auxiliarse con la visión. La reducción del tacto es la que dificulta el desarrollo de tareas de manipulación fina.

La **destreza manual** se encuentra indudablemente alterada por el frío, en parte por el deterioro de la sensibilidad táctil. Se ha comprobado que la destreza manual se deteriora más al reducir paulatinamente la temperatura de las manos. Esta observación indica que el frío que alcanza tejidos profundos es el responsable de este cambio. En la práctica se considera que temperaturas por debajo de 13 a 18 °C serían los límites inferiores para esta alteración.

En temperaturas ambientales entre 4 y 13 °C se ha observado con frecuencia una marcada pérdida de la motivación y aumento de la apatía, producto, al parecer, de la reducción en el desempeño.

Existe evidencia de deterioro del **tiempo de reacción selectivo**. Lo que típicamente se ha encontrado es que el frío aumenta el número de errores en una tarea, pero disminuye el tiempo de reacción en los intentos en los que se cometen errores. El tiempo de reacción en los intentos sin errores no se ve afectado. Una interpretación de lo anterior es que se pierde la habilidad de inhibir las respuestas motoras erróneas, siendo más evidente en tareas que exigen respuesta precisas más rápidas.

El efecto del frío en la **actividad mental** tiene argumentos ambiguos. Mientras algunos investigadores no han demostrado cambios, otros sugieren que el frío puede actuar como un distractor de algún tipo de desempeño mental.

Para controlar la incomodidad y los efectos en la salud en los trabajadores expuestos al frío, la ergonomía promueve los siguientes principios generales:

- Ambientes de trabajo cerrados, con temperatura entre 18 a 21°C; humedad relativa alrededor del 50% y velocidad del aire no superior a 11 m/seg. Tanto en instalaciones para oficinas, talleres u otras, como en cabinas de vehículos de motor y maquinaria pesada.

- Ambientes a la intemperie, en los que no es posible controlar los factores de intercambio calórico entre el cuerpo del trabajador y su entorno, se puede proporcionar un microclima individual mediante vestimentas apropiadas, uso de guantes y calentadores adicionales, bebidas y comidas calientes.
- Actividad Física y acondicionamiento muscular y ventilatorio a fin de mejorar la resistencia a ambientes fríos, especialmente en condiciones de baja presión atmosférica y concentración de oxígeno.

- * Según la norma ISO 9241, la *usabilidad* de un producto es la magnitud con la que un producto puede ser usado por usuarios especificados, para alcanzar las metas con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado. (THOMAS, B. *Quick & Dirty Usability tests*, en *USABILITY EVALUATION IN INDUSTRY*. Taylor & Francis. London. 1996).
- * INTERFAZ: término castellanizado de “interface” cuyo contenido semántico es el que se utiliza en este texto para describir la interacción M/H - T.

Bibliografía

1. GUYTON, A. C. Textbook of Medical Physiology. Saed. Saunders. Philadelphia.
2. APUD, E. et al. *Estudio de la Industria "Fanaloza"*. **Bol. Hig. Epid.** 10: 1, 1972.
3. DONOSO, H.; APUD, E.; LUNDGREN, N.P.V. *Section 2. Fatigue Assessment in Relation to Industrial Conditions. Direct Estimation of Circulatory Fatigue using a Bicycle Ergometer*. **Ergonomics**, 1971, vol., 14, Nº 1, 53 - 60.
4. CLARK, T.S.; CORLETT, E.N. *The Ergonomics of Workplaces and Machines. A Design Manual*. Taylor & Francis. London. 1984. pp. 2
5. HENDRICK, H. *Good Ergonomics is Good Economics*. **Ergonomics in design**. Abril 1997. Vol., 5, Nº 2, supl. 1 - 15.
6. SANDERS, M. MECORMICK, E. *Human Factors in Engineering and Design*. McGraw Hill. 7ª ed. Nueva York. 1992.

