

Grupo de Ergonomía Cognitiva
Universidad de Granada

ergonomía

en los sistemas de trabajo

José J. Cañas Delgado



Grupo de Ergonomía Cognitiva
Universidad de Granada

ergonomía

en los sistemas de trabajo

José J. Cañas Delgado

Ilustraciones
Norberto Castillo



Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente
UGT-CEC

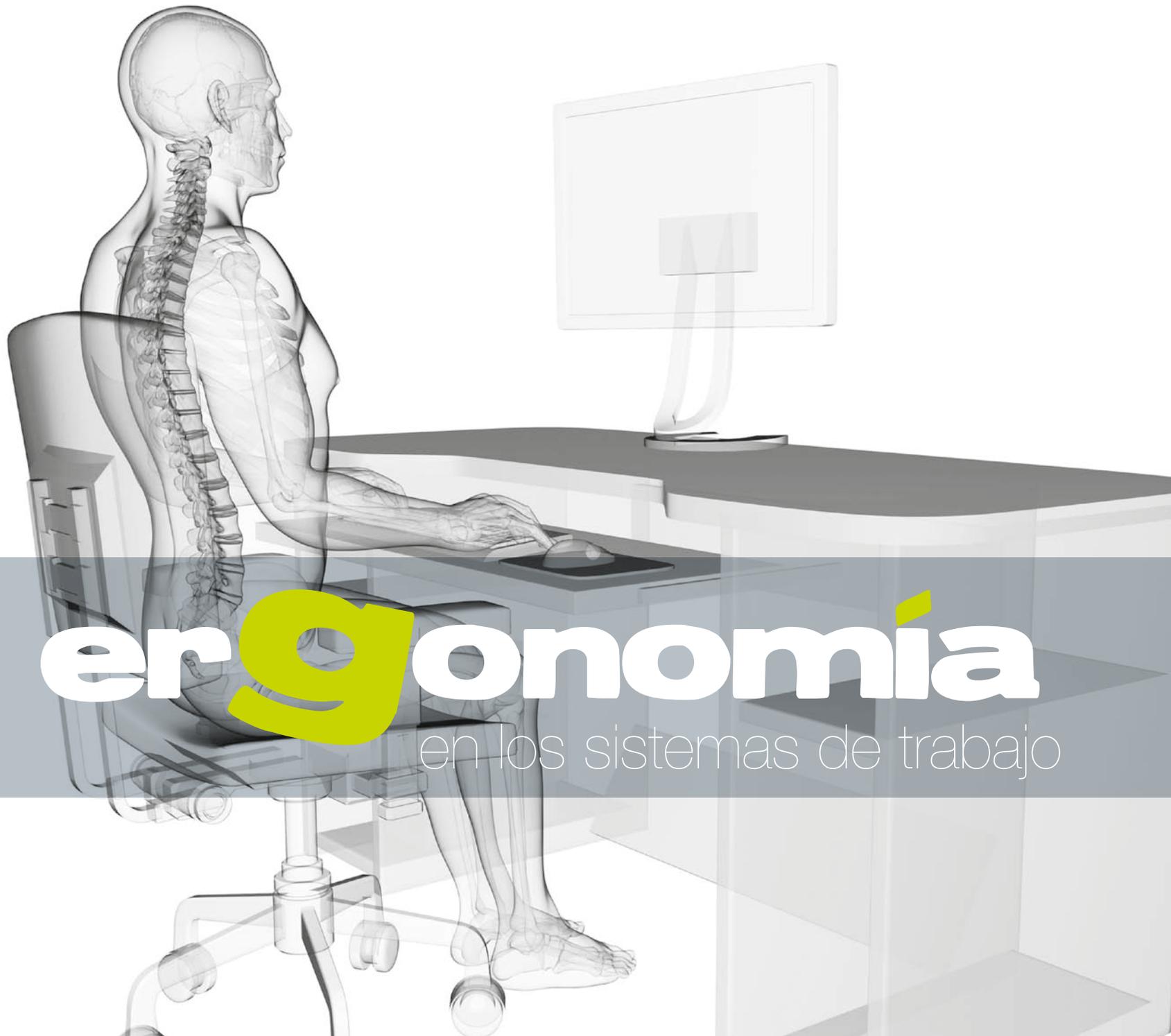
Este trabajo ha sido realizado para UGT-CEC
por el Grupo de Ergonomía Cognitiva de la Universidad de Granada.

EDITA
Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de la UGT-CEC

DISEÑA e IMPRIME
Blanca Impresores S.L.
95 319 11 02

Depósito Legal: M-28518-2013





ergonomía

en los sistemas de trabajo

A mis hijos, José,
Teresa, María
y Pablo con la
esperanza de
que este texto les
ayude a entender a lo que se
dedica su padre para ganarse
la vida.

índice

Prefacio	9
1. Definición	15
2. El sistema de trabajo	19
2.1. El Trabajo	21
2.2. Componentes del sistema de trabajo	26
2.2.1. <i>El ser humano</i>	26
2.2.2. <i>El artefacto (máquina)</i>	31
2.2.3. <i>El ambiente</i>	33
2.2.4. <i>La organización</i>	35
2.2.5. <i>Los organismos reguladores</i>	35
3. La seguridad operacional del sistema de trabajo	39
3.1. Riesgos y daños.....	40
3.2. Interacciones entre los componentes del sistema de trabajo y la seguridad operacional	42
3.3. ¿Cómo podemos alcanzar un nivel óptimo de seguridad operacional?	46
4. El concepto de Carga de trabajo	53
4.1. Definición	53
4.2. Esquema para la evaluación de Carga de Trabajo.....	57
4.2.1. <i>Recursos demandados</i>	58
4.2.1.1. Evaluación de los recursos demandados por análisis de tareas.....	58
4.2.1.2. Evaluación de los recursos demandados por el tipo de tarea.....	67
4.2.1.2.1. Tareas de Vigilancia	67
4.2.1.2.2. Tareas de muestreo.....	72
4.2.1.2.3. Tareas de toma de decisiones	75
4.2.1.3. Factores que afectan a los recursos demandados.....	79
4.2.1.3.1. Complejidad en la interacción con los artefactos y los procesos industriales.....	79
4.2.1.3.2. Diseño del ambiente	83
4.2.1.3.3. Empresa	85
4.2.1.3.4. Sindicatos, organismos reguladores y legislativos	86
4.2.2. <i>Recursos disponibles</i>	87
4.2.2.1. Diferencias individuales.....	87
4.2.2.2. Factores temporales	89

4.2.2.3. Aumento de recursos disponibles: Activación.....	92
4.2.2.3.1. Ingestión de sustancias	93
4.2.2.3.2. Estrés como un factor activador.....	94
4.2.2.4. Agotamiento de recursos disponibles: Fatiga.....	97
4.2.2.5. Efectos conjuntos del estrés y de la fatiga	99
5. Efectos de la carga de trabajo en la ejecución y en la salud.....	103
5.1. Efectos en la ejecución de la tarea.....	104
5.2. Efectos en la salud	106
6. Intervención ergonómica en la carga de trabajo	111
6.1. Tipos de Intervención.....	112
6.2. Intervención en el diseño de las condiciones de trabajo	113
6.2.1. Diseño de la máquina.....	113
6.2.1.1. Diseño del Software: Qué es lo que la máquina hace y cómo se distribuyen las funciones entre ésta y el trabajador.....	114
6.2.1.2. Diseño del Software: Diseño de la interfaz	121
6.2.1.2.1. Nivel sensorio-motor.....	126
6.2.1.2.2. Nivel perceptual	130
6.2.1.2.3. Nivel de procesamiento de la información.....	136
6.2.1.2.4. Nivel de cooperación	142
6.2.1.2.5. Nivel socio-cultural	143
6.2.2. Diseño del ambiente	144
6.2.2.1. Diseño del espacio, la iluminación, el ambiente acústico y la temperatura	144
6.2.2.2. Diseño de las posturas.....	146
6.2.2.3. Señalética.....	147
6.3. Intervención en el diseño de los procesos, actividades y operaciones	150
6.3.1. Planificación de los objetivos.....	150
6.3.2. Establecimiento de protocolos	151
6.3.3. Planes de aprendizaje y entrenamiento	152
6.3.3.1. Entrenamiento en habilidades.....	154
6.3.3.2. Entrenamiento en Estrategias	156
6.3.3.3. Aprendizaje del modelo mental de la máquina	157
6.3.4. Gestión del tiempo.....	165
7. Conclusión	171
8. Bibliografía.....	173



P

Prefacio

ergonomía
en los sistemas de trabajo



Quiero mostrar mi más profundo agradecimiento a la Comisión Ejecutiva Confederal del sindicato UGT por la oportunidad que me ha dado de poder explicar lo que hacemos los ergónomos. La historia de nuestra disciplina en España no ha sido la que nos hubiese gustado que fuese a los ergónomos españoles. Desgraciadamente, lo que en principio creímos que sería el comienzo del descubrimiento de nuestro trabajo por parte de la sociedad española, se convirtió pronto en una dinámica negativa que, en el mejor de los casos, ocultó nuestro verdadero trabajo y, en el peor lo desvirtuó convirtiéndolo en algo totalmente ajeno a lo que pensamos que debe ser la labor de la Ergonomía en el ámbito del diseño de los sistemas de trabajo, la prevención de accidentes, enfermedades profesionales y la evitación de catástrofes industriales.

Hasta la promulgación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en el año 1995, Ergonomía era una palabra totalmente desconocida para la inmensa mayoría de los españoles. Por esta razón, creímos entonces que esa ley sería positiva para nuestra profesión. Sin embargo, a partir de ese momento los acontecimientos fueron desarrollándose de tal manera que día a día veíamos como nuestro trabajo se iba convirtiendo en algo irrelevante para todos los agentes implicados en la prevención y la salud laboral de nuestro país.

Quizás a la hora de encontrar las causas habría que comenzar por el RD 39/97 promulgado para desarrollar la Ley y donde un error de imprenta (o gramatical por parte de los legisladores) puso una coma seguida de la preposición copulativa “y” convirtiendo a la Ergonomía y a la Psicosociología en una sola especialidad en prevención de riesgos laborales. Aunque, sin embargo, yo creo que la culpa de que la Ergonomía sea lo que ahora llamamos “la hermana pobre de la prevención” hay que buscarla en nosotros mismos por haber participado de la forma que lo hemos hecho en todo el proceso formativo que se origina con este Real Decreto sin ser conscientes de lo que nos estábamos jugando, que era, nada más ni nada menos, que el reconocimiento social de nuestra profesión. Por esa razón, creo que no es el momento de mirar hacia atrás buscando culpables para esta situación que nos hace morir de envidia cuando nos juntamos con nuestros colegas europeos y vemos el papel que juegan en la industria y la sociedad de sus países. Ahora debemos mirar hacia adelante intentando hacer nuestro trabajo lo mejor posible cada día y aprovechar oportunidades como ésta que ahora me presta la Comisión Ejecutiva Confederal de UGT para explicar lo que hacemos.

Por lo tanto, cuando comencé a escribir el texto que el lector tiene en sus manos, me fijé como objetivo explicar lo que a mi entender los ergónomos tenemos que ofrecer a la sociedad. Pensé que este objetivo lo debería conseguir escribiendo de una forma fácil y amena para un lector no ergónomo pero con un interés por comprender lo que es la Ergonomía y por saber qué posible relación tiene ésta con su actividad profesional o sindical. Descarté hacer un libro de



historia de la Ergonomía. Creí y creo que un libro de historia de una disciplina científica no es lo primero que debe leer una persona que esté interesada en ella. La historia sirve para saber de dónde venimos pero primero debemos saber dónde estamos. Si en el texto he necesitado referirme a conceptos de nuestra historia como el taylorismo, lo he hecho intentando no perder al lector en una discusión a la que animo a que se acerque en cuanto que pueda, pero después de comprender lo que es la disciplina hoy en día.

Tampoco he considerado conveniente hacer un libro de texto de la disciplina o un libro que entrase en profundidad en los temas tratados. Esa pretensión, además de irreal hubiese sido también un error y una pérdida de tiempo. Irreal e imposible hubiese sido porque un tratado de Ergonomía ocuparía una extensión que echaría para atrás a toda persona que no tenga un interés especial por convertirse en un ergónomo profesional. En ese sentido, yo creo que este texto debe servir para que un público lo más amplio posible tenga una visión global de la disciplina. Por esta razón, pensé también que hubiese sido un error porque entonces el texto hubiese sido leído por un reducido público muy motivado por considerarlo un libro de texto para su futura profesión, y nunca por un público amplio que estuviese motivado sólo por saber más sobre salud laboral y prevención de riesgos laborales. Finalmente, hubiese sido una pérdida de tiempo porque considero que ya existen libros en la profesión de la extensión, profundidad y calidad suficientes como para que el lector motivado comience a profundizar en los temas que le interesen. Por ejemplo, yo recomendaría a estos lectores que comiencen por leer uno de los libros que mis alumnos de la asignatura de Ergonomía de la Facultad tienen que leer. El libro es el manual de Ergonomía compilado por Pierre Falzón¹ y editado por la Editorial Modus Laborandi². Después continuaría con los libros que esta editorial está publicando.

Me gustaría agradecer enormemente la ayuda que me han prestado cuatro personas a las que les he pedido que lean el texto y me aporten sus comentarios y sugerencias. De estas cuatro personas sólo hay un ergónomo, Jesús Villena, al que le he pedido que me “corte el cuello” si he dicho alguna barbaridad desde el punto de vista de quien ejerce la profesión con la calidad que él lo hace todos los días. Le he pedido que me critique como si no fuésemos amigos ni nos conociésemos de nada.

Los otras tres personas no-ergónomos son una psicóloga, Encarni, un profesor de secundaria, Juan y un periodista, Antonio. Los tres son profesionales que tienen una cosa muy importante en común: tienen que comunicar ideas a públicos que si nos los “enganchas” pronto dejan de escucharte. Por eso, a ellos les he pedido que imaginen que este texto está dedicado a un público no profesional que sólo quiere una primera aproximación a la Ergonomía para descubrir lo que sus contenidos pueden ofrecer a sus trabajos diarios. Con esta imagen en mente, deben prever la reacción de ese público.

He querido hacer un homenaje con este texto a Julián Besteiro, una persona muy relacionada con el socialismo y la lucha sindical en este país y del que la mayoría de la gente sólo conoce estas facetas de su vida por ser, indudable-

1 Falzon, P. (2009). Manual de Ergonomía. Madrid: Modus Laborandi

2 <http://www.moduslaborandi.com/>

mente, esenciales para conocer nuestra historia, pero del que yo recuerdo una faceta que es menos conocida y que sólo se menciona cuando se escribe su biografía. De esta faceta yo tengo una anécdota personal que no suelo contar mucho pero que tuvo una importancia capital para mí en el nacimiento de mi vocación profesional. Mi encuentro con un libro extraño en la biblioteca de mi pueblo en mi primera adolescencia me hará decidirme por una profesión de la que desconocía todo, la Psicología Experimental. Andando el tiempo la Psicología Experimental me llevaría, como a otras personas en todo el mundo, a la Ergonomía.

Cuando yo era muy joven, creo recordar que tenía en torno a los 12 años, comencé a ir mucho por la biblioteca de mi pueblo a leer libros. Allí encontré un libro titulado “Introducción a la Psicología Experimental” de un tal Julián Besteiro y me puse a leerlo. Tengo que decir que causó tal impresión en mí que después he hecho todo lo que he hecho en mi vida profesional por lo que leí una tarde en aquella biblioteca de pueblo donde sólo había libros que se habían salvado de la quema de la censura franquista. Pensando después en ello, no me he podido explicar como ese libro estaba allí. Sólo encuentro dos posibles razones para ello: nadie sabía quien era Julián Besteiro en aquella España rural de aquellos años sesenta, y nadie podía imaginar que algo que se llamaba Psicología Experimental hubiese sido escrito por un rojo.

En cualquier caso, el impacto que me causó fue enorme y volví varias veces en los siguientes años a leerlo. Sin embargo, estando en la Facultad en los años setenta volví un día y el libro había desaparecido. Pregunté y nadie me supo decir qué había pasado con él. Supongo que no había sido la censura franquista sino más bien un coleccionista que se lo llevó fácilmente ante tanta desidia. Algunos años después encontré una copia en una Feria del Libro, pero me pidieron una fortuna que yo no podía pagar con mi pobre sueldo. Finalmente, un amigo que lo tenía me hizo una fotocopia.

Pues bien, el homenaje que quiero hacer está motivado porque, si no me equivoco, fue el primer texto sobre la Psicología Experimental que se escribió en España y esta disciplina ha sido una de las más influyentes en el desarrollo de la Ergonomía en todo el mundo. Gran parte de los grandes ergónomos del Siglo XX fueron, primero psicólogos experimentales. Por lo tanto, cosas de la vida, existe una conexión histórica entre el origen de la actividad sindical en España y la Ergonomía que quiero que se conozca. ¿Podrían haber llevado a Besteiro a la Ergonomía sus dos facetas, su preocupación por los trabajadores y su interés por la Psicología Experimental? Quién lo sabe, pero lo que está claro es que creo necesario que este hecho se conozca.

Finalmente, quiero dedicarle este texto a mis hijos, José, Teresa (Tete para su padre), María y Pablo. Algunas veces uno tiene dificultades para explicarles a sus hijos lo que hace para ganarse la vida. Por ello, me gustaría que ellos fuesen los últimos jueces de lo que he escrito. Si ellos comprenden a lo que me dedico, habré conseguido mis objetivos.

Granada, Noviembre, 2011



1

Definición

ergonomía
en los sistemas de trabajo

ergonomía

en los sistemas de trabajo





La Ergonomía es una disciplina con una larga historia en los países industrializados aunque en nuestro país ha sido una gran desconocida para la mayoría de la población hasta que hace su aparición en el año 1995 en una ley, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Esta Ley la colocó junto a las otras disciplinas prevencionistas (Higiene, Seguridad, etc.) como una de las áreas de actuación de la prevención de riesgos.

A lo largo de los años se han propuesto varias definiciones de Ergonomía que son perfectamente válidas, aunque creo que lo más apropiado quizás sea que partamos de lo que dice la Asociación Internacional de Ergonomía (IAE)³ que la define como:

La disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los otros elementos de un sistema.

La profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar un sistema a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema.

Según esta definición el concepto de “sistema” es central en Ergonomía. Por ello, es conveniente que comencemos por definir lo que significa este concepto para un ergónomo. Especialmente importante es el concepto de sistema de trabajo porque es en torno a él donde se desarrolla el trabajo de un ergónomo.

3 <http://www.iea.cc/>



2

El sistema de trabajo

ergonomía

en los sistemas de trabajo



El término sistema es ubicuo y pertenece a esos términos que todo el mundo entiende pero que es difícil de definir porque se utiliza en muchos contextos diferentes, algunas veces con connotaciones diferentes. De una forma fácil y general podemos decir que un sistema es “un conjunto de partes que juntas actúan para alcanzar un objetivo”. Lo que define a un sistema son las relaciones entre sus partes.

Un sistema puede ser más grande o más pequeño y sus límites dependen de cómo lo analicemos. En un sistema de trabajo tenemos, en primer lugar una máquina (por ejemplo, una fresadora) que es un sistema porque puede ser definido por el conjunto de sus partes y las relaciones que existen entre ellas y que explican como entre todas llevan a cabo su trabajo. Sin embargo, la máquina forma parte de un sistema más amplio como puede verse en la Figura 1. La máquina debe ser operada por un ser humano con el que forma un sistema que podemos llamar “Persona-Máquina”. Además, en la mayoría de las situaciones hay varias personas operando una máquina cada una, formando todos varios sistemas Persona-Máquina dentro de un sistema que podríamos llamar “Planta industrial”. Pero esta planta industrial forma parte de un sistema mayor que podríamos llamar “Organización empresarial”, donde están otros componentes como son los departamentos de administración, los ejecutivos, etc., que forman a su vez sus propios subsistemas. Además, no debemos olvidar que dada la forma como la organización empresarial funciona lo que ocurre en ella depende de leyes, normas, protocolos, etc., que son definidos por organismos tales como parlamentos, sindicatos, asociaciones empresariales, agencias de estandarización, etc. Todos estos organismos formarán un suprasistema con relaciones con la organización empresarial.

NORMAS, PROCESOS, TAREAS, ETC...

ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL



Figura 1. Sistema de Trabajo

Por lo tanto, en un sistema de trabajo podemos encontrarnos a una o varias personas y a uno o varios artefactos (máquinas) que interactúan dentro de un ambiente para conseguir un resultado fijado por la organización empresarial en función de unos elementos dados y dentro de unos protocolos, normas y leyes definidos por organismos empresariales, sindicales y legislativos nacionales e internacionales.

Es evidente que al utilizar el término “sistema de trabajo” los ergónomos queremos resaltar que todos los componentes de éste tienen sentido en función de la totalidad y no individualmente. Los objetivos del sistema de trabajo se obtienen optimizando la ejecución de sus componentes, tanto humanos como físicos.

Veamos ahora, en primer lugar, lo que entendemos por trabajo. A continuación, describiremos sus componentes y algunas de sus principales características que nos servirán para explicarlos.

2.1. El trabajo

Cuando hablamos de trabajo en Ergonomía lo hacemos refiriéndonos a él como “**tarea**” o como “**actividad**”. Sin embargo, estos términos tienen significados diferentes para nosotros. Cuando utilizamos la palabra “tarea” nos referimos al trabajo “prescrito”. Sería el trabajo que el operario tiene que hacer según las normas y los procedimientos establecidos por la empresa, los acuerdos sindicales, etc. Cuando utilizamos el término “actividad” nos referimos al trabajo “real”, tal y como el operario lo hace en su día a día. No tiene que haber una contradicción entre la tarea y la actividad, pero nuestra insistencia en diferenciarlas viene motivada, entre otras cosas, por no querer que se cometa el error de intentar saber cuál es el trabajo de un operario solamente leyendo los documentos que te proporciona la empresa. Es necesario observar como realmente los procedimientos descritos en esos documentos son realmente puestos en práctica por el operario.

El análisis de tareas es una herramienta fundamental de la Ergonomía. Podemos decir que es una regla básica en cualquier actuación de un ergónomo, es comenzar por analizar la tarea que una persona realiza, implique o no a una máquina. Los aspectos que deben analizarse son muy numerosos y aquí consideraremos sólo cuatro de ellos a modo de ejemplo.

En primer lugar, podemos distinguir entre tareas **discretas o continuas**. A menudo un operario debe realizar una acción solamente cada cierto tiempo dependiendo de unas condiciones impuestas por la propia máquina o por el proceso que ésta controla. Sin embargo, en otras condiciones, el operario tiene que estar realizando la acción de una forma continua o repetitiva. Por ejemplo, en lo que conocemos como “tareas de vigilancia” en las que un operario debe estar atendiendo continuamente a uno o varios indicadores para detectar cuando ocurre un valor determinado en uno o varios de los procesos en los que interviene una máquina. En el primer caso estaríamos hablando de tareas discretas y en el segundo de tareas continuas.

Esta distinción entre tareas discretas y continuas, es muy importante porque, por ejemplo, los estudios han mostrado que los efectos negativos que la fatiga y el estrés tienen en la ejecución del operario son mayores en las tareas continuas que en las discretas. Estos estudios han servido para establecer pautas a seguir con respecto a los turnos y los descansos que deben darse al operario en las tareas continuas. Se ha comprobado, por ejemplo, que en términos gene-



rales es necesario dar un descanso al operario después de aproximadamente 45 minutos realizando la tarea. Este aspecto también estaría relacionado con el diseño de los mandos de control y de los indicadores de la máquina. En función de que la tarea sea discreta o continua, tendremos que considerar unas u otras de las limitaciones antropométricas, anatómicas y fisiológicas mencionadas más adelante.

En segundo lugar, en una tarea tenemos varios niveles de **intervención o supervisión**. Dependiendo del nivel de automatización que tenga la máquina, el operario tendrá que intervenir más o menos durante el proceso. Este aspecto del diseño de la máquina es de suma importancia y ha sido tratado por la Ergonomía desde sus comienzos en la primera mitad del Siglo XX, siendo una de las áreas de intervención ergonómica más importantes en el diseño de máquinas. Una de las decisiones más importantes que se deben tomar durante el diseño de una nueva máquina es la de establecer el grado de automatización que se le asigna a ésta. Aunque la máquina totalmente automática no existe hoy en día y siempre requerirá un cierto control de un operario sobre su funcionamiento, es posible establecer cuál será este nivel de control dentro de un rango muy amplio. Este grado de control afectará al número y tipo de elementos que debe tener la interfaz que es el componente de la máquina donde se presenta la información al operario y donde éste acciona comandos para transmitir a la máquina lo que quiere que haga.

También tenemos que distinguir entre tareas **Estáticas o dinámicas**. Una tarea estática es aquella en la que algo cambia como consecuencia de la conducta de la persona. Si la persona no hace nada, nada pasa. Por ejemplo, una persona trabajando en el ensamblaje de un mueble estará realizando una tarea estática. Mientras que no coloque una pieza, el mueble seguirá en el mismo estado. Por el contrario, en una tarea dinámica, algunos o todos los elementos del sistema pueden cambiar independientemente de la conducta de la persona. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, un bombero puede no hacer nada pero la casa seguirá ardiendo. Aunque si hace algo el estado del fuego y de la casa cambiará. Por el contrario, el carpintero podrá parar y ninguna pieza de su espacio de trabajo se moverá. Por esta razón, una de las diferencias fundamentales entre las tareas estáticas y las tareas dinámicas la encontramos en el efecto de la presión temporal sobre el trabajador que existe en cada una de ellas. En las tareas dinámicas el trabajador tiene que tomar decisiones en cortos periodos de tiempo, bajo presión y con información incompleta porque no puede esperar para obtenerla toda para actuar. Si espera pueden ocurrir eventos indeseables. Por ello, por ejemplo, el estrés laboral es más común en las tareas dinámicas que en las estáticas y ese estrés puede ser la causa de muchos de los errores humanos con consecuencias importantes en la seguridad del sistema de trabajo que observamos.

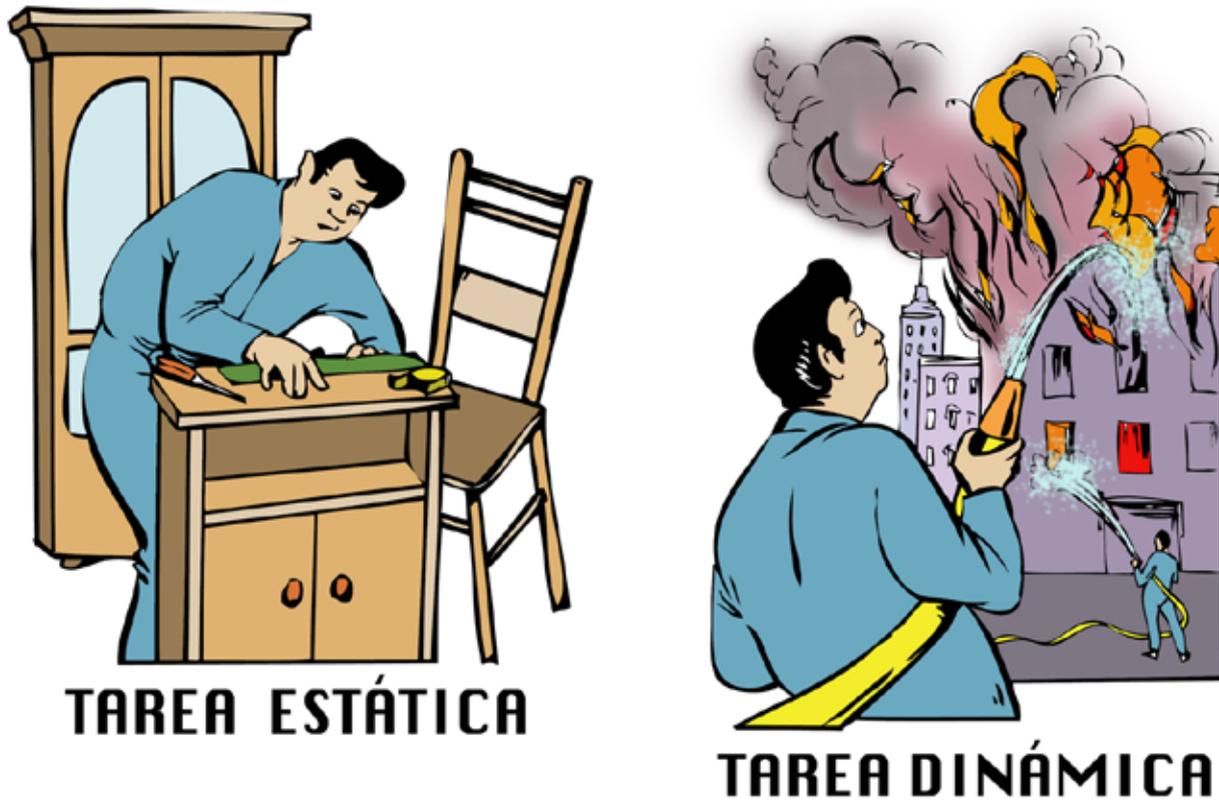


Figura 2 . Ejemplos de tareas estáticas y tareas dinámicas

Finalmente, debemos resaltar que una de las características fundamentales de las tareas es su **nivel de complejidad**. Aunque, complejidad es un concepto muy difícil de definir, para la Ergonomía es de especial importancia porque determina fundamentalmente el nivel de carga de trabajo que soporta el trabajador, como veremos más adelante

En cierta medida, complejidad es un continuo en el que en un extremo tenemos los sistemas simples y en el otro los sistemas complejos. Definiendo lo que son los sistemas complejos podemos inferir también lo que son los sistemas simples. En la Figura 3 podemos ver un ejemplo clásico de tarea compleja, el control de procesos industriales. De una manera resumida, podemos decir que un sistema complejo es aquel que está gobernado por un conjunto de variables



interrelacionadas, de una forma que su dinámica interna es opaca y difícil de controlar para una persona, debido a la imposibilidad de aplicar mecanismos simples de solución de problemas. Dicho de una forma más simple, una tarea es compleja cuando un operario tiene ante sí un sistema donde existen muchos factores interactuando de una forma que no es visible para él y donde sus acciones también son complejas por lo que se requiere un alto nivel de habilidad y conocimiento para actuar.

Considerando las características de dinamicidad y complejidad, dos autores alemanes, P. Frensch y J. Funcke⁴, han señalado las siguientes características que tendrían las tareas dentro de los sistemas complejos y dinámicos:

Opacidad: En un sistema complejo es posible observar sólo algunas variables de las que gobiernan el sistema y, a menudo, se tiene que inferir el estado del sistema a partir de “síntomas”. ¿Cómo podría un operario de una sala de control en una depuradora de agua ver todos componentes químicos del agua al mismo tiempo? Evidentemente, en las tareas complejas, muchas cosas que están ocurriendo en el sistema son opacas para el operario y éste tiene que actuar basándose en la observaciones de síntomas.

Se persiguen múltiples objetivos: Para controlar el sistema es necesario la consecución de múltiples metas. Una de las mayores dificultades con las que nos encontramos para controlar estos sistemas es que algunas de las metas pueden ser contradictorias y se requiere un compromiso razonable entre ellas. Por ejemplo, en una central nuclear se necesita bajar la temperatura del reactor, al tiempo que se mantiene un determinado nivel de presión. Sabemos que la temperatura y la presión mantienen una relación directamente proporcional y, por tanto, es necesario que el operador encuentre una solución intermedia que satisfaga en alguna medida ambos objetivos.

Complejidad de la situación: Viene dada por el gran número de variables, por el alto grado de conexión o interdependencia entre ellas, por las dificultades de controlar el sistema y por los aspectos dinámicos del mismo. La creciente complejidad de las demandas situacionales puede entrar en conflicto con la capacidad limitada del operador para operar. El ser humano tiene limitaciones físicas y mentales para actuar en situaciones complejas. Esta característica se puede desglosar en las dos siguientes.

Conexión entre variables: Un alto grado de conectividad describe una situación en la que los cambios en una variable afectan al estatus de otras variables relacionadas. Este hecho hace difícil anticipar todas las posibles consecuencias de una situación dada. Por poner un ejemplo sencillo, esta característica nos puede recordar a un médico que está intentando tratar un síntoma y tiene que tener cuidado para que el tratamiento no tenga efectos secundarios.

Desarrollo dinámico: Las tareas dinámicas requieren una serie de decisiones interdependientes, el estado de la tarea cambia, tanto de manera autónoma, como por las acciones del operador, y las decisiones deben ser tomadas en

⁴ Frensch, P. and Funcke, J. (1995), Definitions, Traditions and a General Framework for Understanding Complex Problem Solving. En P. Frensch y J. Funcke, (Eds) *Complex Problem Solving: The European Perspective*. U.K.: LEA

tiempo real. Por ejemplo, el display que nos muestra un radar que puede cambiar en cuestión de segundos, y la decisión que tome el operador en el segundo 5, puede no ser correcta para el segundo 10, pues el estado del sistema ha cambiado. El hecho de que un sistema sea dinámico hace que se requieran decisiones rápidas de la persona que lo maneja.

Efectos a tiempo demorado: No todas las acciones muestran sus consecuencias de manera inmediata, por lo que el operador debe esperar y mantener su atención. En una tarea compleja un operario puede presionar un botón y las consecuencias de esta acción verse dos horas después. Eso hace que el operario no pueda tener una información rápida de si ha actuado bien o mal y, por tanto, no pueda corregir sus acciones.

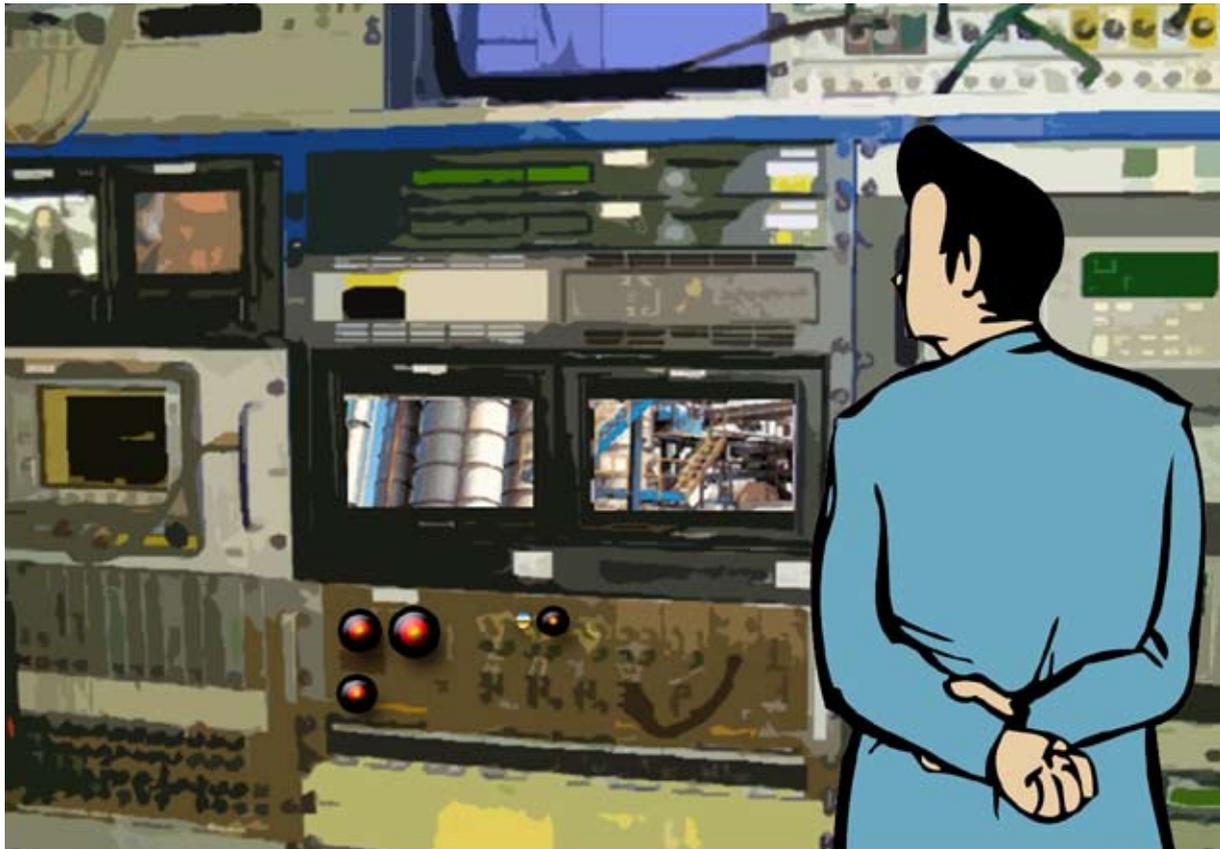


Figura 3. Ejemplo de tareas complejas: control de procesos

Si una tarea no tiene estas características, podemos decir que es una tarea simple. En la medida en que tiene algunas de ellas, tendremos tareas que se encuentren en el continuo de complejidad. Por tanto, con estas características que definen el nivel de complejidad de una tarea más su condición de tareas discretas o continuas, su nivel de intervención o supervisión y el hecho de que sean estáticas o dinámicas, podemos analizar las posibles tareas con las que la Ergonomía se encuentra a la hora de intervenir en el diseño de un sistema de trabajo.

El análisis de la actividad se lleva a cabo mediante la observación directa y consiste en analizar cómo el operario puede desviarse de la tarea prescrita para adaptarse a las condiciones específicas de su sistema de trabajo. El grado de desviación se analiza también en función de estas características.

2.2. Componentes del sistema de trabajo

Para la Ergonomía actual, el componente principal de un sistema de trabajo es el ser humano. Al ergónomo le interesa fundamentalmente el ser humano porque considera que el sistema de trabajo debe estar diseñado desde el punto de vista de su seguridad, su bienestar y su satisfacción. En este sentido, el ergónomo actual rechaza la postura conocida históricamente como “**taylorismo**”⁵ según la cual la preocupación por el ser humano en el diseño de los sistemas de trabajo tiene como objetivo mejorar su producción. Nosotros creemos, por el contrario, que la seguridad, el bienestar y la satisfacción de las personas deben estar por delante de las consideraciones de la cantidad de producción en nuestra sociedad. Es verdad que alguien puede decir que un trabajo seguro puede reducir las bajas laborales y, por tanto, aumentar la productividad. Sin embargo, los ergónomos siempre responderemos, que ese aumento en la producción es un efecto positivo secundario de nuestro objetivo principal al intervenir en el diseño del sistema: la seguridad, el bienestar y la satisfacción del trabajador. Eso no quiere decir que estemos en contra de obtener una buena productividad, pero lo primero es lo primero.

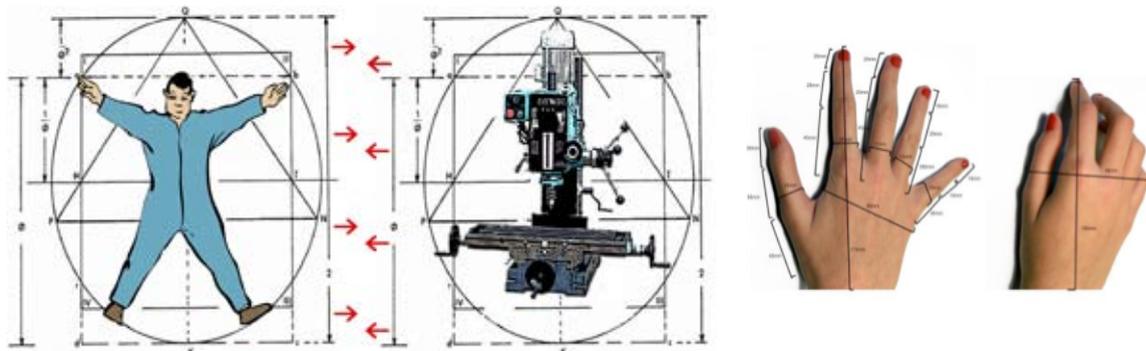
2.2.1. El ser humano

A los ergónomos nos importan todos los seres humanos de una sociedad en sentido amplio porque un mal funcionamiento del sistema de trabajo tiene consecuencias para todas las personas dentro y fuera de él. Por ejemplo, en las catástrofes industriales las consecuencias inmediatas son para las personas que trabajan en la industria que han sufrido el accidente, pero puede ser que los efectos de éste lleguen hasta todas las personas que viven en el área donde se encuentra

la industria. Pensemos, por ejemplo, lo que ocurre en los accidentes nucleares. Sin embargo, desde el punto de vista de nuestro trabajo en la evaluación y la intervención en la evitación de los riesgos estamos interesados fundamentalmente en los seres humanos que interactúan con los demás componentes “dentro” del sistema de trabajo. De esta manera, nos interesan los seres humanos que interactúan con las máquinas y los sistemas y procesos de la empresa, a los que solemos llamar “operarios”, y los seres humanos que son responsables de su gestión.

De todas las características con las que se puede describir a un ser humano en Ergonomía estamos interesados en las siguientes:

Características antropométricas, anatómicas y fisiológicas: Para actuar sobre la máquina, el operario utiliza generalmente sus extremidades, aunque también puede utilizar su sistema vocal, como en las máquinas activadas por voz, o incluso su mirada como en algunas máquinas modernas equipadas con sistemas de registros de movimientos oculares. En cualquiera de los casos, el cuerpo humano tiene unas determinadas características y, sobre todo, unas limitaciones. Por ello, lo primero que debemos hacer a la hora de evaluar las interacciones entre los operarios y los demás componentes del sistema de trabajo es tener en cuenta sus características antropométricas, anatómicas y fisiológicas. Consideremos, como un ejemplo sencillo, el especial cuidado que tendremos que tener para que un mando de una máquina no esté situado a una distancia tal que el operario tenga que alcanzarlo haciendo un movimiento extra que pueda interrumpir o interferir con su tarea y, a la larga, provocarle problemas musculares (ver Figura 4).



DIMENSIONES, ALTURA, ETC.

DISEÑO DE MANDOS

Figura 4. Características antropométricas, anatómicas y fisiológicas

Funciones psicológicas generales: Para que el ser humano pueda ejecutar una tarea debe procesar los estímulos del ambiente, darle un significado, almacenarlos en la memoria, analizarlos con sus procesos de razonamiento y toma de decisiones y seleccionar una respuesta adecuada a esos estímulos (ver Figura 5).

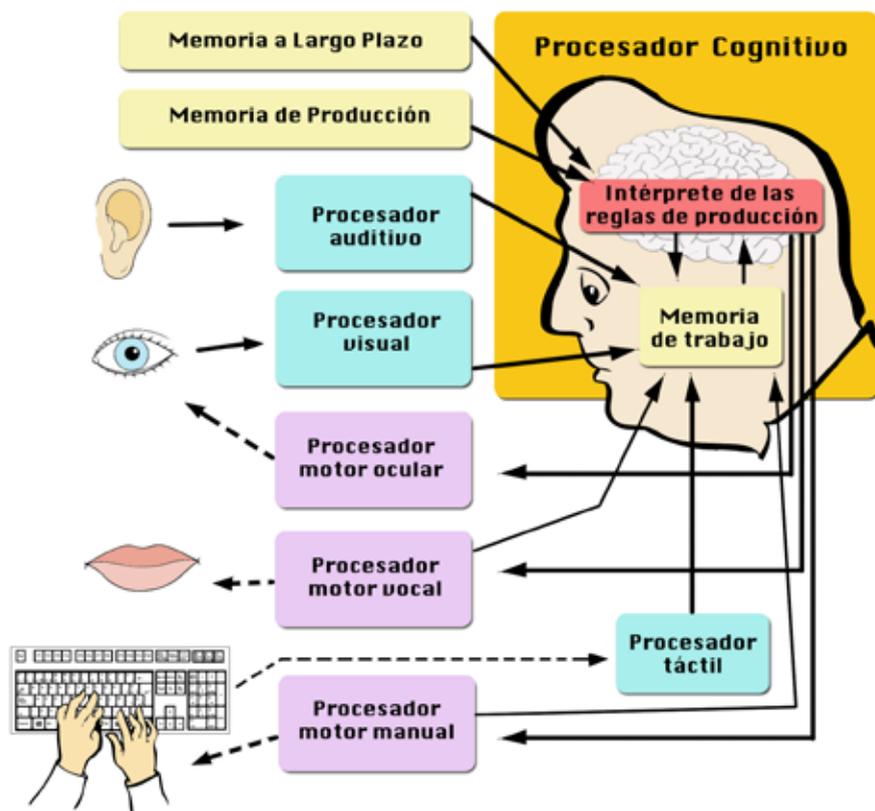


Figura 5. Procesamiento humano de la información

Durante el manejo de una máquina, el operario debe observar los indicadores que ésta tiene para interpretar su estado, recordar un conjunto de datos almacenados en su memoria (desde el significado de los datos que está observando, hasta el estado habitual de la máquina pasando por la información de cómo estaba la vez anterior que la comprobó, decidir qué es lo que debe hacer en cada momento en función de la tarea y del estado de la máquina y ejecutar una serie

de acciones apropiadas en cada momento. Todos estos procesos tienen que ser considerados por la Ergonomía mediante el análisis de la adquisición, almacenamiento, recuperación y uso de lo que llamamos en términos técnicos **Modelo Mental de la Máquina**.

Cuando interactuamos con un sistema, tenemos un conocimiento de su estructura y su funcionamiento. A este conocimiento se le llama Modelo Mental en el ámbito del diseño de artefactos y su evaluación y medición son consideradas como cruciales para que se diseñe un sistema con el que una persona pueda interactuar de forma efectiva con él. Más adelante en el texto volveremos a tratar el modelo mental de la máquina con un poco de más detalle.

Factores psicológicos temporales: Los procesos cognitivos (sensación, percepción, etc.) están sujetos al efecto de una serie de factores como son la distracción, la fatiga, el estrés o la carga mental. Los efectos de estos factores suelen ser negativos y hay que tenerlos en cuenta en relación a las características de la tarea (ver Figura 6). Por ejemplo, una máquina que vaya a ser usada en situaciones de estrés debe ser diseñada teniendo en cuenta que una persona estresada suele tener problemas atencionales que afectan a su capacidad para percibir estímulos y tomar decisiones. Si existe la posibilidad de encontrarnos con problemas atencionales debidos al estrés no se debería diseñar una máquina con muchos indicadores y éstos deberían estar situados espacialmente de tal manera que puedan ser atendidos fácilmente. Del mismo modo, en situaciones que presenten elevados niveles de estrés, es imprescindible tomar medidas como el uso de sistemas de seguridad apropiados para que las decisiones deban ser reevaluadas por el operario, antes de llevarlas a la práctica.



Figura 6. Factores psicológicos temporales:
distracciones, fatiga y estrés

Características psicológicas permanentes: Independientemente de las condiciones psicológicas temporales anteriores, nos encontramos con características psicológicas de los operarios que podemos llamar “permanentes” porque no dependen de condiciones pasajeras y van asociadas constantemente a ellos. Entre estas características cabe destacar el deterioro funcional debido al envejecimiento o a alguna enfermedad que afecte al funcionamiento cognitivo del operario (ver Figura 7). La Ergonomía actual está prestando mucha atención a este deterioro que tiene efectos sobre todos los procesos cognitivos, especialmente sobre los perceptuales y de memoria, y motores. Este deterioro psicológico y físico tiene efectos inversos a la mejora en el desempeño que se observa después de mucha práctica con la tarea (uno de los factores que también cambian con el tiempo). También debemos de tener en cuenta que la mejora en la pericia es a su vez afectada por la continua innovación tecnológica. Muchas veces nos encontramos con el caso de un trabajador que ha llegado a ser muy diestro en el manejo de una máquina y de pronto ésta es reemplazada por otra. Cuando esto ocurre, es aconsejable que en el diseño de la nueva máquina se mantengan elementos análogos a la de la anterior para que no sea necesario un re-aprendizaje complejo. Este re-aprendizaje es siempre difícil, sobre todo cuando el operario comienza a sufrir los efectos negativos del deterioro cognitivo debido a la edad.

Otra de las características permanentes, que puede pasar desapercibida, es la personalidad del operario. Sobre todo en situaciones de alto riesgo, podríamos observar como una persona atrevida se pondría a explorar los mandos, mientras que una persona prudente sólo accionaría aquellos que cree están relacionados con la tarea. De la misma manera, una persona temerosa reaccionaría lentamente ante una situación de emergencia.



Figura 7. Personas mayores y aprendizaje de nuevas tecnologías

2.2.2. El artefacto (máquina)

Tradicionalmente, a los ergónomos no nos ha gustado hablar de máquinas y siempre hemos preferido hablar de artefactos. La razón para esta preferencia es que el término artefacto incluye al de máquina y no al revés. Una máquina siempre es un artefacto, mientras que hay artefactos que no son máquinas. Por ejemplo, una pala o un destornillador son artefactos pero no son máquinas. Aunque, también es verdad que esta distinción es cada vez más difícil de hacer porque cada día son más los artefactos a los que se les están añadiendo mecanismos que los convierten en máquinas, por ejemplo, los destornilladores que mediante un mecanismo eléctrico giran y la persona no tiene que hacer un esfuerzo para enroscar o desenroscar el tornillo. En cualquier caso, a lo largo del texto muchas veces hablaremos de máquinas o artefactos intercambiamente aunque comenzaremos por dar la definición tradicional de artefacto por que es muy ilustrativa del rol que ,los ergónomos le damos dentro del sistema de trabajo.

Un artefacto es cualquier objeto manufacturado por el ser humano con la finalidad de aumentar cualquier aspecto de la conducta u operación mental humanas. Un hacha es un artefacto y también lo es una calculadora. Un hacha nos permite cortar troncos que no podríamos cortar con la mano y una calculadora nos permite hacer operaciones matemáticas que no podríamos hacer mentalmente. Un artefacto puede ser un objeto físico (un ratón de ordenador, un lápiz o un torno) o un ente abstracto (un programa de ordenador) o un objeto que representa a un objeto físico (un dibujo de una máquina). Los artefactos han sido creados para actuar sobre el ambiente, para modificar algún aspecto de éste, y para obtener la información que nos permita conocer sus características y cómo nuestras acciones lo modifican.

En el artefacto-máquina existen dos aspectos que podemos diferenciar: el hardware y el software. De estos componentes, el que interesa fundamentalmente a la Ergonomía es el software. En principio, los componentes mecánicos y eléctricos de los que esté hecho el artefacto no son relevantes para el ergónomo en la mayoría de los casos. Sin embargo, el software que es el que determina el funcionamiento de la máquina, lo que hace y cómo lo hace, sí es de especial interés para la Ergonomía.

En cualquier caso, de todos los componentes del hardware y del software del artefacto, el que más nos interesa es el que llamamos “interfaz”. De una forma simple, podemos decir que una interfaz es el “medio” a través del cual se comunican la persona y la máquina (ver Figura 8). La comunicación se establece en las dos direcciones. Por tanto, al hablar de una interfaz debemos incluir el medio por el cual la máquina presenta información a la persona y el medio por el cual la persona introduce información en la máquina. Es importante resaltar que una interfaz no es sólo el medio físico (hardware). La pantalla del ordenador sola no es la interfaz. Una pantalla apagada o sin un programa como Windows no es la interfaz. Cuando hablamos de la interfaz incluimos todo lo que son los objetos, imágenes, texto, sonidos, etc. que se presentan en la pantalla, así como todas las formas en las que una persona puede introducir información como punteros de ratones, gestos, sonidos a través de un micrófono, movimientos oculares, etc. Un artefacto puede no tener software, pero tendrá

siempre interfaz. Una pala no tiene software pero tiene un diseño externo (interfaz) pensado para que la persona interactúe con ella lo mejor posible: cogiéndola con eficacia y comodidad.

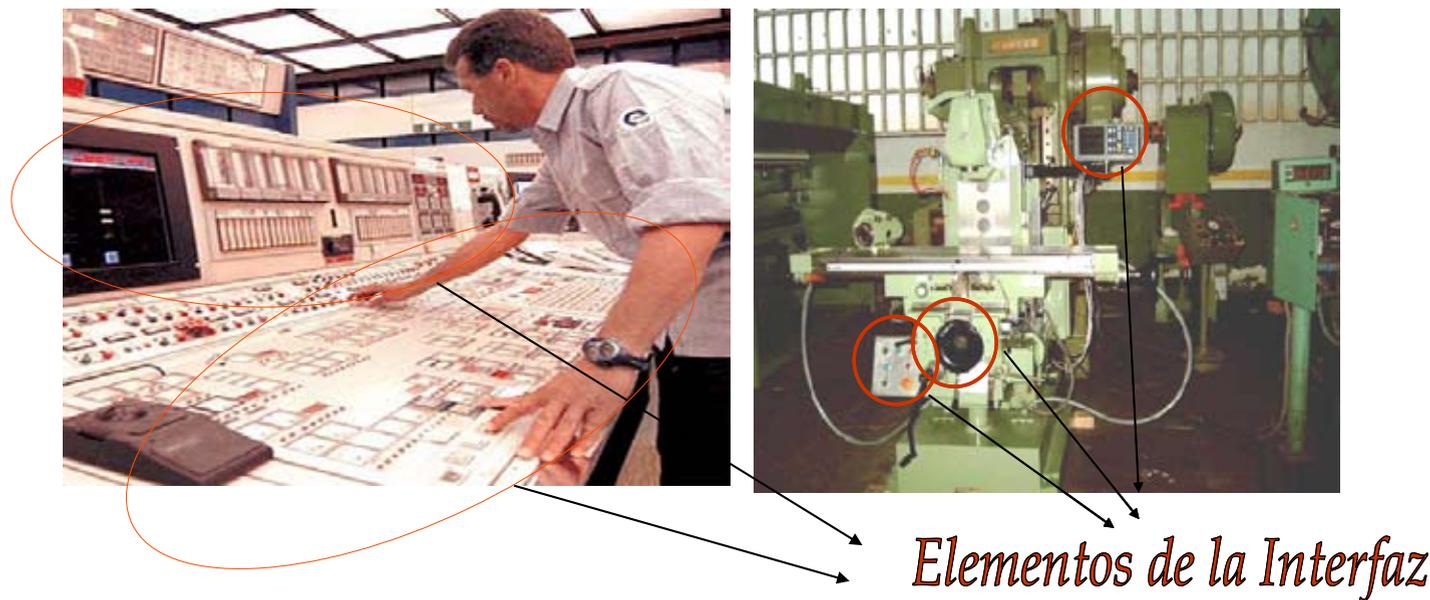


Figura 8. Interfaz de una máquina

Es importante también que distingamos entre la funcionalidad de un artefacto y la interfaz. Diferentes artefactos pueden tener similar funcionalidad pero requieren que el operario humano se comunique con ellos de diferentes maneras. Por ejemplo, consideremos la pluma en comparación con algún otro dispositivo de aporte para ser usado en un programa de dibujo. Si nosotros queremos hacer un dibujo a mano alzada, la pluma y un ratón de ordenador tienen similares funcionalidades. Sin embargo, el usuario se comunica con ellos de formas diferentes.

Las interfaces han ido evolucionando a lo largo del tiempo con el objetivo de que la comunicación entre la máquina y la persona se realice eficientemente. De nada vale diseñar un artefacto y hacer que funcione si la persona que debe usarlo no sabe cómo comunicarse con él. Por ello solemos decir que para la Ergonomía el diseño de interfaces es de especial relevancia ya que la interacción entre el ser humano y la máquina es central para la disciplina. Más adelante en el texto volveremos sobre este aspecto con más detalle.

2.2.3. El ambiente

El ambiente es el componente del sistema de trabajo sobre el que el trabajo humano tiene efecto y del que el ser humano extrae la información que necesita para trabajar. Pero debemos resaltar que con esta definición estamos considerando que el ambiente no sólo incluye el espacio inmediato donde las personas trabajan. En muchas ocasiones, el sistema también incluye un espacio externo donde la conducta humana tiene un efecto y del que el ser humano necesita conocer su estado para poder llevar a cabo su trabajo de control. En el caso mostrado en la Figura 9, el sistema de trabajo incluye tanto, los elementos que se encuentran dentro de la sala de control, como los procesos que están siendo controlados por los trabajadores. Por esta razón distinguimos entre:

1. **Ambiente local**, que es el espacio tridimensional en el que el operario humano se sitúa y que incluye a todas las personas y artefactos que se encuentran junto a él en este espacio.
2. **Ambiente externo**, que es el espacio tridimensional sobre el que la conducta humana tiene efecto y que no es directamente accesible para la persona.

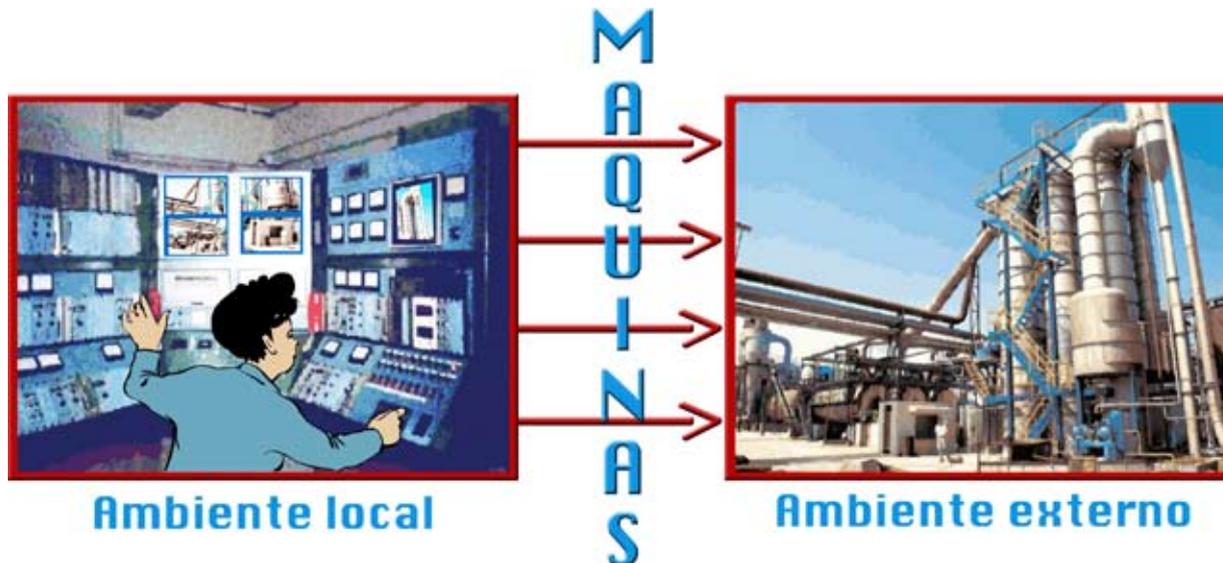


Figura 9. Los dos componentes del ambiente.

La diferencia fundamental entre el ambiente local y el ambiente externo radica en la inmediatez de la comunicación entre la persona y los elementos de ambos. Los elementos del ambiente local pueden ser percibidos directamente y la persona puede actuar sobre ellos sin necesidad de intermediarios. Por ejemplo, una de las personas que están en la sala de control puede comunicarse directamente con las demás personas y los artefactos que se encuentran también en la sala. Sin embargo, un operario de una sala de control no puede percibir directamente los procesos que están ocurriendo dentro de la central de energía y necesita artefactos para poder obtener información sobre su situación, su velocidad, etc. De la misma manera, para poder comunicarse con estos procesos que se encuentran en el ambiente externo, necesitará también los artefactos oportunos. Por tanto, aquí nos encontramos un buen ejemplo de interacción de tres componentes del sistema de trabajo: las máquinas son imprescindibles para que la interacción entre el ser humano y el ambiente externo sea posible.

Pero otra diferencia fundamental entre los dos componentes del ambiente se deriva del efecto que sus elementos tienen sobre las personas. Es evidente que los elementos del ambiente externo no afectan al trabajador (por ejemplo, la radiación que hay dentro del reactor nuclear no afecta al controlador). Sin embargo, en el ambiente local nos encontramos

con factores como la iluminación, el ruido, la temperatura, etc., que tienen un efecto directo sobre el trabajador y que son de una especial preocupación para la Ergonomía (ver Figura 10).

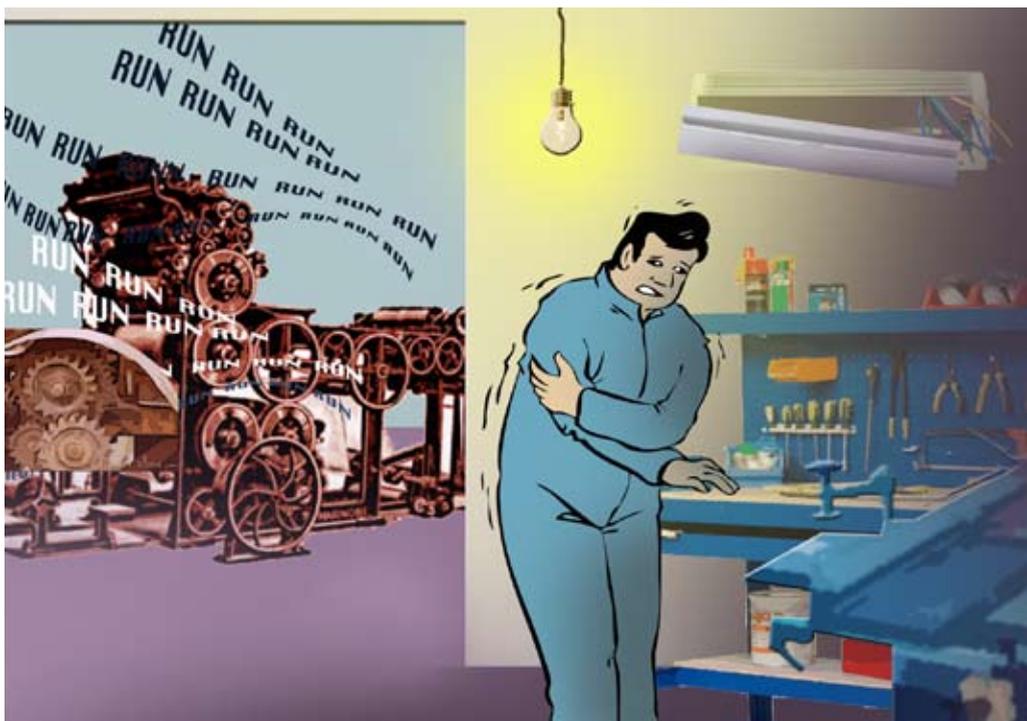


Figura 10. Algunos elementos del ambiente local que afectan al trabajador

2.2.4. La organización

Un sistema de trabajo se organiza en torno a una empresa u organización empresarial en la que se incluyen todos los recursos materiales y humanos de dicho sistema. Por tanto, cuando hablamos de organización del trabajo nos referimos a la manera en la que las empresas u organizaciones determinan y reparten los trabajos y las responsabilidades de sus trabajadores.

A la hora de definir una organización debemos tener en cuenta sus características estructurales y contextuales. En cuanto a las características estructurales, la más importante es su nivel de centralización, que hace referencia a la forma en que se haya distribuido el poder y la toma de decisiones. Otra característica estructural importante es la complejidad organizativa que puede variar en un continuo entre dos extremos, la organización horizontal y la organización vertical. Todas las características estructurales terminan finalmente reflejándose en las reglas, procedimientos y estándares que se siguen en la empresa.

De las características contextuales debemos destacar el origen e historia de la organización, su tamaño, la naturaleza y el rango de bienes y servicios, su tecnología, ubicación y la dependencia de otras organizaciones. Actualmente se habla mucho de la “**responsabilidad social corporativa**” para referirse al compromiso que tiene la empresa con los objetivos sociales en sostenibilidad y bienestar ciudadano.

Todas estas características son importantes para la Ergonomía porque en último término determinan en gran medida cómo se llevan a cabo las tareas humanas y la interacción Persona-Máquina. Por ejemplo, la empresa es la que tiene la responsabilidad sobre el establecimiento de los ritmos de producción y de las cadenas de producción. También es la que establece los turnos y los descansos en la empresa. Finalmente, si pensamos en la interacción Persona-Máquina, nos daremos cuenta de que decisiones tan importantes como cuándo se introducen nuevas máquinas y qué tipo de máquinas son éstas, dependen de la organización. Pero además, y más importante que lo que estos ejemplos muestran, es evidente que de la organización dependen los objetivos (producción, salud laboral, etc.) de ésta. Estos objetivos afectan de una manera global al sistema de trabajo en todos los aspectos.

2.2.5. Los organismos reguladores

En la sociedad actual, afortunadamente, los sistemas de trabajo tienen que regirse por unas normas que son impuestas por organismos reguladores y legislativos. Desde el número de horas de trabajo hasta las normas de prevención de riesgos, pasando por las normas que obligan a la organización a comportarse de una determinada manera, vamos a encontrarnos con organismos legislativos y normativos, tanto nacionales como internacionales,

que trabajan para que el trabajo humano sea más seguro. Además, nos encontraremos con organismos que, aunque no legislan, si velan por que las leyes y normas se cumplan. Entre estos organismos nos encontramos con los sindicatos de trabajadores.

En España existe el “**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**” (INSHT)⁶ que es el organismo de la administración del Estado encargado de estudiar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo para mejorarlas aplicando las normativas nacionales e internacionales. Además, participa en el propio desarrollo de estas normativas a través de proyectos de investigación, aunque muchas de las normativas dependen de los organismos legisladores. La función del INSHT es también la de desarrollar un amplio programa de formación a través de cursos, notas técnicas y todo tipo de documentación relacionada con el ámbito de la seguridad y salud laboral.

A nivel europeo tenemos la “Agencia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo”⁷ y la “Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo”⁸. Entre los organismos internacionales cabe destacar a la “Organización Internacional del Trabajo”⁹ y en el ámbito Latinoamericano a la “Organización Panamericana de la Salud”¹⁰. Todos estos organismos tienen funciones reguladoras y por eso deben ser tenidas en cuenta por la Ergonomía cuando interviene en el diseño de los sistemas de trabajo. De la misma forma, muchos ergónomos realizan su labor profesional en estos organismos participando en el desarrollo normativo.

6 <http://www.insht.es/>

7 <http://osha.europa.eu/es/front-page>

8 <http://www.eurofound.europa.eu/>

9 <http://www.ilo.org>

10 <http://new.paho.org/>



3

La seguridad
operacional
del sistema
de trabajo

ergonomía

en los sistemas de trabajo





Después de identificar cuales son los componentes del sistema de trabajo y señalar algunas de sus características principales, debemos ahora mover nuestra atención hacia sus interrelaciones para descubrir cuál es el rol que la Ergonomía juega en su diseño y cuáles son sus objetivos al hacerlo. Para dar este paso debemos antes introducir el concepto de **Seguridad Operacional** sin el cual es difícil actualmente entender el trabajo de los ergónomos.

Seguridad Operacional se define en relación al riesgo de lesiones a personas o daños a los bienes que puedan ocurrir como consecuencia del mal funcionamiento de un sistema de trabajo determinado. De esta manera, decimos que existe seguridad operacional si este riesgo se reduce y se mantiene a un nivel aceptable. La seguridad operacional se consigue por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos que dependen de las interacciones entre los componentes del sistema de trabajo.

3.1. Riesgos y daños

Para definir lo que son riesgos o peligros y daños tomaremos lo que la Ley de Prevención dice. En su artículo 4 define el riesgo laboral como: "...la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo". A continuación, define a los daños derivados del trabajo como: "...las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo". A esto añadiríamos las enfermedades, patologías o lesiones sufridas por personas fuera del sistema de trabajo, como ocurre en las catástrofes industriales o en los accidentes en los servicios de transporte como los aéreos o ferroviarios. En estos accidentes los viajeros no juegan un papel de actores en el sistema de trabajo pero sufren sus consecuencias.

También en el artículo 4 de la ley se dice que "...Se entenderán como procesos, actividades, operaciones, equipos o productos "potencialmente peligrosos" aquellos que, en ausencia de medidas preventivas específicas, originen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores que los desarrollan o utilizan".



Figura 11. Esquema de relacional de las definiciones dadas en la Ley de Prevención de Riesgos laborales

En la Figura 11, podemos ver estas definiciones seguidas de algunas inferencias que solemos hacer a partir de ellas. De esta manera, las enfermedades, patologías o lesiones las podemos dividir en dos categorías:

Las enfermedades, patologías o lesiones físicas o psicológicas. Éstas son las que evaluamos cuando un trabajador acude al servicio de salud y al preventivista una vez ha ocurrido el daño.

Las condiciones físicas o psicológicas que no son un daño en sí mismas, pero que se consideran como causas de daños aunque aún no hayan derivado en tales. Por ejemplo, en esta categoría pondríamos la carga de trabajo o el estrés laboral. Tanto la carga de trabajo como el estrés laboral derivarían finalmente en una enfermedad, patología o lesión, pero es posible que aún no lo hayan hecho. Por ejemplo, un estrés continuado puede ser la causa de una enfermedad cardíaca a medio plazo.

De la misma forma, los procesos, actividades, operaciones, equipos o productos potencialmente peligrosos los podemos subdividir en dos categorías.

Las condiciones del puesto de trabajo. En esta categoría entrarían los “equipos” (maquinaria, los elementos del ambiente como iluminación, ruido, etc.) y los “productos” (materiales que el trabajador manipula y son características físicas como, por ejemplo el ruido, las vibraciones, etc.).

La conducta del trabajador que incluye los procesos, actividades y operaciones.

Los equipos y productos forman lo que llamaríamos “condiciones del puesto de trabajo”. Todos los elementos como maquinaria, condiciones ambientales (iluminación, ruido, etc.) constituyen las condiciones del puesto de trabajo que dependen, en su mayor parte de cómo se diseña el ambiente, la maquinaria, etc. Este diseño se lleva a cabo de acuerdo a los objetivos e intereses de la empresa, siempre dentro de las normas que establecen los organismos reguladores.

Por otra parte, podemos referirnos a los procesos, actividades y operaciones como la conducta o las acciones del trabajador puesto que dependen de ellas y de las interacciones del trabajador con los demás elementos del sistema de trabajo. Evidentemente, estas conductas están reguladas por las organizaciones (empresas) y por los organismos reguladores (ISO, UNE, etc.).

3.2. Interacciones entre los componentes del sistema de trabajo y la seguridad operacional

Con este esquema, podemos ahora preguntarnos por cómo los elementos del sistema de trabajo interactúan para afectar a la seguridad operacional. En este sentido, la Ergonomía tiene un enfoque sistémico según el cual podemos encontrarnos con interacciones de todo tipo, como se muestran en la Figura 12.



Figura 12. Interacciones entre los componentes del sistema de trabajo en relación a la seguridad operacional

Tomemos un ejemplo donde podamos ver las interacciones complejas que se dan dentro del sistema de trabajo. El ruido al que un trabajador está expuesto es un peligro derivado de las condiciones del puesto de trabajo. Fundamentalmente, este ruido viene provocado por los equipos (maquinaria, equipos de ventilación, impresoras, etc.) y por las conversaciones entre las personas que se encuentran dentro del ambiente local.

Generalmente, solemos pensar, con razón, que el ruido soportado por el trabajador tendrá consecuencias sobre los deterioros en la capacidad auditiva a corto, a medio y a largo plazo. Por esta razón, los ergónomos, los higienistas y en general todos los profesionales de la salud laboral se ocupan de medir y evaluar el nivel de ruido que un trabajador soporta. Los resultados de sus mediciones son comparadas con unos valores establecidos por los organismos reguladores como los valores máximos que no deben sobrepasarse si no se quiere que el trabajador tenga problemas auditivos. Un ejemplo de estos valores máximos lo tenemos en la tabla de la Figura 13.

Tipo de Edificio	Local	L_{aeq} (dBA)
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zona de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

$$L_{aeq} = L_{aeq, T} + 10 (T/8)$$

Donde

T = duración diario de la exposición en horas

$L_{aeq, T}$ = Nivel de presión sonora equivalente en el periodo T medida en dBA

Figura 13. Niveles sonoros continuos de exposición de los trabajadores (Fuente: NTP503 del INSHT).

Sin embargo, debemos tener en cuenta que el ruido tiene también dos efectos que indirectamente constituyen peligros. Por una parte, el ruido tiene un efecto sobre el nivel de activación y, por tanto, sobre el nivel de estrés. Como consecuencia de ello, un trabajador que esté expuesto a un nivel de ruido alto tendrá más estrés y más probabilidad de sufrir enfermedades cardíacas. Pero, además, el ruido tiene un efecto que tiene que ver con el enmascaramiento del habla. Un trabajador que esté expuesto a mucho ruido tendrá mayor dificultad para comprender lo que otra persona le está diciendo y, por tanto, puede no entender las señales de peligro que le estén dando (Figura 14).

Por tanto, un ergónomo tendrá que evaluar el nivel de ruido considerando no solamente los efectos “directos” que éste tiene sobre las enfermedades o patologías. También tendrá que medir el ruido para evaluar sus efectos “indirectos” a través de las interacciones entre todos los componentes del sistema de trabajo. Utilizando el esquema que hemos propuesto podemos ver que a la hora de analizar los efectos del ruido sobre la seguridad operacional tendremos las interacciones que se reflejan en la Figura 15.



Figura 14. Efecto de enmascaramiento del ruido sobre la comprensión.



Figura 15. Ruido y seguridad operacional

Esto nos lleva a decir que para la Ergonomía actual no se debe caer en el error de considerar que los daños o patologías a los que una persona está expuesta dentro de un sistema de trabajo son una consecuencia directa y única de una sola causa. Las interacciones entre todos los componentes del sistema de trabajo deben ser tenidas en cuenta para velar por la seguridad y la salud de los trabajadores. En esto consiste precisamente el “**Enfoque Sistémico**” de la Ergonomía actual. Si un ergónomo considerase que su función es solo medir con un decibelímetro el nivel de ruido que hay en el ambiente de trabajo para compararlo con unas tablas elaboradas de forma genérica, sin considerar el contexto específico (ambiente local) del trabajador en cuestión con objeto de determinar la posibilidad de una patología auditiva concreta, estaría equivocándose desde el punto de vista de la Ergonomía actual. Para empezar, tendría que preguntarse cómo han sido elaboradas esas tablas y advertir que se han tenido en cuenta condiciones generales que tienen que concretarse en cada sistema de trabajo. Por tanto, tendrá que preguntarse por cómo funciona el componente de trabajo



que hemos llamado “organismos reguladores”. En segundo lugar, deberá también tener en cuenta las variables estructurales y contextuales de la empresa. Por ejemplo, aunque podemos pensar que las máquinas son la única fuente de ruido, la verdad es que las personas son también causantes de gran parte del ruido que soporta un trabajador. Por ello, es necesario saber cuál es la actividad de la empresa y en qué consiste la tarea del trabajador. Cuando, por ejemplo, nos encontramos con trabajadores que tienen que realizar su tarea en un lugar donde hay un continuo paso de gente, el ruido no puede ser tratado de la misma forma a la hora del diseño del puesto de trabajo que cuando el trabajador está aislado con su máquina en un espacio cerrado. En tercer lugar, deberá considerar que el ruido tiene también efectos psicológicos como el aumento de la activación y el estrés. Por ello, debe considerar que pueden producirse daños como insomnios o cardiopatías además de los evidentes problemas en el sistema auditivo. Finalmente, el ergónomo tiene que considerar que el ruido interfiere en la comprensión del lenguaje de tal manera que, por ejemplo, en un plan de evacuación deben ponerse los medios para que la comunicación entre las personas no se vea afectada y los riesgos de accidentes aumenten por una mala comunicación.

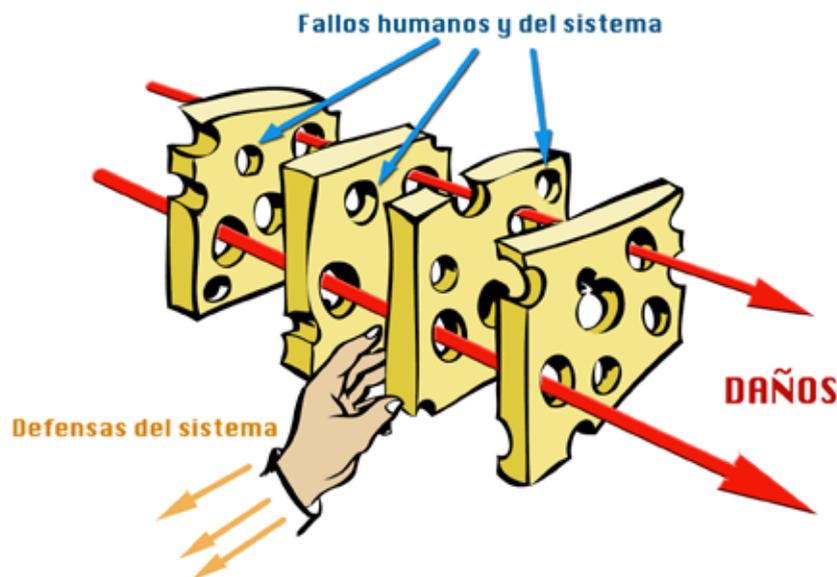
3.3. ¿Cómo podemos alcanzar un nivel óptimo de seguridad operacional?

La seguridad operacional supone un objetivo fundamental de cualquier sistema de trabajo. Como ya hemos dicho, aunque evidentemente la productividad es importante, en la sociedad actual consideramos que la seguridad operacional tiene una mayor prioridad en cualquier sistema de trabajo. Además, consideramos que esto es así no porque la seguridad operacional lleve a una mejor productividad, como se solía considerar en la visión que solemos llamar taylorismo. En aquella visión empresarial la preocupación por los riesgos de los trabajadores estaba motivada por la obtención de una mejor productividad. Se pensaba que un trabajador sano era un trabajador productivo. Por el contrario, en la sociedad actual se considera que el procurar que un trabajador esté sano es un objetivo en sí mismo, independientemente de su productividad. Nadie, ni los trabajadores, ni los sindicatos, ni la empresa ni los legisladores ni la sociedad puede aceptar que la productividad está por encima de la seguridad operacional. Todos estos agentes tienen claro que la salud de los trabajadores y la prevención de las catástrofes industriales son la prioridad número uno en la sociedad moderna. Por lo tanto, podemos decir sin miedo a equivocarnos que, de acuerdo a esta visión, la Ergonomía junto con otras disciplinas relacionadas con ella se plantea como objetivo principal de su actuación el encontrar formas de intervenir en el diseño del sistema de trabajo de tal manera que se asegure la seguridad operacional.

Para conseguir este objetivo partimos del hecho de que existen o pueden existir en cualquier sistema de trabajo una serie de eventos que suponen peligros para la seguridad operacional. Estos peligros se deben a factores ligados a cualquiera de los componentes del sistema (persona, máquina, organización, ambiente o agentes reguladores). Pero sobre

todo, los peligros suelen estar asociados a una mala interacción entre los componentes (por ejemplo, una mala interacción Persona-Máquina).

Esta visión sistémica que estamos describiendo nos lleva a darnos cuenta que la distinción que muchas veces se hace entre riesgos individuales y riesgos organizacionales es perfectamente explicable desde la interacción entre los componentes del sistema de trabajo. Desde el punto de vista de la conducta del operario, un riesgo individual significa una acción que ese operario ha llevado a cabo y que ha puesto en peligro la seguridad operacional. Sin embargo, según nuestra visión sistémica el operario actuará en función de sus propias características (físicas y psicológicas) pero también en función del diseño particular de la máquina con la que interactúa, los procedimientos establecidos por la empresa, etc. Por ello, aunque podamos hablar de un error individual cometido por una persona, en realidad podemos terminar hablando de un error de toda la organización. Es verdad que una persona puede olvidar hacer algo y poner en peligro la seguridad, pero también es verdad que la empresa puede poner los medios para que en el caso de que ese olvido ocurra se puedan poner las medidas inmediatas para que no se llegue a producir daños. Por lo tanto, la diferencia entre riesgos debidos a causas individuales y los riesgos debidos a múltiples causas dentro de la organización se hacen más difíciles de establecer.



Estos peligros no siempre se convierten en daños para las personas o para el sistema, por ello muchas veces los llamamos peligros o riesgos “latentes”. Sin embargo, el objetivo que tiene la Ergonomía es precisamente evitar que se hagan reales. Utilizando un modelo que el ergónomo británico James Reason¹¹ propuso y que se ha hecho muy famoso, tanto en la profesión, como fuera de ella, podemos poner los peligros o riesgos en un lado de un queso suizo con agujeros y los daños en el otro lado del queso. Según este modelo, el rol del ergónomo es tapar los agujeros por los que se pueden colar los peligros y llegar a convertirse en daños (ver Figura 16).

Figura 16. Modelo del queso suizo de James Reason

11 Reason, J. (2010). La gestión de los grandes riesgos: Principios humanos y organizativos de la seguridad. Madrid: Editorial Modus Laborandi



Cuando los ergónomos intervenimos lo hacemos para detectar esos riesgos latentes y poner las medidas para que no se conviertan en daños. Ahora bien, este trabajo de tapar los agujeros se puede hacer bien cuando se conocen todos los peligros posibles y los agujeros por donde se pueden colar, como ocurre afortunadamente en muchas situaciones. Por esta razón, la Ergonomía ha venido aplicando con éxito sus conocimientos sobre las interacciones entre los elementos del sistema de trabajo para, utilizando la terminología de este modelo, “tapar los agujeros” y evitar que los peligros se conviertan en daños. De esta manera y siguiendo con el ejemplo del efecto del ruido, los ergónomos utilizamos nuestros conocimientos sobre los efectos del ruido sobre el sistema auditivo y la comprensión y sobre las fuentes del ruido (por ejemplo, los componentes de las máquinas que lo provocan) para poner las medidas para eliminarlo, proveer a los trabajadores con los equipos de protección o disponer de señales visuales para compensar las interferencias en la comprensión del lenguaje hablado.

Sin embargo, está claro para la Ergonomía que un conocimiento completo de los peligros posibles en un sistema de trabajo es totalmente imposible. La cantidad de posibilidades con las que nos podemos encontrar es prácticamente incalculable. Pensemos, por ejemplo, en la variabilidad de la conducta humana. ¿Cómo podríamos predecir con total certeza, la forma de cómo una persona se va a comportar en una situación determinada? Además sabemos que muy a menudo las personas se deben desviar de las normas y protocolos fijados por la empresa y las agencias reguladoras por motivos muy bien justificados. Aunque estas desviaciones no son importantes y todo el mundo está de acuerdo en que esas normas y esos protocolos tienen que ser flexibles y dejar un margen para la adaptación a las diferentes situaciones donde nos encontramos, es indudable que contribuyen a la variabilidad de la conducta humana y, por tanto, a su cierto nivel de impredecibilidad. Pero además, la mayor fuente de variabilidad proviene del hecho de que diferentes personas realizan la tarea de formas diferentes. Por eso la insistencia de los ergónomos en diferenciar entre tarea y actividad. Tenemos que analizar la actividad para saber como “realmente” el operario realiza su tarea. Pero esta variabilidad hace que la predictibilidad de la conducta humana sea más difícil y con ello los peligros que se puedan derivar de ella sean más inevitables a priori.

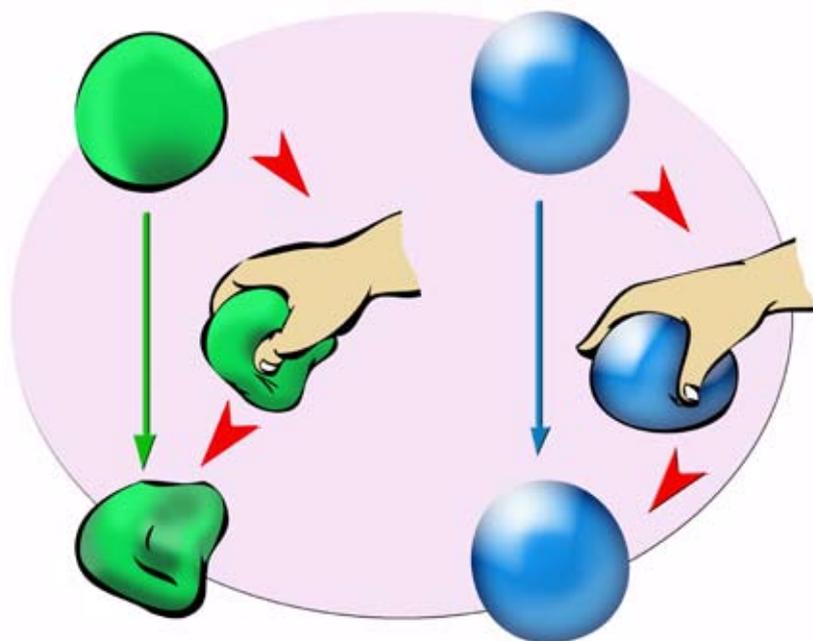
De la misma forma, es muy difícil predecir con total seguridad cuando una máquina va a tener una avería. Sabemos que los ingenieros que diseñan las máquinas llevan a cabo pruebas complejas para ponerlas en condiciones extremas y así conocer su resistencia a los fallos. Además todas las máquinas pasan por unos estrictos controles de calidad. Sin embargo, muchos tenemos la experiencia de haber comprado un coche que según nos han dicho en el concesionario ha pasado por esos estrictos controles de calidad, pero que nos hace volver al taller varias veces en el mismo año que lo hemos comprado. Los mecánicos nos explican que el control de calidad es muy bueno, pero que siempre hay un coche que se escapa al control y ese coche nos ha tocado, por mala suerte, a nosotros.

La variabilidad viene también de los eventos externos del ambiente. ¿Cómo podemos predecir un terremoto como el que ha afectado a la central nuclear de Fukushima? Con toda seguridad, los ingenieros que construyeron la central conocían que Japón está en una zona con una gran actividad sísmica. Sin embargo, debieron calcular que la probabilidad

de un maremoto y un tsunami era baja. Por lo tanto, le dieron prioridad en el diseño al hecho de que una central nuclear tiene una gran necesidad de ingentes cantidades de agua para poder enfriar los reactores. Las consecuencias de esa decisión son conocidas. El “impredecible” tsunami arrasó a la central nuclear y provocó un escape de radiactividad porque no habían sido diseñadas “barreras” para evitar que este peligro “remoto” se convirtiese en daño.

Por esta razón, la Ergonomía actual ha introducido un concepto nuevo que sirve de guía en nuestras intervenciones para asegurar la Seguridad Operacional del sistema de trabajo. El nuevo concepto tiene el nombre de “**Resiliencia**”¹² y ha sido tomado prestado de la Física de materiales. Según la Wikipedia la Resiliencia es “una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada. En términos simples es la capacidad de memoria de un material para recuperarse de una deformación, producto de una presión externa”.

Para explicar este concepto de una forma fácil, vamos a imaginar que tenemos en la mano una bola de plastilina como la que se puede ver en la parte izquierda de la Figura 17. Imaginemos que cerramos la mano y la aplastamos. Después abriremos la mano y observaremos que la bola sigue en la forma que ha tomado al aplastarla. Por el contrario,



imaginemos que tenemos una bola de goma como se ve en la parte derecha de la Figura. Si realizamos la misma operación observaremos que al abrir la mano, la bola de goma vuelve al mismo estado en el que estaba antes de cerrar la mano. Pues bien, decimos que la bola de goma “tiene resiliencia”, mientras que la bola de plastilina no la tiene. La bola de goma vuelve a su anterior estado después de haber sufrido una deformación por causas externas. Sin embargo, la bola de plastilina no es capaz de volver a su estado y seguirá deformada después de que la presión de las fuerzas externas hayan desaparecido.

Figura 17. Ejemplos de dos materiales con diferente resiliencia

12 Hollnagel, E., Woods, D.D. y Leveson, N.. (2010). Ingeniería de la Resiliencia: conceptos y preceptos. Editorial Modus Laborandi



Si ahora aplicamos este concepto a nuestro objetivo de asegurar la seguridad operacional de un sistema, diremos que un sistema de trabajo tendrá resiliencia cuando, al ocurrir eventos inesperados que suponen poner al sistema en riesgo, el sistema es capaz de adaptarse a esos eventos con rapidez de tal manera que la seguridad sea restablecida.

El tsunami que impactó sobre la central de Fukushima era probablemente impredecible e inevitable. Sin embargo, la seguridad operacional de la central nuclear no se medirá solamente por los riesgos previstos que han sido evitados mediante barreras en el diseño del sistema. También se medirá por la capacidad que haya tenido para mantener la seguridad después de un evento imprevisto y para el que no existían barreras, como el tsunami. Es evidente que en este caso que nos sirve como ejemplo no podemos hablar de resiliencia ya que no se habían dispuesto los sistemas necesarios para que si el agua de mar llegaba a entrar en los reactores, el sistema pudiese adaptarse a ese evento.

Es comprensible que nos preguntemos cómo podemos prepararnos para lo impredecible. Sin embargo, los ergónomos creemos que si es posible y en realidad lo estamos haciendo continuamente. Por ejemplo, cuando hacemos un plan de evacuación estamos pensando en lo que sabemos que puede pasar y en lo que no sabemos. Cuando se establece que en un aeropuerto debe de existir una ambulancia y un equipo médico a una determinada distancia para que pueda acudir en caso de una emergencia en un tiempo corto, estamos interviniendo buscando la resiliencia. Buscar la resiliencia significa que dado el daño tenemos que repararlo lo más urgentemente que podamos para que se restituya la seguridad operacional completamente.

Finalmente, antes de terminar debemos resaltar también un aspecto que es de una suma actualidad en la Ergonomía. Tanto si hablamos de los riesgos reales o latentes conocidos como si hablamos de los riesgos difíciles de predecir, para nosotros está claro que la seguridad operacional es responsabilidad de todos los componentes del sistema de trabajo. Los ergónomos intervenimos para buscar la seguridad operacional, pero si todas las personas de la organización no están implicadas en evitar los riesgos, nuestro trabajo no servirá de mucho. Esta idea se expresa con un concepto que se ha hecho muy popular en nuestra profesión y fuera de ella: **Cultura de Seguridad**. Con este concepto queremos insistir en que todo lo que son creencias, hábitos, pensamientos, intenciones, conductas de todos los componentes de la empresa deben incluir la seguridad como objetivo. Ahora que se habla mucho de la cultura de la empresa, nosotros queremos que esa cultura incluya a la seguridad también.

La visión sistémica que la Ergonomía tiene de la seguridad operacional y los conceptos de barreras y resiliencia, se puede explicar recurriendo al concepto de carga de trabajo que ocupa un lugar central en la práctica profesional de los ergónomos. Podríamos decir que en la definición, evaluación y prevención de carga de trabajo tenemos todos los componentes del sistema de trabajo y sus interacciones. Por esta razón, por ejemplo, en las leyes de prevención se asigna a carga de trabajo la mayor parte de la carga docente necesaria para ser ergónomo prevencionista.



4

El concepto de Carga de Trabajo

ergonomía

en los sistemas de trabajo



4.1. Definición

Podemos decir que el concepto de carga trabajo hace referencia a la cantidad de recursos aplicados a la realización de una tarea. Cuando una persona tiene que realizar una tarea, lo hace con una cantidad de recursos físicos y mentales determinados a los que denominamos **recursos disponibles** (ver Figura 18). La cantidad de recursos disponibles depende de una serie de factores tanto individuales como contextuales. Por ejemplo, una persona puede tener una musculatura muy desarrollada porque realiza muchos ejercicios físicos en un gimnasio, lo que le permite levantar grandes pesos, mientras que otra persona que lleva una vida sedentaria no tiene esa musculatura y, por tanto, puede levantar menos peso. De la misma manera, una persona puede haberse entrenado mucho en la realización de tareas matemáticas y de esta manera tener muchos recursos mentales para hacer operaciones matemáticas.

En términos generales, podemos decir que la cantidad de recursos disponibles en un momento determinado depende de tres factores. Por una parte, existen diferencias individuales que determinan que una persona tenga más o menos recursos disponibles para realizar una tarea. En segundo lugar, dependiendo del momento concreto en que los midamos, observaremos que una persona tiene más o menos recursos disponibles. Sabemos por ejemplo que hay personas que por la mañana tienen más recursos y por la tarde tienen menos. De la misma manera, los lunes, después de un fin de semana de descanso, se tienen más recursos que al final de una intensa semana de trabajo. Finalmente, la ingestión de ciertas sustancias puede modificar la cantidad de recursos disponibles. Por ejemplo, después de la ingestión de ciertas comidas (una gran fabada) o ciertos medicamentos (analgésicos) se puede reducir la cantidad de recursos mentales.

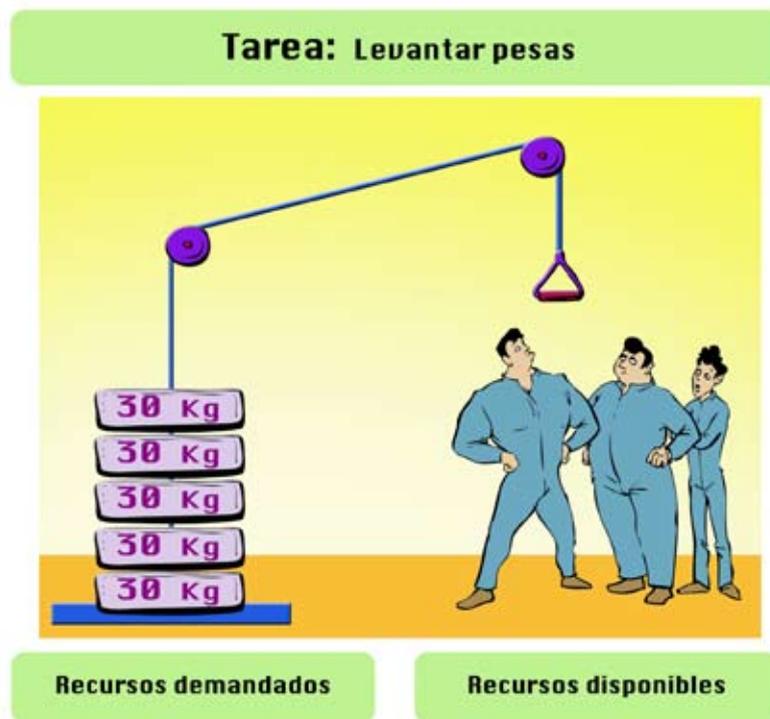


Figura 18. Recursos demandados y recursos disponibles en una tarea de levantar pesos



En cualquier caso, a la hora de hablar de recursos disponibles, es necesario decir que estos recursos son limitados y se agotan. Tanto en el caso de recursos físicos como en el de recursos mentales, no es posible para ninguna persona tener recursos ilimitados por un tiempo ilimitado. No es posible tener una musculatura que permita levantar un número de kilos ilimitado por mucho ejercicio físico que se haga, o levantar un peso, aunque sea pequeño, de forma repetida durante horas y horas sin agotarse.

Además de los recursos disponibles, debemos hablar de lo que denominamos **recursos demandados o requeridos**. Dependiendo, fundamentalmente, de la complejidad de la tarea, a una persona se le pedirá que aplique más o menos recursos disponibles para poder ejecutarla con un nivel de optimización determinado. Las tareas fáciles requerirán menos recursos, mientras que las tareas difíciles requerirán más recursos (ver Figura 18) .

Finalmente, disponiendo de unos recursos determinados y requiriéndose una cantidad determinada de recursos para realizar una determinada tarea, una persona puede decidir aplicar una cantidad mayor o menor de sus recursos disponibles a la realización de la tarea, a lo que denominaremos **recursos aplicados**. Existen una serie de factores que afectan a la cantidad de recursos aplicados, entre los que podemos mencionar la motivación o los objetivos que una empresa le ponga.

Considerando las cantidades relativas de recursos demandados y recursos disponibles, en un momento determinado podemos encontrarnos con tres posibles situaciones como puede verse en la Figura 19. En primer lugar, puede ocurrir que la cantidad de recursos disponibles sea igual a la cantidad de recursos requeridos. En este caso, la tarea puede ser realizada de una forma óptima. En segundo lugar, puede ocurrir que los recursos disponibles sean mayores que los recursos requeridos, en cuyo caso la persona puede, si quiere, realizar la tarea de una forma óptima y aún quedarle recursos disponibles de sobra para dedicarlos a otra tarea simultánea. En este caso, el único problema que podemos tener es que la discrepancia sea muy grande y produzca aburrimiento y finalmente distracción o somnolencia que pueden provocar accidentes. En tercer lugar, puede ocurrir que la cantidad de recursos disponibles, por la razón que sea, sea menor que la cantidad de recursos requerida. Esta situación tiene dos importantes consecuencias: Por una parte, la tarea no podrá ser ejecutada de una forma óptima y por otra, el esfuerzo de la persona por realizar la tarea afectará a su salud física y mental. Además, el esfuerzo por parte de la persona por realizar la tarea afectará a su salud física y mental. Por esta razón, es esta tercera situación la que se recoge dentro del ámbito de la prevención de riesgos laborales como uno de los factores de riesgo que deben ser evaluados.



Figura 19. Posibles relaciones entre recursos demandados y recursos disponibles

Por todo ello, definiremos **Carga de Trabajo** como la discrepancia entre los recursos disponibles y los recursos requeridos, cuando esta discrepancia supone que la cantidad de recursos disponibles es menor que la cantidad de recursos requeridos. Dicho de otro modo, decimos que existe un problema de carga de trabajo cuando los recursos que una persona necesita para realizar una tarea son excesivos y su ejecución puede verse afectada pudiendo ser la causa de errores, estrés, etc.

Cuando exista un problema de carga, el ergónomo intervendrá para modificar los recursos demandados y los recursos disponibles buscando un equilibrio entre ambos. Esta intervención la hará actuando sobre los factores que los determinan. En el caso de los recursos demandados estos factores serán los artefactos que el trabajador está utilizando, el ambiente en el que realiza su actividad, la organización del trabajo que determina la empresa e incluso, cuando sea posible, haciendo recomendaciones a las agencias reguladoras y legislativas para que modifiquen las normas y los pro-



tos. Para aumentar los recursos disponibles se podrá actuar sobre la formación para mejorar las habilidades físicas o psicológicas, los horarios y los descansos para ajustarlos a los ritmos biológicos individuales de cada trabajador o sobre los hábitos alimentarios y farmacológicos.

¿Qué significa la carga de trabajo dentro del concepto de seguridad operacional? Evidentemente, las situaciones donde los recursos demandados y los recursos disponibles no sean los mismos se pueden ver afectados la salud del trabajador y la probabilidad de que éste lleve a cabo alguna acción que ponga en peligro el sistema, con consecuencias para sí mismo y para los demás. Especialmente importante es el caso de lo que llamamos una situación de **sobrecarga** donde al no tener recursos suficientes para enfrentarse a la demanda el trabajador puede estar en una situación de alto riesgo y de daño. Pensemos, por ejemplo, en el caso de un trabajador que tenga que realizar una tarea física que requiera el levantamiento de un gran peso repetidas veces y ese peso sea superior al que pueden soportar sus músculos. Es indudable que existirá un gran riesgo de daño muscular y óseo. De la misma forma, cuando hay una sobre carga de trabajo un trabajador puede dejar de hacer algo que después sea una causa del malfuncionamiento de la máquina o del proceso que está controlando. La carga de trabajo dificulta también la capacidad de resiliencia al no dejar que haya recursos disponibles suficientes cuando un suceso imprevisto ocurre. Finalmente, la carga de trabajo es en sí misma una fuente de variabilidad ya que no es posible diseñar para prever todas las posibles situaciones de sobrecarga.

Detengámonos ahora a ver como los ergónomos analizamos los recursos demandados y los recursos disponibles y su dependencia de los componentes del sistema de trabajo. Más adelante veremos cómo intervenimos en su diseño para contribuir a conseguir la seguridad operacional.

4.2. Esquema para la evaluación de Carga de Trabajo

Para analizar los factores que intervienen en la carga de trabajo y plantear una metodología para su evaluación que permita la intervención ergonómica podemos utilizar el esquema que aparece en la Figura 20.

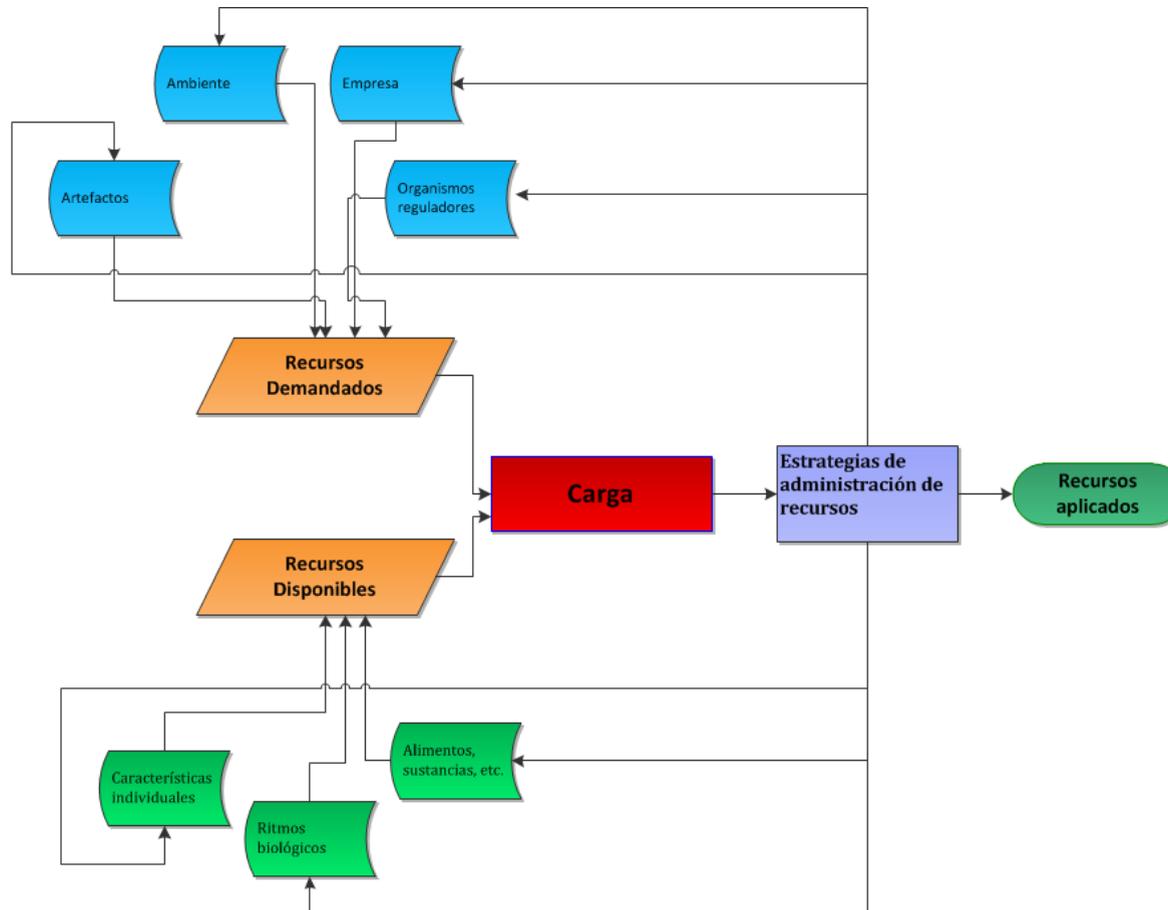


Figura 20. Esquema de análisis de la Carga de Trabajo



Los recursos demandados dependen del diseño de las máquinas, los elementos del ambiente, la empresa y los organismos reguladores. Por su parte, los recursos disponibles están determinados por las características individuales de las personas, los ritmos biológicos y la ingestión de alimentos y sustancias.

4.2.1. Recursos demandados

Los recursos demandados dependen en gran medida de las características de la tarea que la persona tiene que realizar. Por esta razón, a la hora de evaluar la carga de trabajo soportada por una persona los ergónomos comenzamos por hacer un **análisis de la tarea** para estimar los recursos mentales o físicos que la persona tendrá que utilizar para llevarla a cabo. Este análisis se hace de forma independiente de la persona concreta que realice la tarea. Por ello se habla de **recursos objetivos** para referirse a que los recursos no dependen de la valoración que la persona haga sino más bien de las características objetivas de la tarea.

Para hacer este análisis, el ergónomo dispone de una metodología que consiste en hacer primero un análisis del dominio de trabajo donde esa tarea se realiza y después identificar cuales son los componentes de la tarea propiamente dicha. Sin embargo, después muchos años analizando tareas y dominios, la Ergonomía ha ido acumulando conocimientos sobre tareas comunes que permiten al ergónomo no empezar de nuevo cada vez que se enfrenta a un sistema de trabajo concreto. Estos conocimientos permiten, fundamentalmente, guiar el análisis hacia los aspectos que sabemos que son los más importantes.

4.2.1.1. Evaluación de los recursos demandados por análisis de tareas

En cualquiera de las variantes metodológicas del análisis de tareas, en primer lugar, tendríamos lo que llamaríamos el **análisis del dominio de trabajo**. Cuando un ergónomo se acerca a analizar los recursos que una tarea requiere, lo primero que tiene que hacer es aprender el dominio o área de trabajo en el que esa tarea se lleva a cabo. Por ejemplo, si un ergónomo tiene que analizar los recursos demandados en una tarea de conducción de camiones, lo primero que tendrá que hacer es analizar cuáles son todos los componentes de la conducción de camiones: sus objetivos, sus prioridades, sus valores, sus funciones, sus recursos físicos y mentales y la configuración de sus materiales (ver Tabla 1). Los objetivos no serán los mismos si estamos hablando de un camión de reparto diario o un camión de transporte de largas distancias. Las prioridades hacen referencia a como se consideran los objetivos de tiempo y ahorro de carburante. Los valores son las garantías que este tipo de transporte dan a los trabajadores y a los clientes. Por ejemplo, un valor sería la seguridad de los conductores. Hay, por ejemplo, empresas que por no pagar el peaje de una autopista prefieren gastar más carburante, a la vez que obligan al conductor a acelerar para ahorrar tiempo. Las funciones hacen referencia a como se lleva a

cabo la tarea de conducir. Estas funciones son determinantes para calcular la cantidad de recursos físicos y mentales que son necesarios para llevar a cabo la tarea de transporte por carretera. Finalmente, tendremos que analizar cuáles son las configuraciones de los materiales que, en nuestro caso serán el tipo de camión y el tipo de carga que lleva.

Dominio: transporte de mercancías por carretera	
Objetivos	Transportar mercancías de un lugar a otro por carretera
Prioridades	Tiempo, carburante, etc.
Valores	Seguridad, servicio rápido, etc.
Funciones	Todas las características de la conducción de camiones en comparación con la conducción de coches o de otros vehículos terrestres
Recursos físicos y mentales necesarios para realizar la tarea	Movimientos, posición, procesos mentales implicados, etc.
Configuración de los materiales	Tipos de camiones, tipos de cargas, etc.

Tabla 1. Ejemplo del análisis del dominio del trabajo: transporte de mercancías por carretera.

Es importante resaltar que este análisis del dominio de trabajo es absolutamente necesario hacerlo si queremos conocer los recursos demandados. No es posible que se analice cualquier aspecto del sistema de trabajo, sino se conoce el dominio de ese sistema de trabajo. Nunca será posible que un ergónomo haga su trabajo sobre algo que desconoce. Por eso, no es posible que un ergónomo diga algo sobre un dominio sobre el que no ha aprendido todo lo que ha podido. Aunque es evidente que un ergónomo no puede convertirse de la noche a la mañana en un camionero, conductor de trenes, piloto o supervisor de una central eléctrica, también es verdad que cuanto más aprenda de estos dominios mejor podrá hacer su trabajo.

A continuación tenemos lo que llamamos **el análisis de la tarea** propiamente dicho. En este sentido recordemos lo que dijimos al hablar del trabajo sobre la necesidad de diferenciar entre tarea y la actividad. La tarea es el trabajo que tiene que hacerse según las normas y los reglamentos establecidos por la empresa y los organismos reguladores. La actividad, por el contrario, es el trabajo según lo hace realmente el operario. Por lo tanto, en esta fase del análisis se abordarán tanto la tarea como la actividad.

En el análisis de tareas nos interesan dos aspectos. En primer lugar, debemos describir cuales son los objetivos que el trabajador desea alcanzar y cuales son las condiciones en las que tiene que trabajar y que pueden imponer limitaciones para alcanzarlos. En segundo lugar, debemos identificar cual es la información relevante para alcanzar esos objetivos. Para describir los objetivos y como se llevan a cabo se han propuesto varios formalismos que básicamente consisten en describir cual es el evento que desencadena la tarea, el actor (persona) que la lleva a cabo, cuál es su rol y el objeto u objetos que utiliza (ver Figura 21). Las relaciones entre estos componentes nos indican como el trabajo es llevado a cabo. Por ejemplo, en la tarea de conducir un camión de transportes tendríamos un evento que sería la demanda de una empresa para transportar cierta mercancía. Este evento provoca el comienzo de la tarea que tiene como actor al conductor que usa el camión y tiene la responsabilidad de llevar las mercancías al destino. Las tareas se pueden subdividir en sub-tareas, los objetos en sub-objetos y los roles en sub-roles. Por ejemplo, en algunos países es el propio camionero el responsable de la carga y descarga de la mercancía, mientras que en otros es solo responsable de conducir el camión y la carga y descarga corresponden a otros trabajadores.



Figura 21. Componentes del análisis de la tarea

El análisis de la actividad se realizaría a continuación observando cuales son las desviaciones con respecto a la tarea normalizada que un trabajador en cuestión muestra, el porqué de esas desviaciones y las consecuencias que éstas tienen. Siempre teniendo en cuenta que esas desviaciones no son negativas en principio. Los ergónomos hemos encontrado muchas veces que un trabajador ha evitado accidentes precisamente por haber modificado un aspecto de la tarea normalizada. Aunque también es verdad que las modificaciones basadas en la propia intuición del trabajador son muchas veces la causa de los accidentes. Por esto, nuestra insistencia en analizar la actividad después de analizar la tarea. Es necesario detectar cuando la actividad constituye un peligro o cuando esa actividad debería convertirse en norma.

Finalmente, pero no menos importante es el **análisis de la organización del trabajo**. Siguiendo con nuestro ejemplo, no podemos entender la conducta de un conductor de un camión de transportes sin considerar si trabaja dentro de una empresa o es un trabajador autónomo que acepta encargos de empresas que necesitan transportar sus mercancías. Cuando un conductor trabaja dentro de una empresa sus rutas, prioridades, etc., vendrán determinadas por la planificación que se hace desde los departamentos de la empresa y su libertad para organizarse su tiempo será escasa. Por el contrario, un trabajador autónomo tiene libertad para organizarse su tiempo de tal manera que sus recursos mentales y físicos se distribuyan como él quiera.

Una vez realizado el análisis del dominio, de la tarea y de la organización, el ergónomo lleva a cabo una descripción de cuales son las competencias que un trabajador debe tener o tiene para realizar este determinado trabajo, cuales son las estrategias que utiliza y, finalmente, cuales son las transacciones sociales necesarias para llevar a cabo su trabajo dentro de su organización. Las competencias requeridas pueden ser físicas o mentales. Pero, en los dos casos, su análisis nos llevará directamente para descubrir cuales son los recursos que el trabajo demanda.

Para analizar las competencias mentales y, por tanto los recursos mentales demandados, los ergónomos utilizamos alguno de los modelos teóricos propuestos para este fin en los últimos años, como el propuesto por el psicólogo americano C.D. Wickens y conocido como el Modelo de Recursos Múltiples¹³. Según este modelo cada tarea demanda recursos específicos para los diferentes tipos de procesamiento mental que ésta requiere. Asumiendo que los recursos totales disponibles que tiene una persona son limitados, el modelo le da mucha importancia al hecho de que la tarea requiera recursos para diferentes componentes que afecten al mismo trabajo mental. Por ejemplo, si una tarea demanda recursos visuales para hacer dos cosas simultáneamente, la demanda de recursos se verá multiplicada. Esto es lo que ocurre cuando hacemos muchas cosas al mismo tiempo. Si queremos leer y hablar por teléfono simultáneamente, tendremos una demanda de recursos para el procesamiento verbal que será mayor que la suma de los recursos demandados por la lectura y la demanda por la escucha y el habla. Por tanto, aunque cada componente de la tarea demanda sus propios recursos, la combinación de los recursos intra y entre componentes al realizar una tarea determinará el nivel de recursos mentales totales demandados. Cuanto mayor sea la similitud entre los recursos demandados por los componentes de la

13 Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. En D. Parasuraman (Ed.) *Varieties of attention*. London: Academic Press.

tarea, mayor será la competición por esos recursos y mayor el nivel de recursos mentales totales resultante. Leer y escuchar música será menos demandante que leer y escuchar una conversación.

En este método de análisis se asume que los recursos pueden ser definidos a lo largo de tres dimensiones dicotómicas: (1) recursos definidos por los diferentes niveles o “estructuras de procesamiento mental” (desde los procesos sensoriales y perceptuales hasta los procesos de toma de decisiones y los responsables de dar las respuestas); (2) recursos definidos por la “modalidad” en la que la información es presentada y el tipo de respuesta que se espera de nosotros (input auditivo vs. visual y output manual vs. vocal); y (3) los recursos definidos por el “código de procesamiento” (espacial vs. verbal). En el centro de la Figura 22 podemos ver la estructura de los recursos de procesamiento según este modelo que forman parte de la metodología de análisis. Las dimensiones están representadas en una estructura en forma de cubo. En torno a ese cubo podemos ver un conjunto de dispositivos y señales de la tarea de conducción de vehículos que nos servirán de ejemplo.



Figura 22. Estructura dimensional de los recursos de procesamiento mental

Imaginemos que estamos haciendo un análisis de la tarea de conducir y tenemos un coche equipado con los dispositivos que se ven en la Figura 22. En primer lugar, tenemos los **Recursos definidos por niveles o estructuras de procesamiento**. En la tarea de conducción tenemos que percibir las señales de tráfico y tomar decisiones sobre lo que hacer en función de esas señales. Por tanto, tendremos una demanda de recursos sensoriales, otra de recursos perceptuales y otra de recursos para la toma de decisiones. Evidentemente, los recursos sensoriales y perceptuales demandados por las señales de tráfico competirán con los recursos sensoriales y perceptuales demandados por la carretera y por los dispositivos del salpicadero. En la medida en que la carretera demande más recursos perceptuales, tendremos más interferencia con la percepción de las señales. Por esta razón, decimos que la demanda de recursos se multiplica.

En segundo lugar, tenemos los **Recursos definidos por modalidades perceptivas y de respuesta**. Se asume que el procesamiento de inputs visuales y auditivos tiene su propia fuente y capacidad de recursos. Igualmente, las modalidades de output manual y vocal también tendrían cada una su propia fuente separada de recursos. Así, dos tareas que implican la misma modalidad de input (por ejemplo, auditivo) o la misma modalidad de output (por ejemplo, manual) se interferirán más y producirán más carga mental de trabajo que dos tareas concurrentes con las modalidades de input u output diferentes. Siguiendo con el ejemplo, podemos considerar, por una parte, las diferentes formas en las que podemos diseñar un dispositivo que avise al conductor de que algo está ocurriendo. Una posibilidad sería presentar una imagen sobre el cristal como se hace con los dispositivos que se conocen con el nombre de HUD (Head Up Display). En estos dispositivos se proyecta una imagen sobre el cristal delantero del coche de tal manera que el conductor la ve sobreimpuesta sobre la imagen de la carretera. Estos dispositivos demandan recursos visuales que compiten con la demanda de recursos que viene de tener que atender a los eventos que están ocurriendo en la propia carretera. De la misma manera podemos considerar las diferentes formas como podemos dar una respuesta. En este ejemplo del coche, en condiciones normales, las respuestas serán dadas con las manos y los pies. Sin embargo, existen coches equipados con dispositivos activados por voz para personas que tienen algún tipo de discapacidad motora.

Finalmente, tenemos los **recursos definidos por códigos de procesamiento**. El mejor ejemplo lo tenemos en los dispositivos GPS con los que vienen equipados muchos coches actualmente. Estos dispositivos pueden darnos la información con un código espacial o con un código verbal. Por ejemplo, cuando nos van indicando las direcciones que tenemos que tomar pueden presentarlas en una imagen en la pantalla o pueden darnoslas mediante una voz. La razón que han tenido los diseñadores para disponer de estos dos tipos de códigos está en relación con la interferencia de demandas de recursos. Si es el conductor el que necesita la información debemos tener en cuenta que tiene su vista puesta en la carretera y, por tanto, no podemos pedirle que dedique recursos a otra tarea visual que demanda recursos visuales que son necesarios para conducir.

La insistencia que este método pone en la interferencia entre demandas está justificada por la experiencia que tenemos los ergónomos con los trabajos que requieren hacer cosas simultáneamente. Por esto, con este método se ha descubierto que cuando dos tareas demanden recursos distintos en lugar de recursos comunes en alguna de las tres dimensiones, pueden ocurrir tres fenómenos:

La ejecución a tiempo compartido será muy eficiente. Por ejemplo, escribir a máquina y mantener una conversación (dos tareas que utilizan el código de procesamiento verbal) tienen una ejecución menos eficiente si se realizan simultáneamente que pintar y mantener una conversación (que utilizan el código espacial y el código verbal respectivamente).

Los cambios en la dificultad de una tarea no influirán en la ejecución de la otra. Siguiendo con el ejemplo de arriba, si el pintor utiliza un modelo real en tres dimensiones en lugar de una fotografía, la dificultad de la tarea de pintar aumentará, sin embargo, la conversación no se verá interferida.

Los recursos entre tareas no serán intercambiables. El hecho de que el pintor deje de conversar no mejorará la calidad de su tarea de pintar, ya que para ésta no necesita recursos verbales sino espaciales.

En resumen, utilizando este modelo u otro similar es posible hacer un análisis pormenorizado de cuales son las fuentes de demandas de recursos mentales en una tarea para, de esta manera, poder más tarde intervenir con objeto de reducirlas si fuese necesario. No olvidemos que el objetivo del análisis de tareas y actividades es el de reducir la carga de trabajo y una forma de hacerlo es mediante la reducción de la demanda de recursos.

La cantidad de recursos físicos demandados por una tarea depende fundamentalmente de la cantidad de energía, el tipo de movimiento, las posturas y la manipulación de las cargas que son requeridas para realizar el trabajo. La energía es aportada a los músculos a través de la sangre en forma fundamentalmente de glucosa. La sangre es también el medio principal por donde se eliminan los residuos que se producen como consecuencia del trabajo muscular. Por tanto, la demanda de recursos físicos se puede valorar desde un punto de vista fisiológico evaluando el trabajo metabólico. Para el componente biomecánico se evalúa el riesgo de padecer lesiones músculo-esqueléticas basándose en los movimientos repetidos, las posturas de trabajo y la manipulación de cargas.

De una forma genérica, podemos decir que los métodos de análisis del trabajo metabólico consisten en una combinación de dos procedimientos. Por una parte, se puede medir el consumo de oxígeno del trabajador durante el trabajo, ya que existe una relación lineal entre el volumen de aire respirado y el consumo energético. También se puede analizar la frecuencia cardiaca para calcular el consumo energético o usar los Acelerómetros, que son unos instrumentos que miden el consumo energético en función de la aceleración de los movimientos, considerando características individuales mediante unos dispositivos electrofisiológicos, ubicados sobre la superficie corporal en extremidades, tronco o cuello, dependiendo de las posturas y ciclos de trabajo. Por otra parte, se puede observar la actividad que el trabajador lleva a cabo, descomponiendo todas las operaciones en movimientos elementales y calculando el consumo para cada operación con la ayuda de alguna de las tablas publicadas (por ejemplo la NTP 177¹⁴). Estas tablas son un buen ejemplo de como del trabajo de los ergónomos se han llegado a obtener conocimientos que facilitan el análisis de las tareas, en este caso las tareas físicas. En la Tabla 2 podemos ver un ejemplo de los consumos metabólicos para varias posturas del cuerpo.

Postura del cuerpo	Consumo Metabólico(W/m2)
Sentado.	10
De rodillas.	20
Agachado.	20
De pie.	25
De pie incluido.	30

Tabla 2. Consumo metabólico para varias posturas de cuerpo

Desde la biomecánica podemos calcular los recursos demandados analizando el comportamiento del sistema musculoesquelético del trabajador durante el movimiento efectuado en las distintas tareas y subtareas. Los aspectos que analizamos son la repetitividad de movimientos, las posturas inadecuadas y los sobreesfuerzos.

Los movimientos repetitivos son un grupo de movimientos continuos, mantenidos durante una tarea que implica el mismo conjunto osteomuscular. Para que los consideremos como movimientos repetitivos estos movimientos deben repetirse durante ciclos de trabajo, ser similares en una secuencia temporal, y tener un patrón de fuerzas y características especiales del movimiento parecido. La demanda de recursos depende de la frecuencia de movimientos repetitivos, el tiempo de cada movimiento, las posturas y los movimientos de segmentos corporales inadecuados que están implicados y las fuerzas asociadas a cada uno.

Basándose en estos principios, los métodos que se han propuesto para evaluar la demanda de recursos asociados a los movimientos repetitivos son numerosos. Entre ellos podemos destacar los métodos RULA, IBV y OCRA. El método OCRA es quizás uno de los más usados en los últimos años. Fue propuesto por primera vez por el ergónomo italiano Enrico Occhipinti¹⁵ y ha sido el recomendado por la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA). El método evalúa la frecuencia de los movimientos repetidos, el nivel de esfuerzo aplicado a cada movimiento, las posturas que se adoptan en cada movimiento y el hecho de que se hayan utilizado o no equipos protectores y existan factores adicionales como vibraciones o exposición al frío.

En cuanto a los métodos para la evaluación de las posturas, en la práctica los ergónomos observan visualmente (muchas veces ayudados por medios técnicos de grabación) las posturas que un trabajador adopta. Para clasificar las

¹⁵ Occhipinti, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41, 1290-1331.

posturas y analizarlas se suelen ayudar de métodos de esquemas estructurados como el conocido como método OWAS¹⁶, que fue propuesto por los ergónomos finlandeses O. Karhu, R. Härkönen, P. Sorvali y P. Vepsäläinen para clasificar y evaluar las posturas del tronco y los miembros. Este método clasifica y evalúa las posturas del tronco y los miembros.

Finalmente, un aspecto muy importante a la hora de evaluar las demandas de recursos físicos es el de la cantidad de peso que una persona puede manipular y soportar. Para este propósito se suele usar el método conocido como NIOSH, que fue desarrollado y propuesto por el “National Institute for Occupational Safety and Health”¹⁷ en 1981, para calcular el peso máximo recomendado en la manipulación manual de cargas. Por tanto, podemos tomarlo como un método de cálculo de recursos demandados. La ecuación propuesta por NIOSH refleja claramente la forma de plantear el problema de carga de trabajo. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Índice de levantamiento} = \frac{\text{Carga levantada}}{\text{Límite de peso recomendado}}$$

Si el numerador es mayor que el denominador, tenemos un problema de carga con consecuencias en la salud física del trabajador, concretamente en la aparición de un problema de lumbalgia. Podríamos decir, por tanto, que esta fórmula calcula el límite máximo de recursos demandados que puede soportar una persona normal en función de una serie de condiciones que se expresan en la fórmula para calcular el límite de peso recomendado.

La fórmula de cálculo del límite de peso recomendado está basada en la evaluación de tres aspectos: el biomecánico, el fisiológico y el psicofísico. El aspecto biomecánico se calcula en función del estrés soportado por la región lumbosacra durante los levantamientos poco frecuentes de pesos que requieren poco esfuerzo. El aspecto fisiológico se tiene en cuenta porque en el levantamiento de pesos hay casi siempre problemas metabólicos y de fatiga asociados a los movimientos repetitivos. Finalmente, el método considera que es necesario tener en cuenta la percepción que tiene el trabajador de su propia capacidad para levantar pesos en lo que llamaríamos el aspecto psicofísico.

Por tanto, como ocurre con los recursos mentales, los recursos físicos que una tarea demanda también podemos calcularlos utilizando metodologías desarrolladas por los ergónomos en las últimas décadas para tal fin. Con este cálculo de recursos, tanto mentales como físicos es posible abordar uno de los dos componentes de la carga de trabajo. El otro componente, el de los recursos disponibles lo trataremos más adelante, después de detenernos a describir como el trabajo

16 Karhu O, Härkönen R, Sorvali P, Vepsäläinen P. (1981). Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Applied Ergono.* 1981 Mar;12(1):13-7.

17 Harris, R.L., and Christhif, D.M. (1980). What do pilots see in displays? Proceedings of the 24th Annual Meeting of the Human Factors Society (pp. 22-26). Santa Mónica, CA: Human Factors Society.

de los ergónomos nos puede permitir conocer de antemano cuales son los componentes de algunas tareas muy comunes y sus fuentes de demandas de recursos.

4.2.1.2. Evaluación de los recursos demandados por el tipo de tarea

El trabajo de los ergónomos durante los últimos 60 años ha acumulado gran cantidad de conocimientos sobre las demandas de recursos de muchas tareas. Estos conocimientos han permitido detectar que existen suficientes similitudes entre conjuntos de tareas para poder clasificarlas en “categorías” o “tipos”. A partir de estas categorías o tipos se han elaborado guías de análisis que señalan cuales son los aspectos que deben ser evaluados en cada tipo de tarea.

De esta manera, cuando un ergónomo se enfrenta al análisis de las demandas de una tarea, puede intentar ver si pertenece a alguna categoría y, si así fuese, beneficiarse de los conocimientos de otros ergónomos para guiarse en el análisis y no empezar desde el principio. Estos conocimientos sobre categorías de tareas se pueden encontrar en numerosas fuentes, por ejemplo, en libros, notas técnicas, etc.. Aunque existen muchas de estas categorías, vamos a analizar sólo tres de ellas para que nos sirvan de ejemplos de este aspecto tan importante en nuestro trabajo.

4.2.1.2.1. Tareas de Vigilancia

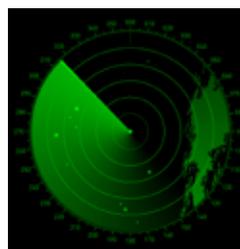
Las tareas de vigilancia se definen como aquellas en las que un operador tiene que detectar señales durante un período de tiempo relativamente largo y las señales son intermitentes, impredecibles e infrecuentes. A la ausencia de señal se le llama ruido. Ejemplos de tareas de vigilancia son las que realizan: un operador de Radar, un policía de seguridad de un aeropuerto examinando por Rayos-X los equipajes para encontrar armas, un operador de una sala de control de una planta nuclear y un trabajador de control de calidad (ver Figura 23).

Figura 23. Tipos de tareas de vigilancia

EN FUNCIÓN DE LOS POSIBLES ESTADOS DEL AMBIENTE

EN FUNCIÓN DEL TIPO DE RESPUESTA

Respuesta libre



La persona debe decidir entre tres o más niveles De certidumbre sobre La presencia de la señal

Inspección



La señal puede o no estar presente



Existen dos tipos de tareas de Vigilancia en función del tipo de respuesta:

Respuesta Libre: La señal puede ocurrir en cualquier momento y no está definido el ruido. Ejemplos: Un radar, un monitor de una central nuclear.

Inspección: Una secuencia de eventos que ocurren a intervalos casi regulares. Algunos eventos son señales y otros no. Ejemplos: Una cadena de control de calidad, un guardia de seguridad de un aeropuerto inspeccionando maletas.

Del mismo modo, existen dos tipos de tareas de vigilancia en función de los posibles estados del ambiente:

La señal puede estar o no presente.

La persona debe decidir entre tres o más niveles de certidumbre sobre la presencia de la señal.

Después de analizar las tareas de vigilancia durante muchos años, los ergónomos hemos aprendido a detectar posibles causas de por qué la ejecución de los operarios no es perfecta, se comenten muchos errores y las detecciones correctas ocurren con latencias (el tiempo que se tarda para dar la respuesta) largas. Basándonos en estos conocimientos, se han desarrollado procedimientos de análisis que nos permiten identificar cuales son las fuentes de demandas. Estos procedimientos están basados en las teorías psicológicas, en este caso concreto en las conocidas como teorías de “Detección de Señales”.

Las teorías psicológicas de detección de señales distinguen dos procesos en la detección, un proceso sensorial y un proceso de detección. Para que una señal pueda ser detectada es necesario que primero sea captada por los sentidos. Si la señal no es captada, el operario podrá solamente adivinar si está o no. Sin embargo, muchas veces los procesos sensoriales captan la señal de forma poco nítida, bien porque la señal no sea clara o bien porque el propio sistema sensorial funcione defectuosamente como ocurriría en un caso de un operario con problemas auditivos. En esos casos, el operario tendrá que decidir si esa señal débil que recibe corresponde a la presencia real de la señal en el ambiente o es simplemente ruido.

Por estas razones, en una tarea de vigilancia las condiciones de la señal y la respuesta del operario pueden dar lugar a cuatro posibles resultados, como se puede ver en la Figura 24. Situándonos en la condición más simple como se ve en la Figura, pensemos que hay dos posibilidades en cuanto a la señal, que esté presente o que no y el operario tiene que decir “sí, la señal está presente” o “no, la señal no está presente”. En esta situación tenemos cuatro posibles resultados. En primer lugar, podemos tener un acierto cuando la señal está presente y el operario dice que sí. Por ejemplo, el operario de una cadena de control de calidad retira una pieza que realmente está defectuosa. En segundo lugar, puede haber un error si dice que no y la señal estaba presente realmente, como cuando el operario deja pasar una pieza defectuosa. En tercer lugar, tenemos las llamadas falsas alarmas que se dan cuando se dice que estaba la señal y ésta no estaba presente. Ese caso lo tendríamos cuando el operario retira una pieza dándola como defectuosa y realmente estaba bien. Finalmente, tenemos los rechazos correctos que corresponden a los casos en los que la pieza está bien y el operario la deja pasar.

Si queremos podemos hablar de aciertos, falsas alarmas, errores y rechazos correctos tomando como ejemplos otros trabajos como los que están representados en la Figura 23. De esta manera, las falsas alarmas para un médico se darían cuando dice que el punto que ve en la radiografía es un posible tumor y programa una intervención quirúrgica urgente. En el caso del controlador de radar serían las situaciones donde dice que el puntito que hay en el radar es un avión enemigo y realmente no lo es. Finalmente, en el caso de la persona que está en un aeropuerto controlando que no se pasen armas en el equipaje cometería una falsa alarma si dijese que hay una pistola en el bolso cuando realmente es un juguete de un niño.

		Ambiente	
		Señal	Ruido
R e s p u e s t a s	Si	Aciertos	Falsas Alarmas
	No	Errores	Rechazos Correctos

Figura 24. Posibles estados del ambiente, posibles respuestas y posibles resultados en una tarea de vigilancia

Por tanto, cuando un ergónomo se encuentra con una tarea de vigilancia lo primero que hace es observar cuáles son las probabilidades de que estos resultados se den en el caso concreto que está analizando. Después toma estas probabilidades para analizar dos parámetros que se conocen como **sensibilidad** y **criterio**.

La sensibilidad hace referencia a como de bien se detecta la presencia de la señal. En este sentido, en la medida en que la señal está más clara, ésta será detectada mejor. Además, esa sensibilidad dependerá de la experiencia del trabajador. Podríamos decir que los trabajadores expertos se han entrenado mucho en detectar las señales que para un novato serían imperceptibles. Muchos hemos tenido la experiencia de estar junto al ginecólogo cuando está viendo la ecografía del feto y nos señala en “corazoncito” de nuestro futuro bebe. Es evidente que si no fuese porque él nos lo dice, esa manchita en la imagen no dejaría de ser una manchita para nuestro ojo no entrenado.



El problema con el que nos encontramos en las situaciones reales de tareas de vigilancia, incluso con trabajadores muy bien entrenados, es que las señales no están siempre tan claras como quisiésemos. Muchas veces lo que vemos puede ser interpretado tanto como señal o como ruido. Sin embargo, nosotros tenemos que contestar sí o no está la señal y actuar en consecuencia. Por ejemplo, un médico viendo una placa de rayos X tiene que decidir si el puntito es o no es un tumor. Dependiendo de las circunstancias, puede recabar más información para asegurarse. Pero hay situaciones, como por ejemplo, un servicio de urgencias, donde hay que decidirse rápido y no es posible pedir que se repita la radiografía. Entonces tenemos que empezar a hablar del parámetro que llamamos criterio de decisión.

Cuando con evidencia incierta y presión temporal tenemos que decir si está o no está la señal, tenemos que adoptar un criterio de respuesta. El criterio óptimo sería el que dejara un cincuenta por ciento de probabilidades de acertar y otro cincuenta por ciento de equivocarse. Sin embargo, por diversas razones, es posible adoptar un criterio conservador o, por el contrario, un criterio arriesgado en el lugar del óptimo.

Imaginemos a nuestro trabajador de control de calidad que recibe instrucciones de sus supervisores para que no se le pase ninguna pieza defectuosa porque la política de la empresa está basada en la “buena fama” de la calidad de sus productos. En ese caso, esperamos que el trabajador adopte un criterio “conservador” y cometa muy pocas falsas alarmas. Cada vez que tenga la simple impresión de que la pieza está defectuosa, la retirará. Sin embargo, imaginemos que las instrucciones son no descartar piezas porque eso tiene un coste económico que la empresa no puede asumir. Por eso la empresa prefiere que el trabajador adopte un criterio “arriesgado” y si se pasan piezas defectuosas que los clientes detectan, se les reemplazarán cuando las devuelvan y se pedirán disculpas.

Podríamos decir que un criterio óptimo mantiene un balance entre los aciertos y las falsas alarmas. Un criterio conservador reduce las falsas alarmas pero también reduce los aciertos. Por el contrario, un criterio arriesgado aumenta los aciertos a costa de aumentar también las falsas alarmas.

Para ver de una forma más clara lo que estamos diciendo, podemos pensar en estos efectos de los tipos de criterios tomando un ejemplo muy común de la vida de un estudiante normal. Si un profesor pone a sus estudiantes un examen del tipo test, la sensibilidad será la capacidad que tienen éstos para elegir la alternativa correcta que, a su vez, dependerá de lo que hayan estudiado y aprendido para el examen. Sin embargo, lo normal es que haya siempre preguntas en las que las alternativas no están claras, bien porque el estudiante no haya estudiado lo suficiente del tema al que hacen referencia o bien porque el profesor no haya estado muy acertado al redactar el texto de la pregunta. En ese caso, el alumno tendrá que decidir qué contestar, basándose en la incertidumbre y con la presión temporal que tiene para terminar el examen. En esa situación, imaginemos que el profesor ha dicho que restará puntos por las respuestas incorrectas. En ese caso, el estudiante adoptará un criterio conservador y no se arriesgará. Contestará sólo cuando esa incertidumbre sea mínima. Preferirá tener menos aciertos para no tener falsas alarmas que son las que restan. Por el contrario, imaginemos que el profesor anuncia que no restará las preguntas incorrectas. En ese caso, el estudiante se arriesgará intentando aumentar los aciertos sin preocuparse de las falsas alarmas.

Ahora, con esta metodología de análisis de la tarea de vigilancia nos podemos preguntar por los factores que afectan a la buena ejecución y por los recursos que ésta requiere. En este sentido, solemos hablar de **Nivel de Vigilancia** para referirnos a la ejecución medida por el número de aciertos y de falsas alarmas. En este sentido, sabemos que el nivel de vigilancia disminuye durante los primeros 30 ó 45 minutos de realizar una tarea. Este fenómeno es conocido con **Decremento en la Vigilancia**. Este decremento en la vigilancia es mayor cuando la señal es menos distintiva. Por ejemplo, cuando se reduce su intensidad o su duración o se incrementa su similitud con los eventos sin señal, el decremento del nivel de vigilancia es más acelerado. También, el decremento del nivel de vigilancia es mayor cuando el tiempo y el lugar donde aparecerá la señal son inciertos. En tareas de inspección, donde hay eventos sin señal, el decremento en el nivel de vigilancia es mayor cuando el número de eventos sin señal aumenta, aunque se mantenga constante la razón entre eventos con señal y eventos sin señal. En cualquiera de los casos, una buena ejecución en las tareas de vigilancia requiere un mantenimiento de la atención, lo que demanda muchos recursos mentales.

Entre los factores que afectan al criterio podemos mencionar el conocimiento que el observador tiene de la probabilidad de que ocurra la señal y los costes y beneficios de los aciertos y de las falsas alarmas. Pero, a pesar del efecto de estos factores, se ha observado que las personas en situaciones normales somos menos arriesgadas o conservadoras de lo que podríamos ser por el conocimiento de las probabilidades de la señal y del ruido y de los costes y beneficios que tenemos. Este hecho ha sido interpretado como una característica adaptativa del ser humano. Si fuésemos demasiado conservadores, en una situación de mucha incertidumbre y donde tuviésemos que decidir rápidamente, no podríamos mostrar esas conductas “heroicas” que muchas veces salvan vidas y que son tan importantes para que un sistema de trabajo tenga esa característica que hemos llamado resiliencia. Pero, además, si fuésemos demasiado arriesgados, pondríamos en peligro la seguridad operacional constantemente. Por eso, una respuesta adaptativa es mantenerse alejado de criterios muy conservadores o muy arriesgados, aunque se tenga información sobre la probabilidad de la señal y de los costes y beneficios. El conocimiento sobre la probabilidad de la señal siempre será aproximado y los costes y beneficios pueden ser incorrectamente calculados.

Los dos factores que afectan a la sensibilidad son las intensidades relativas de la señal y del ruido y las características del sistema sensorial de una persona. Con respecto a este último factor, las medidas que hay que tomar son las de proveer al trabajador con los equipos que corrijan sus deficiencias en sensibilidad. Pero, con respecto al segundo factor, se puede mejorar la ejecución aumentando, cuando se pueda, la intensidad de la señal con medios técnicos y recordando al trabajador como era la señal por si la ha olvidado. Por ejemplo, existen técnicas de ordenador para aumentar la intensidad de la señal en radares. También se pueden poner dibujos y fotografías de señales (por ejemplo, piezas defectuosas) junto al trabajador de control de calidad para que tenga una ayuda nemotécnica (para recordar) que le ayude a detectar la señal.

Finalmente, hay un factor que es muy importante en las tareas de vigilancia y que se olvida a menudo. Sabemos que la actividad neuronal provocada por el ruido y por la señal disminuyen con duraciones largas. Por esta razón, es necesario programar descansos para que los niveles de vigilancia vuelvan a mejorar. Dependiendo de las condiciones en las

que la tarea se ejecuta, hay que programar descansos cada hora u hora y media. El cálculo de estos intervalos para tarea en cada ámbito es una de las tareas en las que la Ergonomía puede ayudar.

4.2.1.2.2. Tareas de muestreo

En las tareas que llamamos de muestreo, una persona tiene que buscar un elemento dentro de un campo y estimular donde hay muchos más elementos similares o relacionados. Esta búsqueda se puede llevar a cabo por muchas razones, pero básicamente, y desde el punto de vista psicológico, lo importante es que requiere que la persona movilice sus procesos atencionales para localizar el elemento buscado y extraer de él la información que necesita.

Dentro de la tarea de muestreo tenemos dos tipos. En primer lugar, está la tarea de supervisión en la que la persona busca información en un sistema complejo de instrumentos y tiene que focalizar la atención a lo largo de estos instrumentos. Ejemplos de este tipo de tareas los tenemos en una sala de control como la que se muestra en la Figura 25.



Figura 25. Trabajadores en una sala de control haciendo un muestreo de los indicadores de información del proceso

Los ergónomos han trabajado muchos años en este tipo de tareas de muestreo de supervisión y han desarrollado un gran cuerpo de conocimientos sobre ellas, así como metodologías que les permite determinar cómo de óptima es la ejecución en ellas y cuáles son los factores que afectan a los recursos demandados. Por ejemplo, sabemos que el mues-

treo está guiado por el valor esperado del coste de no percibir un evento importante. El valor esperado es igual al coste verdadero de no percibir el evento multiplicado por la probabilidad de no percibirlo. Por ejemplo, si un operario de una sala de control sabe que no detectar algo importante en un indicador puede tener consecuencias graves y, además, también sabe que ese indicador es difícil de leer, dedicará gran parte de sus recursos a mirarlo continuamente.

La probabilidad de no percibir el evento está directamente relacionada con la frecuencia de ocurrencia del evento. Los eventos que ocurren con más frecuencia pasan desapercibidos más probablemente si el lugar por el que se presentan no ha sido atendido. Por tanto, un factor determinante para analizar la ejecución en este tipo de tareas y de los recursos que demanda es la frecuencia de ocurrencia de los eventos que se buscan y el conocimiento que el trabajador tiene sobre esa frecuencia.

Por ello, se ha comprobado que las personas crean un modelo mental con las expectativas sobre como de frecuentes son los eventos en cada lugar. De esta manera, se ha observado que la ejecución mejora cuando los eventos que ocurren más frecuentemente se colocan en las zonas centrales del campo de visión y los pares de eventos con una alta correlación se colocan juntos. Las personas muestrean más frecuentemente los lugares donde ocurren los eventos más frecuentes y menos frecuentemente los lugares con eventos menos frecuentes. Sin embargo, el ajuste de la frecuencia de muestreo no es perfecto. Puesto que la memoria no es perfecta, las personas tienden a muestrear lugares más frecuentemente de lo que necesitan porque no recuerdan que lo han hecho. También olvidan muestrear algunos lugares cuando lo deberían hacer.

En muchas tareas reales, cuando se detecta un evento en un canal, la persona debe realizar una acción para modificar ese evento. El feedback debe ser rápido y correcto. Si no lo es, la persona tiende a focalizar su atención en este canal, desatendiendo los otros, hasta que el problema se ha corregido. Si algún otro evento ocurre, será ignorado.

Al segundo tipo de tarea de muestreo lo llamamos **búsqueda**. La persona busca en un campo de visión amplio para localizar un objeto que puede aparecer en cualquier lugar desconocido de antemano. Imaginemos que volcamos una caja de herramientas, como la que se ve en la parte izquierda de Figura 26, en el suelo y formamos un montón de tornillos como el que se ve en la parte izquierda. Una tarea de búsqueda sería encontrar un tornillo de un determinado tipo entre todos los que hay en ese montón.



Figura 26. Ejemplo de estímulos en una tarea de búsqueda

Lo primero que tenemos que destacar es que el muestreo visual en esta tarea es menos estructurado y organizado que en la tarea de supervisión. Por ello, es más difícil investigar cómo sería la ejecución óptima. Aunque, es evidente que requiere muchos más recursos porque no se dispone de estrategias de búsqueda como las basadas en la frecuencia de ocurrencia.

En cualquier caso, sabemos que los expertos usan sus conocimientos para formar expectativas y reducir la búsqueda a las áreas del campo visual donde más probablemente ocurren los eventos. Por ejemplo, médicos miran una placa de Rayos-X sabiendo donde buscar. También sabemos que son muy importantes las características físicas del campo visual: Se tiende a muestrear más frecuentemente los objetos que son grandes, brillantes, coloridos y cambian (parpadean). Del mismo modo, debido a los hábitos de lectura, los hablantes de las lenguas románicas o germánicas tienden a muestrear primero la esquina superior izquierda, después el centro, etc.

Una característica muy importante del proceso de búsqueda es que podemos determinar cuál es el campo de visión útil en cada fijación de la que se puede extraer información. Aunque la mayor parte de la información se extrae de la fovea que es el lugar de la retina donde la visión es mejor, unos 3 grados de ángulo visual, se sabe que la información en la perifovea (la zona restante de la retina) también es analizada en alguna medida. En cuanto a la cantidad de información que podemos extraer durante una fijación, podríamos pensar que mientras más larga sea esta fijación, más información se extraerá. Sin embargo, aunque este es el caso algunas veces, no siempre es así. Por ejemplo, se sabe que los pilotos mantienen la fijación más tiempo en aquellos instrumentos necesarios para controlar el avión, y menos tiempo en aquellos instrumentos que son necesarios para saber que el avión está dentro de los límites normales de vuelo¹⁸.

¹⁸ Harris, R.L., and Christliff, D.M. (1980). What do pilots see in displays? Proceedings of the 24th Annual Meeting of the Human Factors Society (pp. 22-26). Santa Mónica, CA: Human Factors Society.

La dificultad de extraer información es el factor crítico para determinar la duración de la fijación. Los instrumentos que son menos legibles o que contienen más información requieren más tiempo. En este sentido, podemos pensar, como ejemplo, en los tiempos relativos que se requieren para leer indicadores analógicos y digitales. En relación a esto, también tenemos que considerar la velocidad de búsqueda visual. Podríamos preguntarnos si sería posible predecir cuanto tiempo es necesario para localizar un objeto en una tarea de búsqueda visual. Estudios realizados con trabajadores de control de calidad muestran que la probabilidad de detectar un fallo aumenta con el tiempo de búsqueda hasta un punto a partir del cual no se observa ningún aumento. Las implicaciones prácticas de estas características de las tareas de búsqueda son muy importantes. Por poner un ejemplo, podríamos decir que si hay un coste asociado a dar más tiempo para inspeccionar un objeto, podemos calcular hasta cuando se debe dejar que un trabajador siga inspeccionando ese objeto para que los costes y los beneficios estén equilibrados.

En relación a las tareas de muestreo cabe señalar también que no sólo nos encontramos con tareas visuales. Existen trabajos donde la tarea de muestreo es auditiva. En este caso, sabemos que la modalidad auditiva de muestreo es diferente de la visual en varios sentidos. En primer lugar, los estímulos pueden llegar desde cualquier dirección. En segundo lugar, los estímulos auditivos tienen una duración limitada, no permanecen disponibles como puede ocurrir con los estímulos visuales. Por ello, la memoria a corto plazo auditiva tiene mayor capacidad que la visual. En general, existen varios factores que determinan la ejecución en tareas de muestreo auditivo:

Proximidad espacial: Podemos seleccionar y atender selectivamente estímulos que están en diferentes lugares en el espacio.

Frecuencia: Seleccionamos estímulos por su frecuencia, como, por ejemplo, cuando atendemos a lo que dice un hombre y no atendemos a lo que dice una mujer.

Intensidad: Somos capaces de atender a un sonido bajo e ignorar uno alto siempre que la diferencia sea de menos de 10 decibelios.

Contenido semántico: Como muestran los experimentos con bilingües, se puede seleccionar un mensaje para ser atendido, no basándose en las características físicas del sonido sino en el contenido semántico.

4.2.1.2.3. Tareas de toma de decisiones

Una de las tareas más estudiadas por la Ergonomía desde sus comienzos ha sido la que se conoce como toma de decisiones, fundamentalmente en las áreas de “Control de Incidentes Críticos”. En esta categoría de tareas se incluyen el control de incendios, las emergencias médicas, los centros de control de emergencias civiles, las operaciones militares, las tareas de los operadores bursátiles, los rescates de víctimas de secuestros, etc. Pero también es cierto que en muchos otros sistemas de trabajo siempre hay personas que están realizando en cierto modo tareas de toma de decisiones, aunque no



sean tan llamativas como éstas que hemos mencionado y a las que no llamamos de incidentes críticos. Aunque, en muchos de estos casos hay una característica común: las personas que trabajan en estas tareas deben tomar decisiones bajo presión temporal y con poca información para evitar consecuencias catastróficas para las personas implicadas y sus bienes.

Podemos tomar algunos de los ejemplos que hemos mencionado para ilustrar las características de estas tareas (ver Figura 27). En primer lugar, la toma de decisiones en los servicios médicos es un buen ejemplo porque muestra el papel que juega el estrés al que los profesionales de la salud están sometidos por varias causas organizacionales e individuales. El estrés es un componente muy importante de la tarea de toma de decisiones. En una sala de operaciones, en una unidad de cuidados intensivos, o en los servicios de emergencias, frecuentemente están ocurriendo situaciones de crisis a las que cirujanos, anestelistas y ATS tienen que estar haciendo frente, muchas veces en condiciones de fatiga producida por la falta de sueño y la larga duración de los servicios. La presión a la que están sometidos viene dada tanto por las condiciones críticas de los pacientes como por las políticas sanitarias actuales donde se prima la “productividad”, entendida ésta fundamentalmente como el número de pacientes que se atienden por unidad de tiempo. Entre los mismos profesionales observamos presiones que producen más estrés, como cuando un cirujano exige a un anestesista que vaya más rápido para que pueda operar a más pacientes. La misma tecnología médica produce estrés. Mientras que en otras áreas, como la aeronáutica, los cambios tecnológicos tardan en producirse varios años, en la práctica médica esos cambios son muy frecuentes, lo que exige un continuo aprendizaje y el consiguiente “Tecno-Estrés”¹⁹.

En el ejército encontramos otro ejemplo de toma de decisiones en control de incidentes críticos y en el que se destaca otra de las características de estas tareas: el trabajo en condiciones de incertidumbre y escasa información. Un mando debe comandar y controlar la situación de batalla en condiciones cambiantes, con alto riesgo y bajo grandes presiones temporales. Comandar es dar las directrices para la batalla y formular los conceptos necesarios para que los subordinados las puedan seguir. Controlar consiste en recoger toda la información sobre la batalla y procesarla. En esta situación no es posible considerar a un mando como alguien que analiza racionalmente todas las opciones después de haber hecho los cálculos de probabilidades para llegar a la situación óptima. Además, los datos de los que el mando dispone son muchas veces incompletos y erróneos, lo cual impide que puedan hacerse los cálculos de probabilidades de los diversos cursos de acción de manera que se tenga seguridad de que sean correctos.

Finalmente, podemos observar otro ejemplo en las actividades de los agentes de bolsa. En períodos de tiempo muy pequeños, con información siempre confusa por ser escasa y provenir de fuentes poco fiables, los agentes de bolsa tienen que tomar decisiones que afectan a las economías de sus clientes e incluso de países enteros.

19 Weil, M.M., y Rosen, L.D. (1997). *Technostress: Coping with technology @work @home @play*. New York: John Wiley and Sons.

En estos tres casos, los agentes humanos implicados utilizan artefactos y realizan su trabajo dentro de un sistema de trabajo complejo. Por ello, la Ergonomía ha desarrollado modelos desde los que se pueden diseñar métodos de análisis de los recursos demandados en estas tareas. En este sentido, el modelo más ampliamente utilizado por su claridad y validez es el propuesto por el ergónomo americano Gary Klein²⁰.

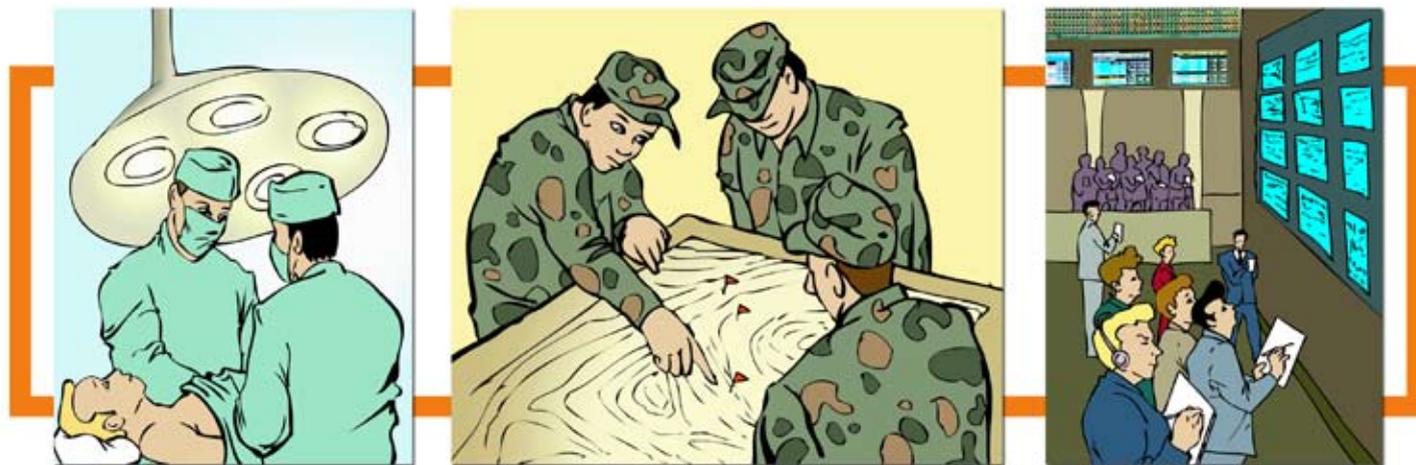


Figura 27. Ejemplos de tareas de toma de decisiones

En su formulación actual el modelo propone que cuando una persona tiene que tomar una decisión en un ambiente natural puede seguir tres cursos de acción (ver Figura 28). En primer lugar, intentará reconocer la situación como similar a otra que le haya ocurrido en el pasado y de la que guarde información en su memoria. Si encuentra una situación análoga entonces llevará a cabo las acciones que en el pasado tuvieron éxito evitando las acciones que demostraron ser las equivocadas. En este caso tenemos una situación que podemos identificar como una tarea típica de reconocimiento. Para llevarla a cabo el modelo propone que es importante conocer cómo el conocimiento está almacenado en la memoria y cómo las claves contextuales son utilizadas para activar y recuperar el conocimiento correcto en la situación dada. Es importante señalar que en esta situación la persona no intenta buscar relaciones causales, es decir, no construye ninguna explicación de por qué la situación es la que es.

²⁰ Klein, G.A. (1997). The Recognition-Primed Decision (RPD) Model: Looking back, Looking Forward. En C.E. Zsombok y G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making*. Mahwah, NJ: LEA.



En segundo lugar, la persona puede empezar, igual que en la situación anterior, por intentar reconocer la situación como familiar, pero no tiene éxito. Entonces inicia un proceso que Klein llama “Diagnóstico” para encontrar una explicación de lo que está ocurriendo. Para hacer este diagnóstico se construye una historia identificando las características que puedan llevar a reconocer la situación como análoga a otra conocida. Cuando esto ocurre, se lleva a cabo la acción que tuvo éxito en la situación análoga. Tampoco aquí nos encontramos con una evaluación de diferentes alternativas de acciones. Finalmente, puede ocurrir que se reconozca inmediatamente la situación como nueva y que después de un análisis complejo lleguemos a la conclusión de que hay varias posibles acciones alternativas y sea necesario evaluarlas antes de decidirse por alguna de ellas.

Por tanto, este modelo considera el proceso de toma de decisiones como una secuencia de reconocimiento seguido de razonamiento en la que se van identificando situaciones y asignando las acciones apropiadas. En consecuencia, es un modelo que incluye la memoria de situaciones pasadas en la explicación de cómo las personas toman decisiones en condiciones reales. El modelo considera que el proceso de toma de decisiones depende del conocimiento almacenado en memoria. La hipótesis básica del modelo diría que cuando un experto en una tarea se enfrenta con una situación nueva no genera todas las alternativas y después las evalúa como diría un modelo tradicional de toma de decisiones, más bien reconocería las condiciones de la situación como análogas a otras almacenadas en su memoria y generaría sólo las opciones apropiadas para esa situación. Lo que un experto hace es generar las mejores opciones guiado por su experiencia con la tarea. No se observa que el experto vaya generando opciones seleccionando de una forma aleatoria una opción de entre todo el conjunto de todas las opciones que existen. Lo que hace es generar una opción que según su experiencia es la mejor.

En términos de recursos demandados, este modelo diría que en el caso de recordar una situación igual a la que se enfrenta en ese momento, el trabajador necesitaría pocos recursos. Cuando tenga que buscar en su memoria una situación no igual pero análoga, la demanda de recursos se incrementará. Pero este incremento será mucho mayor si tiene que evaluar varios cursos de acción. Por eso el modelo predice que la familiaridad de la tarea determinará la cantidad de recursos demandados y que el fallo en recuperar de la memoria la situación pasada apropiada será la causa principal de dedicar los recursos de una forma errónea contribuyendo a deteriorar la seguridad operacional.

En resumen, estos ejemplos de categorías de tareas comunes en los sistemas de trabajo muestran como los ergonomistas hemos ido construyendo un cuerpo de conocimientos que nos permiten abordar el análisis de tareas de una forma más eficiente. Es verdad que hay diferencias en los distintos sistemas de trabajo que nos encontramos, pero también es cierto que hay bastantes similitudes como para poder establecer métodos comunes para analizarlos. En cualquier caso, de lo que se trata es de facilitar el análisis del dominio de trabajo y de la tarea para hacerlo más eficiente.

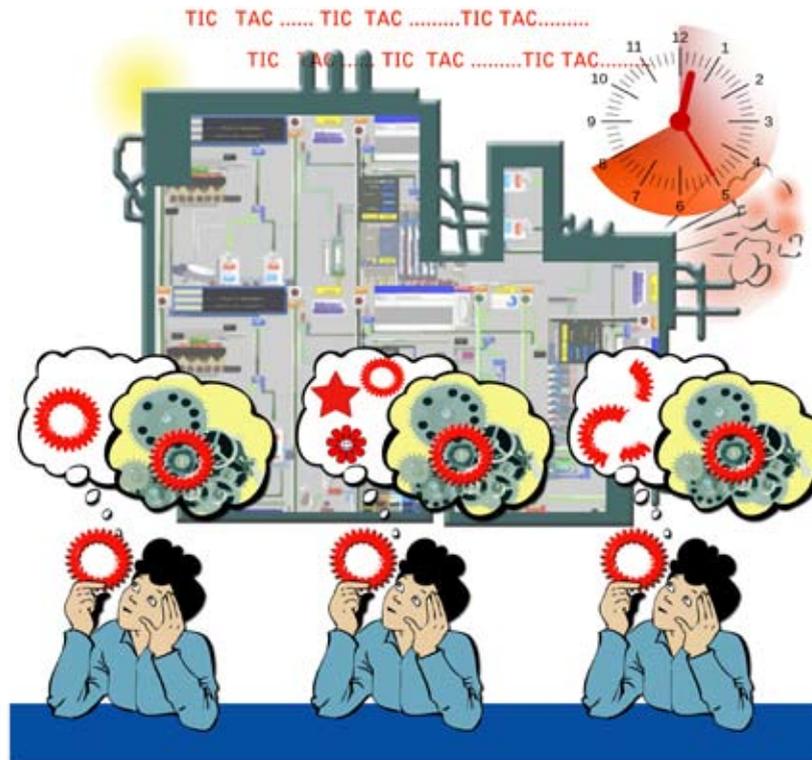


Figura 28. Modelo de toma de decisiones

4.2.1.3. Factores que afectan a los recursos demandados

Estos conocimientos acumulados por los ergónomos en las pasadas décadas también nos han permitido identificar los tres factores fundamentales de los que dependen los recursos demandados y que a continuación describimos.

4.2.1.3.1. Complejidad en la interacción con los artefactos y los procesos industriales

Los recursos demandados vienen determinados en gran medida por la interacción con la máquina y los procesos industriales que un operario controla. La complejidad de esta interacción hace que necesitemos dedicar más o menos

recursos. Sin embargo, debemos tener cuidado y no hacer una inferencia incorrecta al considerar el término complejidad. Muchas veces consideramos incorrectamente que la complejidad es exclusivamente una característica de la máquina o del proceso que controlamos, mientras que para la Ergonomía, la complejidad hace referencia más bien a la interacción entre el operario, la máquina y el proceso. No es correcto decir de forma simple “esta máquina es simple” o “esta máquina es compleja”. Pensemos, por ejemplo, que una máquina puede ser simple para una persona y compleja para otra en función del aprendizaje que esa persona haya tenido sobre el uso de esa máquina. Por esta razón, es necesario que analicemos cómo se lleva a cabo esa interacción y cuáles son los factores psicológicos que la gobiernan. En este sentido, debemos introducir el término **modelo mental** que es el concepto que los ergónomos utilizamos para analizar la complejidad de la interacción de una persona con una máquina y los procesos industriales.

El término modelo mental se define como el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de la máquina o del proceso. Como se puede ver en la Figura 29, el modelo mental puede incluir conocimiento sobre la máquina, el ambiente externo y el proceso dependiendo del tipo de trabajo que la persona está realizando.

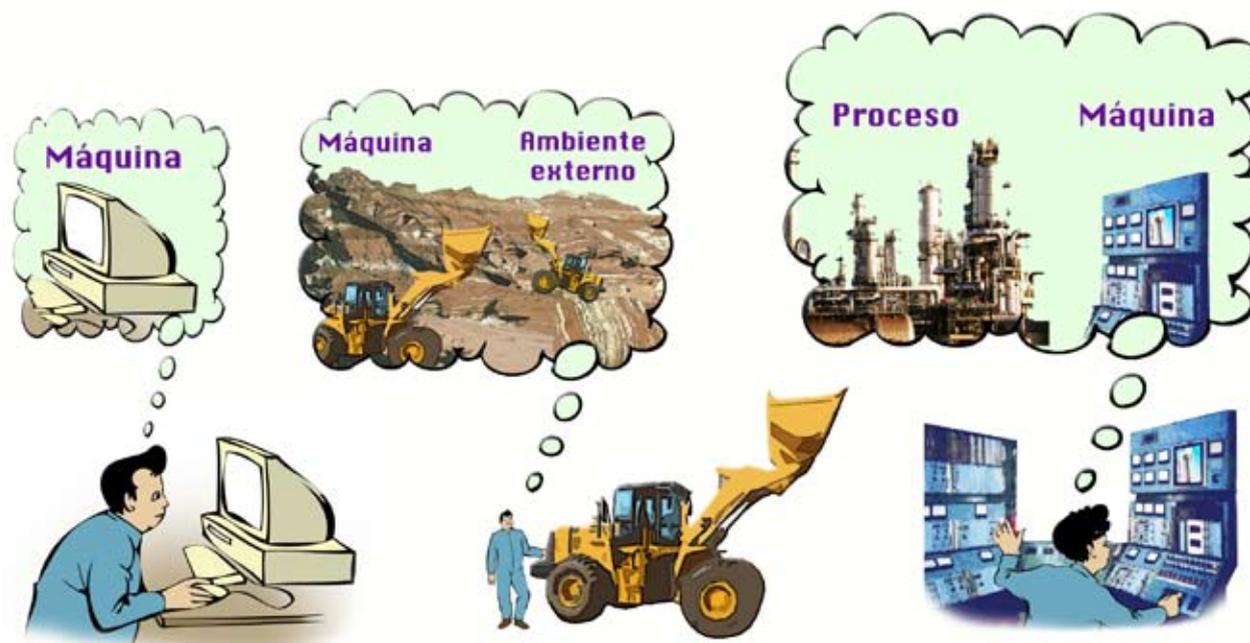


Figura 29. Tipos de conocimientos que se incluyen en el modelo mental

Cuando nos encontramos con una persona interactuando sólo con una máquina para realizar su trabajo, como puede ser el caso de un trabajador de oficina en el tipo de tarea que se llama de “pantallas de Visualización de Datos o PVD”, el modelo mental incluye sólo el conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de esa máquina. Este modelo mental sirve para que se dé la comunicación entre ambas. Por tanto, la complejidad de esa interacción depende solamente de cómo son las influencias mutuas entre la persona y la máquina, las cuales dependen, fundamentalmente, de cómo se ha diseñado el software de la máquina.

La siguiente situación la tenemos en el caso de la conducción de un vehículo, como una excavadora. Ahora, el ambiente tiene una relación bidireccional con la tarea. La excavadora actúa sobre el ambiente y éste afecta a aquella. Sin embargo, en esta situación tenemos una interacción directa entre el ambiente y la persona, que se manifiesta en forma de una influencia unidireccional del ambiente sobre la persona. Por tanto, el modelo mental contendrá conocimiento, tanto sobre la máquina, como sobre el ambiente. Por ello, hablaremos de mayor complejidad.

Finalmente, nos encontramos con la situación típica de los sistemas industriales. Aquí la persona trabaja sobre la tarea y ésta actúa sobre aquella a través de los displays, las alarmas, etc., de las máquinas. La tarea influye sobre el ambiente mediante la producción de objetos o materiales y la posible emisión de residuos contaminantes y calor. El ambiente actúa sobre la tarea a través de las materias primas, las fluctuaciones en la temperatura o en la energía eléctrica. Además también existe una interacción mutua entre la persona y el ambiente. El ambiente puede, por ejemplo, estar contaminado y es necesario que la persona utilice algún tipo de equipo de protección (por ejemplo, una máscara). Finalmente, existe también una interacción entre la persona y las máquinas que tiene en su ambiente local, como los ordenadores. Por tanto, tendremos un caso de mayor complejidad del modelo mental porque éste contendrá conocimiento sobre las estructuras y el funcionamiento de las máquinas, el ambiente y los procesos.

Así, las diferentes situaciones que nos podemos encontrar se extenderían a lo largo de un continuo en el que las relaciones entre modelo mental y situación se vuelven más complejas. De esta forma, a medida que se avanza en el continuo, se acentúan:

Complejidad de la situación. A medida que se va avanzando en el continuo, las situaciones son más complejas. En los primeros niveles, las situaciones representadas en el modelo mental son relativamente sencillas y no incorporan un elevado número de elementos (por ejemplo, el programa de ordenador para editar texto). Por el contrario, en niveles más avanzados el modelo mental estará compuesto por un mayor número de elementos (por ejemplo, el proceso físico-químico de la planta industrial).

Dinamismo de la situación. Cuanto más se avance en el continuo, en el ambiente se producirán mayor número de cambios y con más frecuencia. Esto conlleva, por ejemplo, que el modelo mental de un operario de un complejo industrial deba tener los mecanismos necesarios para comprobar a cada instante la evolución de la tarea y del ambiente, algo innecesario en el modelo mental para trabajar con un ordenador.



Vínculo físico entre la persona, tarea y ambiente. A medida que se avanza en el continuo, el vínculo físico entre persona y tarea se va haciendo más fuerte. Por ejemplo, al trabajar con un ordenador la persona puede pensar sobre lo que está ocurriendo con el ordenador sin que éste esté delante, como ocurre en el trabajo que llevan a cabo desde los departamentos de atención al cliente de las empresas de software. Por el contrario, la conducción de un automóvil requiere necesariamente la presencia de la máquina sobre la que conducir. También, el vínculo físico entre persona y ambiente se hace más fuerte en los niveles superiores. En la interacción persona-ordenador, la relación entre persona y ambiente es nula o débil. Sin embargo, en la conducción de vehículos o en el control de un sistema industrial este vínculo es fuerte. De la misma manera, el vínculo entre tarea y ambiente aumenta cuando subimos en la jerarquía. En la conducción de vehículos o en el control de los sistemas industriales, las condiciones ambientales hacen que se modifique la tarea. Por ejemplo, un fuerte viento afectará a la forma de conducir y pondrá al límite la dinámica interna del coche.

Los modelos mentales han jugado y juegan un gran papel teórico en el área de la Ergonomía conocida como “Control de Procesos”. El término “Procesos” hace referencia al sector industrial conocido con el nombre de “Industria de Procesamiento”. Una industria de procesamiento es aquella donde la energía y la materia interactúan y se transforman una en otra. Algunos ejemplos de este tipo de industria son las centrales nucleares y térmicas y todas aquellas que obtienen electricidad a partir de algún tipo de materia. Pero también pertenecen a esta categoría las industrias papeleras o las de pasteurización de la leche.

Sin embargo, entre todos los ejemplos de industrias de procesamiento podemos observar una característica que las distingue y que tiene importancia a la hora de hablar de los modelos mentales. Esta característica hace referencia a la separación entre las personas que están en control de la situación y los procesos físicos que ocurren en la industria. Por ejemplo, si consideramos el caso de las centrales nucleares nos daremos cuenta que debido a los peligros a los que los trabajadores están expuestos, éstos se encuentran muy separados físicamente de los procesos que controlan. En otras industrias como las del acero, los trabajadores están cercanos a algunos procesos físicos. En consecuencia, podemos decir que las diferentes industrias de procesos se diferencian en cuanto al nivel de dependencia de los artefactos que median entre los trabajadores y los procesos físicos. En un caso, por ejemplo en una central nuclear, todo el control debe hacerse a través de artefactos. En otros casos, puede haber un control directo (observación o acción sobre) sobre el proceso físico.

Por tanto, en el control de procesos una o más personas trabajan para controlar un sistema físico usando uno o más artefactos. Estas personas interactúan directamente con los artefactos mediadores y no con el sistema físico que están controlando. A diferencia de lo que ocurre en la interacción de una persona con un ordenador cuando está escribiendo un texto, en el control de procesos hay un mundo externo que es el sistema físico que la persona o personas perciben y controlan a través del artefacto, que puede ser un ordenador.

Los trabajadores en el control de procesos usan un modelo mental adquirido a lo largo de sus años de experiencia trabajando con el sistema. Con su trabajo diario adquieren un buen conocimiento de la dinámica del sistema, su apariencia física y las relaciones causales entre sus componentes. Todo este conocimiento está almacenado en su memoria y puede ser usado para interactuar con la máquina o con el proceso de tal manera que tras observar el estado

del proceso en un momento determinado, se puede simular su funcionamiento y predecir su estado futuro, evitando así eventos inesperados.

Una forma de entender el papel que los modelos mentales juegan en los procesos de control es recurrir a dos términos con larga tradición en los modelos de Ingeniería. En estos modelos, cuando una persona tiene que estar en control de un sistema puede encontrarse en uno de dos tipos de control. Uno de ellos es llamado de “Bucle cerrado con feedback negativo” y se refiere a cuando una persona realiza una acción y después observa como el sistema responde. Cuando este valor es diferente al valor de referencia que se considera correcto, la persona lleva a cabo otra acción para corregir la diferencia entre los dos valores. Por tanto, el sistema es controlado por una secuencia de acciones de la persona. El segundo tipo de control es el llamado de “Bucle Abierto” y es llevado a cabo cuando el sistema funciona de una forma suave y requiere pocas intervenciones humanas. Este tipo de control permite hacer predicciones sobre el estado del sistema y son estas predicciones las que permiten que no se tenga que estar continuamente actuando sobre él.

El control por bucle cerrado es el utilizado por los novatos y no requiere ningún tipo de modelo mental, puesto que es una secuencia de acción-observación-acción, donde lo importante es que las claves perceptuales sean lo suficientemente claras para poder elegir las acciones correctas. Sin embargo, en el control de bucle abierto el modelo mental es absolutamente necesario. El controlador debe tener un modelo mental de la dinámica del sistema y su estructura para poder hacer predicciones y planificar sus acciones en función de ellas.

Una situación interesante donde el modelo mental se revela como absolutamente necesario ocurre cuando hay algún problema imprevisto en el sistema, como cuando ocurre un accidente o como cuando hay que hacer alguna reparación. En ese caso el modelo mental sirve para hacer predicciones sobre el “buen funcionamiento” del sistema. Esas predicciones pueden servir para comparar el output del sistema que sería correcto con el output incorrecto que se está observando y así poder hacer un diagnóstico.

Por tanto, podemos decir que la complejidad desde el punto de vista de la Ergonomía no son las características independientes del ambiente, de la máquina o del proceso que se controla. La complejidad es una característica de cómo se produce la interacción de la persona con estos componentes del sistema de trabajo. El concepto de modelo mental contiene tanto las características de estos componentes como el conocimiento que la persona tiene de ellos.

4.2.1.3.2. Diseño del ambiente

Las condiciones físicas del ambiente local también son factores importantes para determinar la cantidad de recursos demandados. Estas condiciones incluyen todas aquellas características del ambiente (temperatura, iluminación, ruido, vibraciones, humedad) que son susceptibles de influir en el trabajador y en la adecuada ejecución de sus tareas.

Debemos de decir que estas características del ambiente son también del interés de la Higiene Preventiva o Industrial, aunque con objetivos diferentes a los de la Ergonomía. Mientras la Higiene Industrial trata de que estas carac-



terísticas sean las adecuadas para que no ocurran unos daños directos en el trabajador, para la Ergonomía el objetivo estará enmarcado en la visión sistémica que ya hemos explicado y, por tanto, deberán ser tenidas en cuenta tanto por sus efectos directos como indirectos en la salud física, psicológica y en la ejecución de la tarea en cuanto que afectan a los recursos físicos y mentales que requieren.

En primer lugar, tenemos las condiciones de luminosidad del ambiente. El sentido de la visión es el fundamental en la mayoría de las tareas humanas. Por ello, las condiciones inadecuadas de iluminación en los lugares de trabajo pueden aumentar la demanda de recursos y afectar la seguridad operacional. Por ejemplo, la disminución de la eficacia visual puede aumentar el número de errores y accidentes a través del incremento de la carga visual y la fatiga durante la ejecución de las tareas.

La iluminación adecuada tiene que ser aquella que el tipo de tarea requiera. Hay tareas que se pueden hacer con poca luz y otras que requieren mucha. Por esta razón, las normas establecen rangos de luz adecuados que después hay que calcular en función de la tarea. Por ejemplo, según las normas UNE 72 163: 84 y UNE 72 112: 85, los niveles de iluminación deben oscilar entre los 100 lux. para aquellas tareas de bajas exigencias visuales, y los 1000 lux. para aquellas tareas de altas exigencias visuales. Estos valores se duplican cuando el riesgo de cometer errores y, por tanto, tener accidentes es mayor.

En cualquier caso, debemos recalcar que estas normas establecen que, desde el punto de vista de la Ergonomía, lo importante al considerar la iluminación como los demás factores del ambiente es la repercusión que tiene sobre la demanda de recursos. Por esa razón, los ergónomos suelen hablar de **confort visual** para hacer referencia a la sensación perceptiva de los trabajadores con los niveles de luz al realizar su tarea concreta. La ausencia de confort visual se manifiesta en una fatiga visual que puede repercutir tanto en errores en el desempeño de la tarea, como en dolencias visuales (picor, escozor, visión borrosa, etc.). Esta fatiga visual es la consecuencia de un exceso de demanda de recursos visuales.

Finalmente, debemos también señalar que el confort visual no sólo depende del número de lux. También debemos tener en cuenta otros factores como la uniformidad de la iluminación, el equilibrio de luminancias, el control del deslumbramiento, el control de los reflejos, direccionalidad de la luz y los parpadeos y efectos estroboscópicos.

En segundo lugar, tenemos el nivel de ruido al que ya nos referimos anteriormente para poner un ejemplo de la visión sistémica de la Ergonomía. El ruido es un sonido no deseado cuya intensidad (volumen) se mide en decibelios (dB). Por ejemplo, una conversación normal puede ser de aproximadamente 65 dB y, por lo general, un grito es de 80 dB. La diferencia es tan sólo de 15 dB, pero el grito es 30 veces más intenso debido a que el aumento perceptivo en función de la intensidad se realiza logarítmicamente. Estos decibelios hay que considerarlos también en relación a las frecuencias del sonido, porque son las frecuencias los parámetros realmente importantes a la hora de la comprensión del sonido que percibimos.

El problema del ruido con el que nos encontramos en relación a los recursos demandados es que cuando éste es excesivo el trabajador necesita aumentar la voz para comunicarse y además dedicar más recursos para focalizar su

atención auditiva para poder comprender lo que le están diciendo. Por tanto, un ambiente ruidoso requerirá mayores recursos, lo que se traducirá en peor **confort acústico** y en una mayor probabilidad de cometer errores y tener accidentes. Este confort acústico también depende de la complejidad de la tarea, del contenido de la información y de su predictibilidad.

Como ejemplo de la importancia que el ruido tiene en la demanda de recursos podemos mencionar la costumbre, establecida en muchas profesiones donde las tareas se realizan en ambientes de ruido, de utilizar códigos especiales para comunicarse. Pensemos en el famoso alfabeto radiofónico que se utiliza para las comunicaciones en la marina, la aviación y otros trabajos similares. Si se tiene que decir A se dice Alfa, C se dice Charlie y para B se dice Bravo. De esta manera es más fácil interpretar el alfabeto en un ambiente de ruido como es el de las comunicaciones en estos dominios de trabajo.

En tercer lugar, tenemos la temperatura o lo que llamamos **confort térmico**. Aunque se suele considerar que no es un aspecto del interés del ergónomo, la realidad es que el confort térmico refleja en buena medida el esfuerzo realizado por el trabajador a la hora de llevar a cabo su tarea. Este confort térmico refleja el equilibrio entre la ganancia de calor por las condiciones del ambiente y del esfuerzo metabólico y la eliminación de éste. Por tanto, una demanda de recursos grande lleva a un esfuerzo metabólico grande que conducirá a un disconfort térmico que debe ser contrarrestado con medidas como los trajes especiales, aires acondicionados, etc. Si no se dispone de estos medios, el desequilibrio térmico lleva a una mayor exigencia de recursos y ésta, a su vez, a más disconfort térmico. Los trabajadores agrícolas saben que las tareas durante las horas del mediodía en el mes de Julio son “más costosas” que las mismas tareas en un día de primavera templado. No se trata sólo de bienestar, se trata también de tener que dedicarle más recursos a la tarea. Aunque el bienestar es en sí mismo un objetivo, debemos de tener en cuenta que el disconfort térmico también afecta a la carga de trabajo y, por tanto, a la seguridad operacional.

En último lugar, y recogiendo el efecto de todos los demás factores, tenemos el espacio físico propiamente dicho. Por espacio físico queremos decir la configuración tridimensional en la que el trabajador realiza sus tareas. Este espacio ha sido diseñado la mayoría de las veces considerando aspectos estéticos o funcionales. Sin embargo, si tenemos en cuenta que el espacio es en gran medida responsable de cómo será la iluminación, cuánto ruido tiene que soportar el trabajador y cómo es la ventilación, nos daremos cuenta que hay razones suficientes para considerar criterios ergonómicos a la hora de su diseño.

4.2.1.3.3. Empresa

Podemos decir que la complejidad de la tarea y el diseño del ambiente de trabajo son factores determinantes a la hora de evaluar los recursos demandados. Sin embargo, no cabe duda de que estos recursos son también afectados por la política de la empresa, fundamentalmente por los objetivos de producción que ésta tenga.



El trabajo por objetivos es cada día más común en muchas empresas y está afectando de una manera clara a los recursos que una persona tiene que dedicar a su trabajo. Por esta razón es absolutamente necesario que tengamos en cuenta que estos objetivos no deben ser nunca excesivos, de tal manera que se aumente la carga de trabajo y se pueda poner en riesgo la seguridad operacional.

Con respecto a los objetivos impuestos por la empresa cabe destacar dos condiciones que los convierten en un motivo de preocupación especial del ergónomo. En primer lugar, muchas veces nos encontramos con situaciones en las que los objetivos no son claros o incluso se proponen varios objetivos que pueden ser contradictorios. Imaginemos, por ejemplo, un hospital que fija simultáneamente dos objetivos: aumentar el número de pacientes atendidos y elevar la satisfacción de los mismos. En esta situación, el personal sanitario puede experimentar una carga de trabajo excesiva porque no encuentra una forma viable de perseguir esos dos objetivos en muchos casos contradictorios. Los pacientes más satisfechos son los que han tenido una atención personalizada en la que el personal sanitario les ha escuchado sin estar presionado para pasar al siguiente paciente.

En segundo lugar, hay situaciones en las que la empresa puede poner ritmos de trabajo que signifiquen aumentar su carga sin pretenderlo realmente. Por ejemplo, imaginemos que una empresa en la que los trabajadores tienen que producir una determinada pieza de maquinaria, fija como objetivo de producción diaria 10 piezas por trabajador. Este objetivo puede requerir en principio unos recursos razonables. Pero después añada que la jornada laboral es flexible de tal manera que los trabajadores comienzan a una determinada hora pero terminan cuando hayan finalizado las 10 piezas. En estas condiciones es posible que haya trabajadores que por querer terminar antes inicien un ritmo de trabajo que requiera de muchos recursos en poco tiempo. Con esto convertiríamos un trabajo con poca carga en otro con mucha carga. En realidad esto es lo que ocurre en los llamados “trabajos a destajo”.

4.2.1.3.4. Sindicatos, organismos reguladores y legislativos

Finalmente, no es necesario justificar mucho la importancia que los sindicatos, los organismos reguladores y legislativos tienen a la hora de determinar los recursos demandados. Valga como ejemplo el papel que los sindicatos juegan en la negociación colectiva donde se establece, entre otras cosas, la carga de trabajo que los trabajadores soportarán dentro de un sector laboral. Podemos decir que la forma como se negocia la carga de trabajo determinará otras cuestiones que dependen de ella: descansos, vacaciones, etc.. Por esta razón, cuando un ergónomo oye que hay que aumentar la productividad sabe que lo que realmente se nos está diciendo es que hay que aumentar la carga de trabajo. Entonces es cuando, según la Ergonomía, hay que preguntarse por los límites humanos a la hora de aumentar las demandas de recursos para que no estemos poniendo en peligro la seguridad operacional y la salud de los trabajadores.

4.2.2. Recursos disponibles

Lo primero que debemos destacar al hablar de los recursos disponibles es la diferencia entre recursos “objetivos” y recursos “percibidos”, que tendremos que tener en cuenta por una razón fundamental: está ampliamente demostrado que existen dificultades para que una persona haga una evaluación correcta de sus propias habilidades mentales o físicas. La investigación en Psicología ha mostrado que dependiendo de una serie de factores individuales y contextuales, estas dificultades son generales a todas las personas y, hasta cierto punto, inevitables. Por tanto, aunque debemos hacer hincapié en los factores que objetivamente influyen en los recursos disponibles que una persona tiene, no podemos olvidar que algunas veces es necesario tener en consideración los recursos que el trabajador “cree disponer”. Muchas veces, nos encontraremos a personas que se arriesgan demasiado en su trabajo por considerar que disponen de más recursos físicos o mentales de los que realmente necesitan. Sin embargo, es posible determinar de una forma objetiva los recursos de los que una persona realmente dispone y cuáles son los factores que afectan a la cantidad de recursos disponibles. A continuación describiremos cuáles son los tres principales de éstos factores.

4.2.2.1. Diferencias individuales

Es evidente que existen diferencias entre las personas en cuanto a los recursos mentales y físicos disponibles. Sin embargo, lo primero que debemos señalar es que no estamos hablando de recursos generales sino más bien de recursos ligados a las diferentes habilidades físicas o mentales. Por esta razón, podemos decir que hay que evaluar los recursos que una persona tiene en cada habilidad individual en función de la tarea que tiene que realizar. Puede que una persona tenga muchos recursos para tareas matemáticas y pocos para tareas de lenguaje o viceversa. De la misma manera, hay personas que tienen muchos recursos para levantar pesos pero no para correr, o viceversa.

Por lo tanto, lo primero que debemos tener en cuenta a la hora de evaluar los recursos disponibles es la tarea para la que serán necesarios esos recursos físicos o mentales. En este sentido, el trabajo de los ergónomos viene precedido por el trabajo de los departamentos de Recursos Humanos, que son los encargados de seleccionar a los trabajadores de acuerdo al perfil del puesto. En este trabajo de selección la Ergonomía contribuye, fundamentalmente, en el análisis de la tarea y de los recursos demandados en ella. Los datos sobre las diferentes habilidades físicas y psicológicas obtenidos durante los procesos de selección son posteriormente utilizados para intervenciones ergonómicas tales como la adecuación a horarios, a turnos, etc.

Una fuente de diferencias individuales importante es la formación. Las personas que se han entrenado en una determinada habilidad tienen más recursos que las demás. Evidentemente, un entrenamiento físico adecuado puede proporcionar mayor capacidad para levantara cargas, lo mismo que un entrenamiento en matemáticas permite ser más



ágil en las operaciones aritméticas mentales. Sin embargo, hay también otros factores que determinan las diferencias individuales.

Uno de estos, quizás uno de los más importantes también, es la edad. La experiencia diaria y la investigación científica nos dicen que las habilidades tanto físicas como mentales cambian con la edad. La investigación científica nos ayuda a saber como cambian y por qué. Este cambio puede significar una mejora o un empeoramiento dependiendo de los rangos de edad y de las habilidades que consideremos. Pero, en cualquier caso, el cambio significa que los recursos disponibles son diferentes y, por tanto, las probabilidades de que tengamos un problema de carga de trabajo aumentan.

Por esta razón, la edad debe ser tenida siempre en cuenta a la hora de analizar un sistema de trabajo. Cuestiones como la introducción de nuevas tecnologías que significan un nuevo aprendizaje, la fijación de los turnos de trabajo, las jubilaciones, etc., van a depender bastante de cómo se distribuyen los recursos físicos y mentales a lo largo de la vida laboral de una persona.

Otro aspecto muy importante que debemos también tratar aquí es el de la adaptación de los puestos de trabajo a personas que tengan alguna discapacidad. Es evidente que la sociedad actual tiene como objetivo la incorporación de la personas con discapacidad al mundo laboral. Estas personas pueden tener una de las tres clases de discapacidad, la sensorial, la física o la mental, lo cual implica que una o varias de las fuentes de recursos físicos o mentales disponibles pueden estar afectados. Por esta razón los problemas de adaptación de estas personas significan un reto importantísimo para los ergónomos. Al trabajar en este ámbito de la discapacidad, la Ergonomía tiene que hacer lo que mejor sabe: adaptar el puesto de trabajo a la persona.

Finalmente, los ergónomos estamos especialmente sensibilizados con un tema de una enorme actualidad y que tiene que ver con la evolución de nuestra sociedad. Este tema es el de la conciliación de la vida familiar y la vida laboral. Esta conciliación tiene una gran influencia a la hora de hablar de los recursos disponibles que un trabajador tiene en un momento determinado. No cabe duda que, por poner un ejemplo sencillo, después de cuidar a un niño/a que está con gripe durante toda la noche, un trabajador/a no tiene los mismos recursos disponibles. Por esta razón, la Ergonomía actual está implicada en todos los debates sociales sobre cómo abordar este tema de la conciliación familiar y laboral.

4.2.2.2. Factores temporales

Los recursos mentales son limitados y se pueden agotar. Pero además, los recursos mentales no son los mismos a lo largo del tiempo. Por ello, es necesario saber como el tiempo afecta a la cantidad de recursos disponibles a la hora de evaluar la carga de trabajo. El efecto del tiempo es de una importancia capital por su relación con temas como la organización de turnos, la planificación de los descansos, etc.

El efecto del tiempo sobre los recursos disponibles puede ser analizado en función del periodo de tiempo que queramos considerar debido a los ritmos biológicos que rigen nuestra vida. Estos ritmos biológicos los podemos clasificar en tres categorías, como se puede ver en la Tabla 3.

Ritmo Biológico	Periodo de tiempo	Ejemplos de manifestaciones fisiológicas y psicológicas
Ultradiano	< 20 horas	Latido cardiaco Ritmo respiratorio
Circadiano	24 +/-4 horas	Sueño-vigilia Atención Presión arterial Temperatura corporal
Infradiano	> 28 días	Menstruación

Tabla 3. Ritmos biológicos

En primer lugar, podemos analizar los ritmos en ciclos de menos de 20 horas que se manifiestan en procesos como los latidos cardiacos o los ritmos respiratorios y que serán importantes en las tareas físicas donde hay que regular el gasto de energía de una manera apropiada. Pensemos, por ejemplo, lo importante que son estos ritmos para los deportistas, como los ciclistas. En segundo lugar, tenemos los ritmos de periodos de 24 horas a los que llamamos ciclos circadianos. Sabemos por la investigación científica que la fisiología y la psicología humana son diferentes en distintos momentos del día. Por ejemplo, existen unas claras diferencias entre el día y la noche. Los seres humanos somos diurnos y tenemos más recursos físicos y mentales durante el día. Por lo tanto, podríamos decir que cuando tenemos que realizar una tarea por la noche estamos luchando “contra nuestra naturaleza”.

Durante la noche, se dan una serie de procesos fisiológicos que inciden de una manera importante en la cantidad de recursos de los que disponemos. Independientemente de si uno está despierto o dormido durante la noche, la temperatura corporal desciende, la melatonina (una hormona relacionada con el sueño) circula por la corriente sanguínea, mientras que el cortisol (relacionado con el despertar y la actividad) está suprimido hasta las primeras horas de la mañana.

Esto se manifiesta en una mayor incidencia de síntomas de malestar y de complicaciones médicas y el bajo rendimiento entre los trabajadores del turno de la noche con respecto a los trabajadores de día. Por esta razón, para la Ergonomía, los efectos de los ritmos circadianos son un tema importantísimo. Probablemente, la melatonina que circula en el organismo de un trabajador no adaptado al trabajo nocturno sea igual de peligrosa que el alcohol para un trabajador diurno bebido. Por esta razón es necesario que tengamos en cuenta todos los efectos que el trabajo nocturno tiene sobre un trabajador y que son debidos no sólo a la influencia directa del reloj biológico, sino también a la influencia de los



cambios en el patrón de sueño, el estado anímico y el nivel de alerta subjetiva que acompañan el trabajo nocturno. El no considerar la tolerancia de los trabajadores al trabajo nocturno podría suponer un incalculable riesgo individual y social. En otras palabras, estaríamos poniendo en peligro la seguridad operacional.

En relación al factor anteriormente señalado, el de las diferencias individuales, debemos señalar que las personas somos también diferentes en cuanto a las horas del día en las que nuestros ritmos circadianos afectan a los recursos disponibles. En función de cuando estos recursos alcanzan sus valores máximos podemos distinguir tres tipos de personas, que llamamos cronotipos:

Matutino

Vespertino

Intermedio

Alrededor del 15-20 % de la población europea es matutina. Son las personas que se despiertan pronto, tienen una mayor capacidad de trabajo, un mejor rendimiento y se encuentran activos y vitales por la mañana. Con el avance del día sus recursos y, por tanto, su capacidad de trabajo desciende progresivamente. Se suelen ir a dormir muy pronto por la noche. Sus recursos alcanzan su valor máximo cerca del mediodía.

Por el contrario, los vespertinos duermen hasta bien entrada la mañana y prefieren trabajar por la tarde-noche y por la noche, cuando sus recursos y rendimiento alcanzan su máximo. Su hora preferida de irse a la cama es pasada la medianoche. Por la mañana son poco productivos, empezando a funcionar mejor a partir del mediodía. Alrededor del 30-35 % de la población en Europa es vespertina.

Por último, hay en torno a un 50% de la población que está en una categoría intermedia entre los matutinos y los vespertinos. No tienen una clara preferencia hacia las horas de la mañana o de la tarde para trabajar. Sus recursos y su capacidad de trabajo alcanzan su máximo en las horas de la media tarde.

Los ciclos de más de 24 horas también son importantes en Ergonomía porque afectan al rendimiento del sistema y a la salud de los trabajadores. Por ejemplo, el ciclo menstrual de las trabajadoras está siendo muy estudiado actualmente como uno de los factores que afectan a la carga de trabajo. En un estudio reciente realizado en Japón se ha encontrado que durante la menstruación el estrés laboral aumenta²¹. En una investigación independiente realizada en Hungría se ha encontrado también una relación entre la dismenorrea (menstruación dolorosa) y el estrés laboral²². También en Japón, se ha encontrado que la incidencia de los dolores de lumbago entre las enfermeras es mayor durante la menstruación²³.

21 Nohara, M., Momoeda, M., Kubota, T., y Nakabayashi, M. (2011). Menstrual Cycle and Menstrual Pain Problems and Related Risk Factors among Japanese Female Workers. *Industrial Health*, 49, 228–234

22 Laszlo, K.D., Kopp, M.S. (2006). Effort-Reward Imbalance and Overcommitment at Work are Associated With Painful Menstruation: Results From the Hungaro study Epidemiological Panel. *Journal of occupational and environmental medicine*, 51, 2, 157-163

23 Smith, D.R., Mihashi, M., Adachi, Y., Shouyama, Y., Mouri, F., Ishibashi, N., y Ishitake, T. (2009). Menstrual Disorders and their Influence on Low Back Pain among Japanese Nurses. *Industrial Health*, 47, 301–312.

La primera repercusión de los factores temporales en los recursos disponibles la podemos reconocer en la relación entre accidentalidad y turnos de trabajo. Cualquier conductor reconocerá que conducir, que es al fin y al cabo interactuar con una máquina, no se hace del mismo modo por la noche que por la tarde, o por la mañana. El vehículo es el mismo y se maneja con los mismos dispositivos (pedales, volante, etc.), la única diferencia son las condiciones ambientales externas y el estado psico-fisiológico del conductor. A pesar de ello, los conductores profesionales saben que esta cuestión tan obvia teóricamente no se plantea en la práctica. Por ello, es absolutamente necesario plantearse el diseño de una máquina considerando que los trabajadores la pueden utilizar en diferentes turnos. En Ergonomía, el estudio de los turnos de trabajo es un área de intervención con una larga tradición. No es necesario justificar demasiado que los procesos fisiológicos y psicológicos dependen en gran medida de los ritmos biológicos. Por esta razón, en cualquier situación tendremos que analizar la interacción entre el trabajador y los demás elementos del sistema de trabajo teniendo en cuenta este factor temporal.

Los vespertinos se adaptan con mayor facilidad al trabajo por turnos, sobre todo al nocturno en comparación con los matutinos. Los vespertinos están más activados las últimas horas, retrasan el inicio del sueño y tienen una mayor capacidad de dormir hasta más tarde por la mañana. Todo esto les hace especialmente apropiados para el trabajo nocturno. Sin embargo, precisamente las mismas características les perjudican para trabajar en los turnos de mañana. Por esto es tan importante que conozcamos el cronotipo de un trabajador antes de asignarle a un turno concreto. Este cronotipo se puede conocer fácilmente mediante el registro continuado de la temperatura corporal y de forma indirecta mediante cuestionarios.

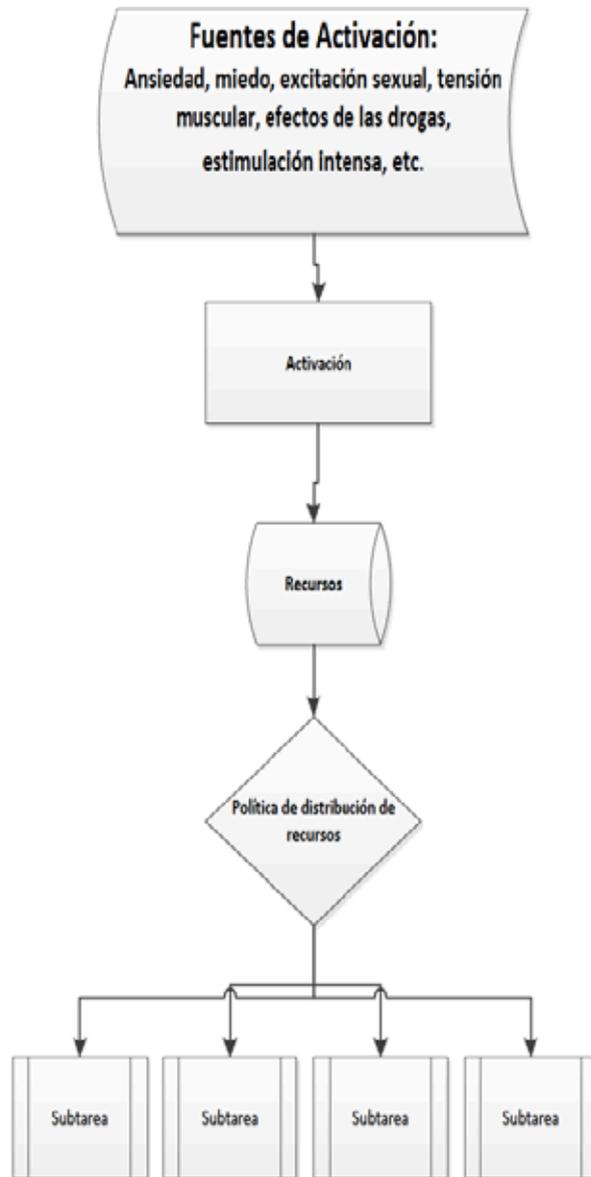
Una cuestión importante a la hora de hablar de la distribución temporal de los recursos disponibles es la referente a los turnos intensivos y a los ciclos semanales. En general, podemos decir que las jornadas de trabajo continuadas agotan los recursos. De esta manera, al comienzo de la semana, después de un fin de semana de descanso, los recursos son mayores que al final. Por esta razón las personas que trabajan en turnos semanales en los que se alternan periodos de varios días trabajando en horarios de más de 7 horas, alternando con días de descanso, deben tener en cuenta cómo sus recursos se distribuyen a lo largo de estos turnos.

Finalmente, si estamos hablando de cómo se distribuyen los recursos con respecto al tiempo, es necesario que hablemos también de los descansos que son un tema que hace referencia a cómo se organiza el trabajo dentro de la empresa. Dependiendo de una serie de factores, es necesario establecer los descansos apropiados. Para la Ergonomía el ritmo de agotamiento depende fundamentalmente de tres factores:

La complejidad de la tarea que la persona realiza con la máquina.

El tiempo que lleva realizando la tarea.

Las condiciones psico-fisiológicas de la persona (por ejemplo, problemas derivados de trastornos del sueño).



Los tres factores son muy importantes y por esta razón el ergónomo los tiene que analizar para hacer que se establezcan los descansos necesarios para contrarrestar los efectos negativos del agotamiento de los recursos.

4.2.2.3. Aumento de recursos disponibles: Activación

Además de las diferencias individuales y los factores temporales, para analizar los recursos que una persona tiene en un momento determinado es necesario conocer su nivel de activación. El organismo humano está siempre en un determinado nivel de activación.

La activación es un concepto que hace referencia a la cantidad de energía que un organismo tiene para poder iniciar una actividad. Esa cantidad de energía es variable y en términos generales podemos decir que a mayor activación más recursos disponibles tenemos. En cierto sentido, depende de factores como los temporales que ya hemos mencionado (ver Figura 30). Sin embargo, hay otros factores (fatiga, sueño, drogas, etc.) que también influyen en el nivel de activación de una persona en un momento dado y que vamos a tratar a continuación.

Figura 30. Activación

4.2.2.3.1. Ingestión de sustancias

Cabe destacar, por su importancia muchas veces ignorada, el efecto que las sustancias que una persona ingiere tiene sobre el nivel de activación y, por tanto, sobre los recursos disponibles. Por sustancias nos referimos a drogas, tanto legales como ilegales, así como a los diferentes alimentos que una persona pueda ingerir como parte de su dieta diaria. Evidentemente, la ingestión de drogas tales como la marihuana o la cocaína, modifican el nivel de activación, y por tanto los recursos disponibles. Sin embargo, también hay drogas que están contenidas en muchos medicamentos que tomamos para paliar los efectos de enfermedades y que afectan al nivel de activación. Por ejemplo, es frecuente tomar medicamentos que contienen codeína cuando estamos resfriados. Como bien dice en el prospecto que acompaña a esos medicamentos, no se deben realizar tareas como conducir cuando se han tomado. La razón es obvia: tenemos menos recursos mentales disponibles para realizar la tarea.

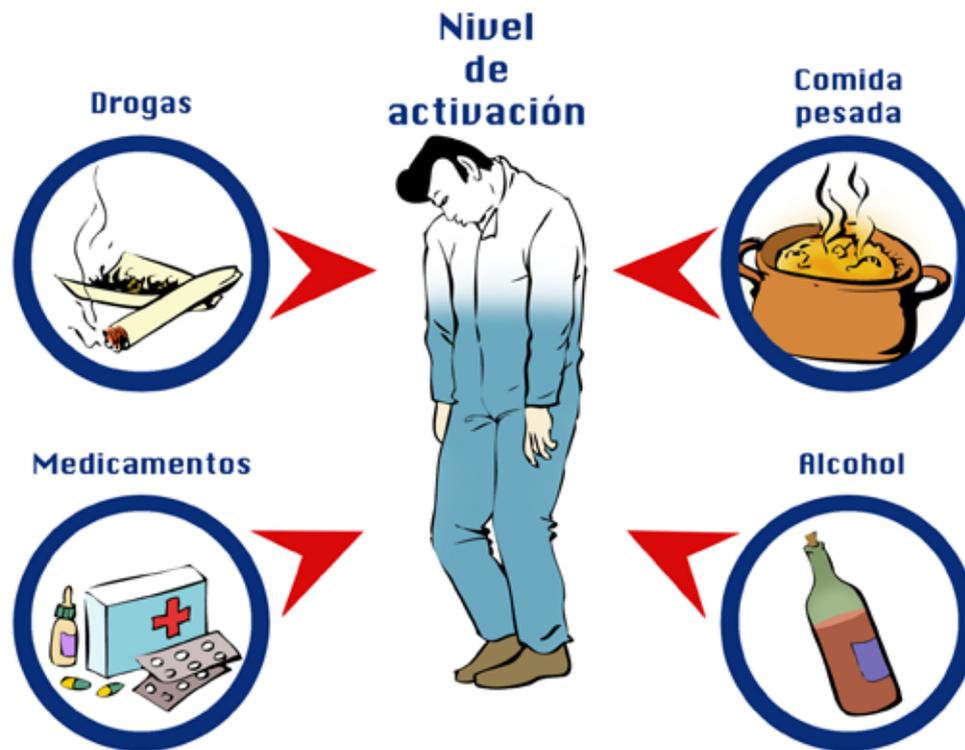


Figura 31. Ingestión de sustancias



Lo mismo podríamos decir de los alimentos que ingerimos. Es evidente que una comida ligera va a suponer una digestión donde el riego sanguíneo sea diferente al que requiere un buen potaje de alubias o de garbanzos. Las comidas pesadas reducen los recursos disponibles en gran medida. Por tanto, es muy importante que a la hora de evaluar los recursos de los que una persona dispone en un momento determinado tengamos en cuenta el tipo de sustancias que haya podido ingerir.

4.2.2.3.2. Estrés como un factor activador

Entre todos los factores que afectan a la activación cabe destacar el estrés por sus consecuencias positivas y, sobre todo, negativas en las interacciones de las personas dentro de los sistemas de trabajo actuales. Decimos positivas y negativas por que, contrario a la creencia popular, el estrés es una respuesta adaptativa general positiva del organismo ante cualquier estímulo o situación amenazante al que llamamos **estresor**. El problema viene cuando esa respuesta adaptativa es inadecuada o se prolonga mucho en el tiempo.

Para explicar estos efectos podemos utilizar un ejemplo muy simple aunque no tenga que ver con el estrés laboral. Imaginemos que estamos nadando en la playa y vemos aparecer algo que parece una aleta de tiburón. Es evidente que inmediatamente comenzamos a nadar lo más rápidamente que podemos para ponernos a salvo del peligro. En esos momentos nuestro organismo necesita activar todos sus recursos, tanto físicos como mentales. Aunque seamos nadadores mediocres, nuestro organismo se activa de tal manera que somos capaces de nadar como nunca lo hemos hecho antes. Además, no sentimos fatiga física ni mental, sólo pensamos en correr del peligro. Este proceso de activación tiene, incluso, aspectos interesantes. Nuestro cerebro segrega unas sustancias, que se llaman Betaendorfinas, que son opioides que regulan el dolor, la temperatura, el hambre y otras funciones relacionadas. Cuando decimos opioides queremos decir efectivamente que son similares a sustancias derivadas del opio. En otras palabras, nuestro cerebro se “droga” para no sentir, sobre todo en este caso, dolor. Si nuestros músculos están doloridos, literalmente, nos anestesiarnos. Ya habrá tiempo de sentir el dolor cuando estemos a salvo en la playa.

Con este ejemplo podemos ver en qué consiste la respuesta que llamamos estrés y por qué decimos que es una respuesta adaptativa. Nuestro organismo necesita escapar de un peligro y tiene que activar todos sus recursos para hacerlo. Sin embargo, ¿qué pasaría si estuviésemos muy lejos de la playa y tuviésemos que nadar durante mucho tiempo? Evidentemente, nos agotaríamos porque los recursos de los que disponemos son limitados y llegaría un momento en el que ya no podríamos nadar más y el tiburón nos comería. Pero, además, puede ocurrir que cuando nosotros vimos la “supuesta” aleta de tiburón, nos hubiésemos equivocado y realmente era un trozo de plástico. Por lo tanto, hubiésemos estado nadando hasta agotar nuestros recursos por un peligro falso.

En consecuencia, de este ejemplo, sacamos varias conclusiones. En primer lugar, el estrés es una respuesta adaptativa del organismo ante una amenaza. Esta respuesta la consideramos negativa cuando se prolonga en el tiempo o cuando es provocada por una percepción equivocada de la realidad.

Esta última característica negativa del estrés es muy importante. Podemos decir que, en la respuesta que llamamos estrés, es la percepción de un evento lo que le convierte o no en amenazante y no las características objetivas de dicho evento. Como consecuencia de ello, también podemos decir que lo que es percibido como estresor por una persona puede no ser un estresor para otra.

Vayamos ahora a los sistemas de trabajo que son el área de nuestro interés. Está claro que podemos pensar en muchos ejemplos donde pueden existir peligros reales o ficticios. Pensemos, por ejemplo, en un trabajador que está sometido a un plan de incentivos a la producción. Si a treinta y uno de Diciembre ha conseguido tal producción conseguirá una paga extra. ¿Qué ocurriría si ese nivel de producción ha sido mal calculado y es excesivo? Es evidente que, tomando la metáfora del tiburón en la playa, el trabajador estaría “nadando” tan rápido como pudiese para evitar el peligro, perder el incentivo a final de año. La situación puede empeorar si, después de haber conseguido el nivel de producción que le pedían, la empresa le da la enhorabuena por haber sido un buen trabajador y, por ello, le sube el nivel de producción requerido para el siguiente año, seguramente con las palabras “tú puedes hacerlo porque eres muy bueno”. No cabe duda de que este trabajador terminará agotando sus recursos y, por tanto, con un problema de carga de trabajo que tendrá consecuencias en su salud física y mental.

Imaginemos ahora que en una situación de crisis económica como la actual, un trabajador está viendo todos los días como más y más empresas llevan a cabo planes de regulación de empleo (los famosos EREs). Un día llega a su empresa un rumor de que posiblemente los directivos están pensando también en hacer un ERE porque la producción es baja. El rumor es infundado y ha sido iniciado por otro trabajador que ha soñado con que lo despedían. En esta situación, no cabe duda de que tendríamos a una persona que va a entrar en una situación de estrés por un peligro falso pero que él o ella lo ven como real. Por esta razón, es muy importante también tener en cuenta, como ya hemos dicho, que el estrés depende de la “percepción” que la persona tiene del peligro y no del peligro en sí mismo. Es evidente que habrá estrés si hay realmente una amenaza de despidos, pero puede haber estrés también si hay un peligro imaginario.

Como ya hemos dicho, el estrés tiene un efecto sobre las fuentes de activación y distribución de recursos del organismo. Desde este punto de vista, el estrés aumenta los recursos rápidamente de tal manera que mientras más estrés suframos, más rápido será el aumento de recursos. Este supuesto lo hacemos siguiendo el siguiente razonamiento: la cantidad de estrés dependerá de la urgencia por hacer frente a la amenaza. Pero también podemos deducir que, en la práctica, el aumento rápido de recursos disponibles también significa que se llega más rápidamente a su agotamiento. Consecuentemente, tal como se refleja en la Figura 32, si consideramos el estrés en términos de los recursos disponibles en función del tiempo, obtendremos un conjunto de funciones, cada una de ellas correspondiente a un determinado nivel de estrés.

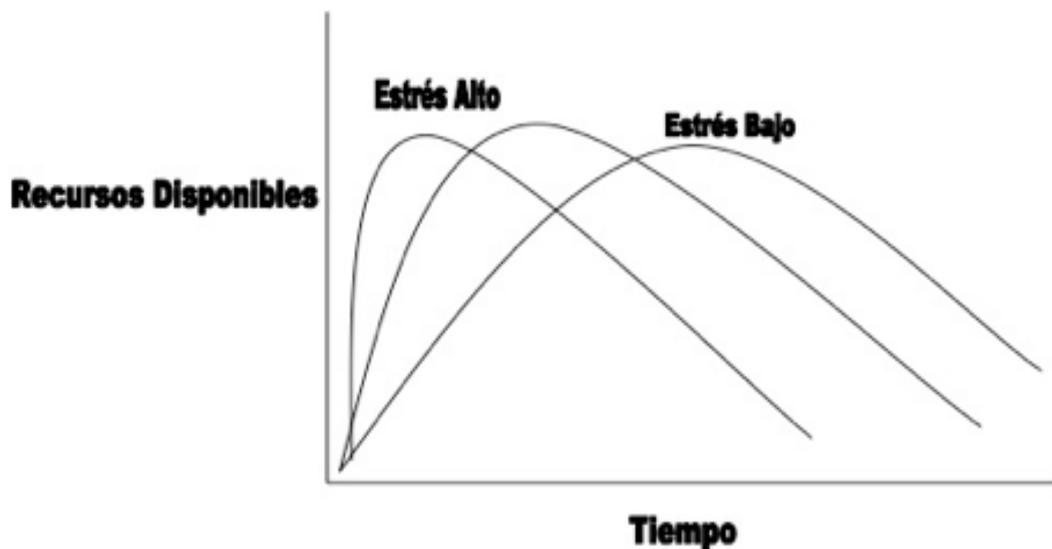


Figura 32. Recursos disponibles en función del tiempo para cada uno de los niveles de estrés.

La magnitud del estrés afectará a cómo de rápido se produce el aumento de recursos disponibles: a más estrés, el aumento será más rápido. Sin embargo, en todos los casos, este aumento llegará a un tope máximo a partir del cual los recursos disponibles comenzarán a disminuir. Esta disminución corresponde a lo que en la literatura científica sobre estrés se llama **fase de agotamiento**²⁴. El organismo es incapaz de suministrar más recursos y lo que se produce realmente es una disminución de éstos.

Esta disminución nos lleva a deducir que en una primera fase desde la aparición de la situación estresante, el estrés evitará la carga de trabajo aumentando los recursos disponibles. Sin embargo, llegado un punto en el tiempo, el estrés agudizará un problema de carga de trabajo al haber acelerado el agotamiento de los recursos disponibles.

Para explicar estos efectos de la distribución de recursos en función del tiempo podemos tomar como ejemplos situaciones de las tareas de vigilancia que vimos más arriba. Imaginemos a un trabajador de control de calidad al que un supervisor le introduce “adrede” piezas defectuosas para “cogerle” y amonestarle por la baja producción. Tendríamos todos los ingredientes del estrés y el agotamiento rápido de recursos. Evidentemente, ante el peligro, este trabajador pondría todos sus recursos a disposición de la tarea inmediatamente. Sin embargo, estos recursos se agotarían pronto con

24

Selye, H. (1956). *The Stress of Life*. New York: McGraw-Hill.

consecuencias sobre su salud. Pero, además, no es necesario que digamos que no le quedarían recursos disponibles al final de su jornada laboral y que comenzaría a cometer errores y falsas alarmas muy pronto.

Otro ejemplo, siguiendo con las tareas de vigilancia, lo tendríamos en un aeropuerto en el que se corriese intencionadamente el rumor de que se sospecha que hay un grupo terrorista por la ciudad. Es evidente que los trabajadores que están en el control de equipaje tendrían un aumento repentino de recursos y, por tanto, entrarían en una situación de estrés. Sin embargo, como ha sido demostrado muchas veces por ergónomos que trabajan en esta área, en estas tareas de vigilancia los recursos se agotan muy rápidamente y lo que estaría ocurriendo realmente si se corriese ese rumor sería una aceleración del agotamiento. Por tanto, tendríamos el efecto contrario al deseado. En lugar de tener una mejor ejecución, lo que tendríamos es un aumento de las probabilidades de que se pase desapercibido algún objeto peligroso en una bolsa de mano.

4.2.2.4. Agotamiento de recursos disponibles: Fatiga

Los recursos disponibles se pueden aumentar pero, como hemos visto al hablar de estrés, estos recursos son limitados y, por tanto, se agotan. Al agotamiento de los recursos se le llama fatiga, que es un concepto muy utilizado en nuestra sociedad pero que no tiene una forma fácil de medirse. De una forma general, podemos decir que fatiga ha sido medida de dos formas que parecen congruentes:

Como el sentimiento de estar cansado. Definida de esta manera, se mide mediante tests subjetivos.

Como un decremento en la ejecución en una tarea después de un tiempo relativamente largo realizándola. Solemos considerar muchas veces que cuando una persona muestra un decremento en la ejecución en una tarea esto se debe a que está fatigada.

Sin embargo, los numerosos estudios realizados en muchos ámbitos han demostrado que no siempre existe una correlación entre estas características de la fatiga. Se ha encontrado que los sentimientos de fatiga algunas veces no llevan aparejado un decremento en la ejecución o, viceversa, se puede observar que una persona ejecuta peor la tarea sin ser consciente de que está fatigada. Por ello decimos que es un concepto de difícil medición. Por lo tanto, los ergónomos solemos partir de dos componentes hipotéticos de la fatiga sin preocuparnos demasiado, muchas veces, de su manifestación. Desde este punto de vista, para nosotros la fatiga será el resultado de dos parámetros:

El tiempo

La complejidad de la tarea

Para hacer más fácil nuestra aproximación al concepto de fatiga, asumimos que la relación entre tiempo y fatiga es lineal y positiva, tal como se muestra en la Figura 33. Esto quiere decir que al comienzo de la jornada laboral el trabajador está descansado y con todos sus recursos disponibles intactos y, por tanto, la fatiga es igual a cero. A partir de ese momento, los recursos irán disminuyendo de tal manera que pasado un tiempo los recursos disponibles serán menores y, por tanto la fatiga será mayor que cero. El nivel de decremento de los recursos estará en función de la complejidad de la tarea. Mientras más compleja sea la tarea, más recursos demandará y, por tanto, mayor será el decremento y mayor será la fatiga. Por tanto, considerando el tiempo y la complejidad de la tarea (la demanda de recursos) tendríamos en realidad un conjunto de funciones.

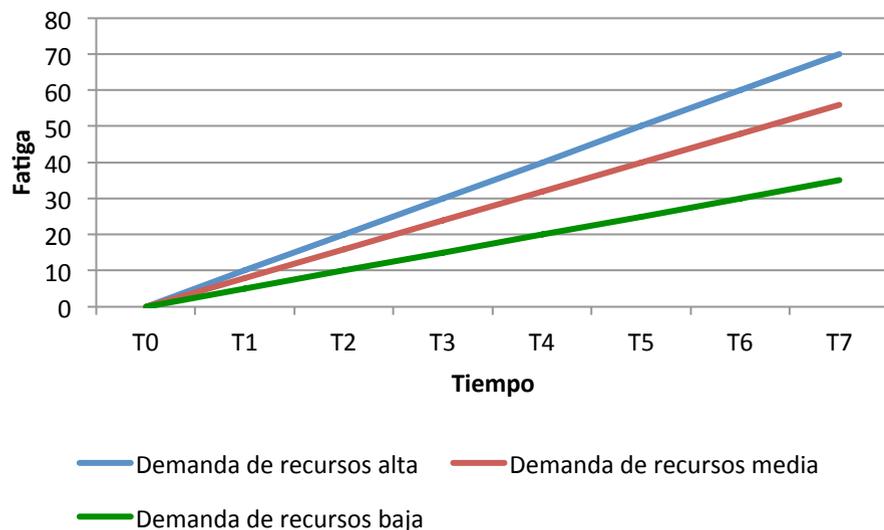


Figura 33. Fatiga en función del tiempo y la intensidad en la tarea

En esta función, la fatiga aumenta con el paso del tiempo y la pendiente de ese aumento es mayor cuando los recursos demandados por la tarea son mayores. Por lo tanto, de esta función podemos extraer las siguientes consecuencias importantes:

Cuando la carga de trabajo es mayor, mayor será el efecto del tiempo y, por tanto, observaremos un mayor y más rápido aumento de la fatiga. Dicho de otro modo, un trabajo que requiere más recursos sufrirá más los efectos de la fatiga.

Con el paso del tiempo la persona sentirá más los efectos de la fatiga que se traducirán en una mayor dificultad para aportar recursos a la tarea.

Puesto que el efecto de la fatiga se produce al multiplicar el valor de los recursos demandados por el tiempo, la única cosa que puede hacer la persona para mantener la ejecución óptima es aumentar los recursos disponibles, llegando por un proceso circular donde en realidad se aumenta el agotamiento y, por tanto, la fatiga.

Estas tres consecuencias nos llevan a la conclusión de que debemos considerar los efectos conjuntos de aumentar y agotar los recursos disponibles en una tarea. Estos serían los efectos conjuntos de, por ejemplo, el estrés y la fatiga o de la ingestión de sustancias y la fatiga. Consideremos a modo de ejemplo el estrés y la fatiga conjuntamente.

4.2.2.5. Efectos conjuntos del estrés y de la fatiga

Podemos teorizar sobre los efectos conjuntos de estrés y fatiga puesto que ambos factores están actuando sobre los mismos recursos disponibles. Si tomamos la función que relaciona los recursos disponibles y el estrés que hemos expuesto más arriba y la combinamos con una función de los recursos disponibles en relación a la fatiga llegaremos a conclusiones como las siguientes (ver Figura 34):

En una fase temprana, el efecto del estrés contrarrestará al de la fatiga: el estrés aumentará los recursos disponibles que están disminuyendo debido a la fatiga, haciendo que ésta no afecte a la carga de trabajo.

Llegado un punto en el tiempo, que coincide con el agotamiento de los recursos debido al efecto del estrés, los efectos de ambos factores se sumarán acelerando el decremento de recursos.

Por tanto, el decremento debido a ambos factores combinados será mayor y más rápido que el debido a cada uno de los factores por separado, como se sugiere en la Figura 34.

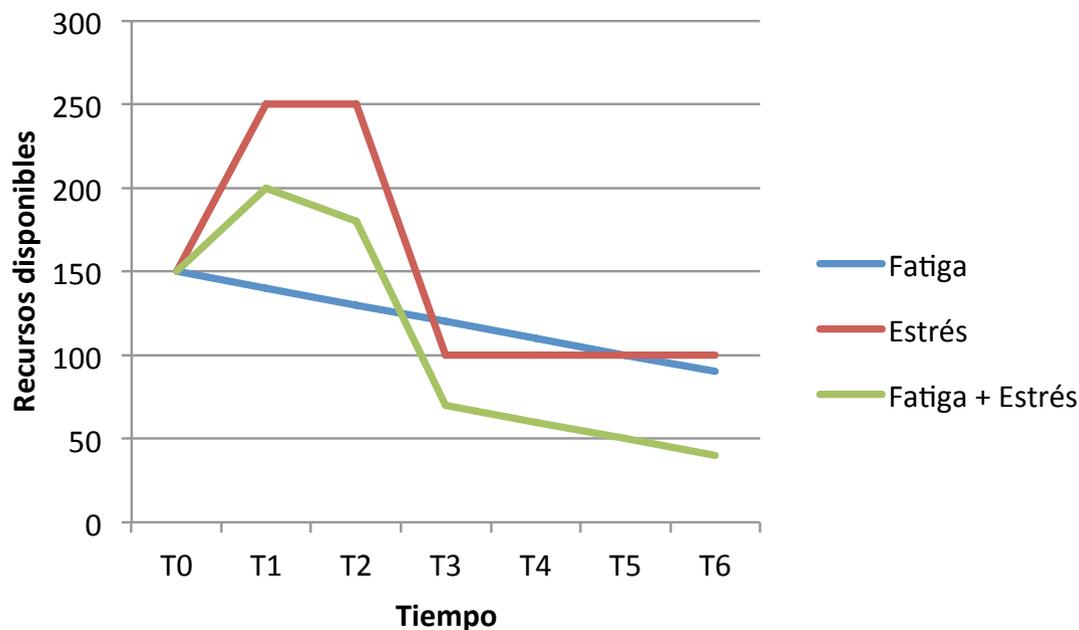


Figura 34. Posible evolución de los recursos disponibles de las funciones de fatiga y estrés por separado y fatiga y estrés combinados con el tiempo.





5 Efectos de la carga de trabajo en la ejecución y en la salud

ergonomía

en los sistemas de trabajo





Ahora que hemos descrito el concepto de carga de trabajo y hemos analizado cuales son los factores que lo determinan, podemos preguntarnos por los efectos que ésta tiene sobre la seguridad operacional. En este sentido, destacaremos que el efecto más evidente es el que tiene sobre como un trabajador realiza su tarea. Si los recursos demandados son mayores que los recursos disponibles, el trabajador no podrá realizar la tarea de una forma óptima. Esto conllevará dos consecuencias evidentes. Por una parte, existe una mayor probabilidad de cometer errores y, por otra parte, su capacidad para responder y adaptarse a los eventos inesperados será menor. Esto último es lo que hemos llamado, capacidad de resiliencia. Pero, además, tendremos un efecto sobre la salud, fundamentalmente en forma de estrés y fatiga que están íntimamente ligados a problemas físicos como insomnio, cardiopatías, etc.

5.1. Efectos en la ejecución de la tarea

Al analizar el efecto de la carga de trabajo sobre la ejecución en una tarea debemos considerar dos aspectos fundamentales que nos pueden ayudar a comprender por qué una persona sometida a un nivel de carga grande tiene más probabilidad de sufrir accidentes y a poner en peligro la seguridad operacional.

En primer lugar, supongamos que colocamos en una gráfica los recursos demandados en el eje de las abscisas y los recursos que podemos ir aplicando a la ejecución de una tarea en el eje de las ordenadas, tal como podemos ver en la Figura 35. Lo primero que observaremos es que podemos ir aumentando los recursos aplicados en consonancia con el aumento de los recursos demandados. Sin embargo, este aumento no es lineal y no podremos ir aumentando los recursos aplicados al mismo ritmo que el incremento de la demanda. Además, debido a que los recursos disponibles son limitados, llega un momento en que ya no es posible seguir aumentando los recursos aplicados. En ese momento, la ejecución, que ha podido ser buena, comienza ahora a empeorar en términos de errores y de tiempo de respuesta. Además, éste es el momento en el que pueden aparecer problemas de salud.

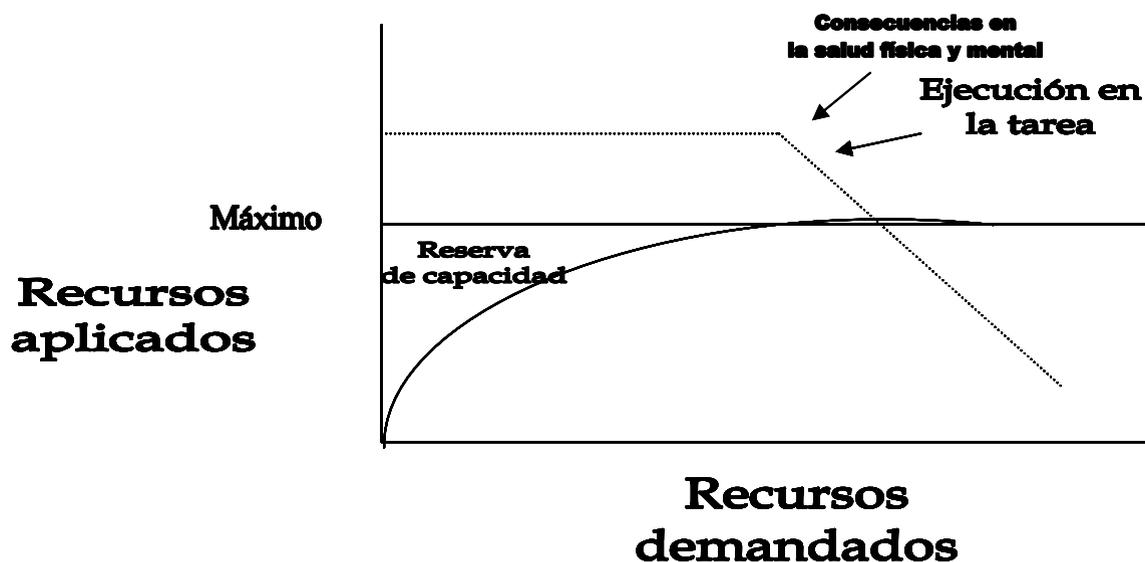


Figura 35. Relación entre recursos demandados, recursos aplicados, ejecución y salud

En segundo lugar, debemos tener cuidado cuando hablamos de la relación entre nivel de activación y recursos disponibles. Es evidente, por todo lo dicho hasta ahora sobre carga de trabajo, que si a mayor activación corresponden más recursos disponibles, podemos hacer la inferencia de que a mayor activación mejor es la ejecución y menor la probabilidad de tener problemas de salud porque hay menos carga de trabajo. Sin embargo, esta inferencia no es totalmente correcta. En psicología se conoce desde hace muchos años que existe una relación entre activación y ejecución que se conoce como Ley de Yeskes-Dodson (ver Figura 36) y que dice que la mejor ejecución se consigue a niveles medios de activación, porque cuando aumentamos mucho la activación corremos el peligro de que la ejecución empeore y se presenten problemas de ansiedad con consecuencias psicológicas y fisiológicas negativas.

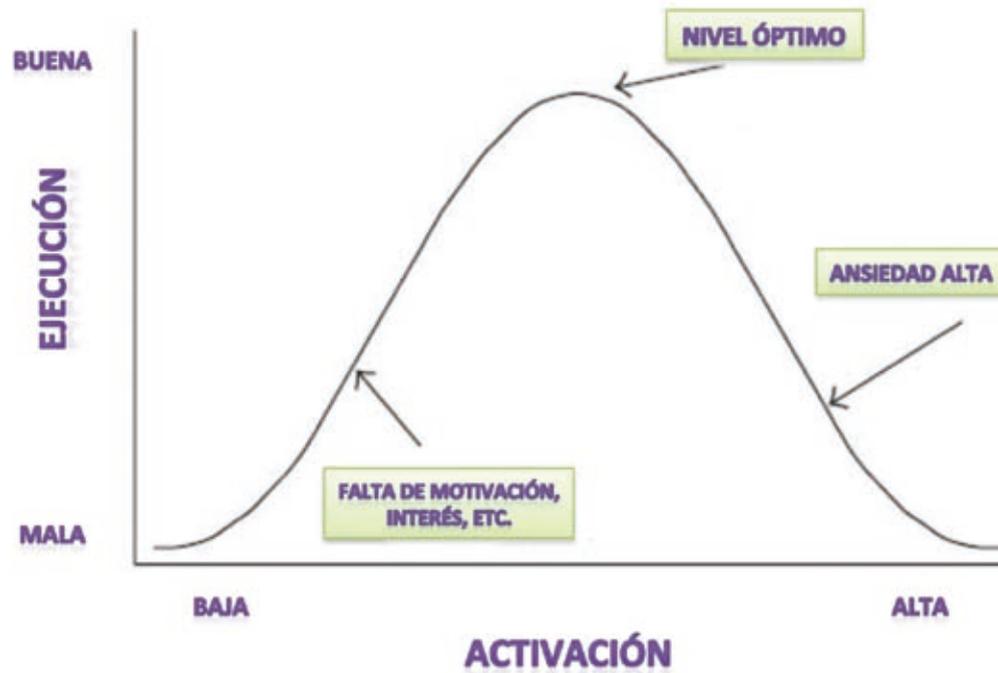


Figura 36. Ley de Yeskes-Dodson: relación entre activación y ejecución



Con estos dos hechos podemos plantearnos ahora cómo la carga de trabajo afectará a la ejecución del trabajo y, como consecuencia de ello, a la seguridad operacional. En primer lugar, es evidente que cuando los recursos están agotados la ejecución empeora y existe mayor probabilidad de cometer errores y tener accidentes. Pero, además, en línea con nuestra preocupación con la resiliencia del sistema, es evidente que en caso de que ocurra un evento inesperado y la persona necesite recurrir a más recursos para afrontarlo, no será posible porque no le quedarán recursos. En este sentido, podemos decir que la carga de trabajo excesiva trae como consecuencia una reducción en la capacidad de resiliencia del sistema de trabajo.

En segundo lugar, la ley de Yerkes-Dodson implica que debemos tener cuidado con aumentar artificialmente los recursos disponibles hasta niveles donde nos encontremos con ansiedad y con decrementos en la ejecución. Por poner un ejemplo simple, podemos decir que debemos tener cuidado con situaciones donde altos niveles de activación puedan poner a un trabajador en una situación de pánico en la que la seguridad operacional estará realmente comprometida y la capacidad de resiliencia reducida hasta el mínimo.

5.2. Efectos en la salud

La carga de trabajo tiene un efecto científicamente probado sobre la salud física y mental de los trabajadores (Figura 37). Los efectos que la carga de trabajo física tiene sobre la salud física son fáciles de identificar y comprender. El índice NIOSH para evaluar el peso máximo recomendado en la manipulación manual de cargas que hemos descrito más arriba sirve para saber cuando una persona puede sufrir problema musculoesquelético. Aunque los problemas derivados de la carga de trabajo mental son menos evidentes a primera vista, también son muy importantes.

Un buen ejemplo de los efectos sobre la salud puede ser el conocido como síndrome de “Burnout” o de “**estar quemado**”. Este síndrome ocurre como consecuencia de un agotamiento de recursos y se manifiesta como cuadros de depresión, ansiedad, fatiga crónica, trastornos del sueño, frustración y el desarrollo de actitudes pesimistas, cefaleas y taquicardias. Es una respuesta a un estrés crónico cuyos rasgos principales son el agotamiento físico y psicológico, una actitud fría y despersonalizada en la relación con los demás y un sentimiento de inadecuación a las tareas que se han de desarrollar. Es una adaptación defensiva al estrés. Se estima que del 20 por ciento de las bajas laborales que se producen en el desempeño de la profesión y que son de carácter psicológico, una tercera parte se encuadran en el síndrome del “burnout”.

Es un síndrome que aparece principalmente en personas que trabajan atendiendo y ayudando a los demás: Educadores, funcionarios de prisiones, trabajadores sociales, etc. Son profesiones en las que se exigen entrega, implicación, idealismo y servicio a los demás y que son elegidas muchas veces por personas con una personalidad perfeccionista con

un alto grado de autoexigencia, con una gran tendencia a implicarse en el trabajo. En otras palabras, son profesiones en las que la demanda de recursos por exigencias externas o por las propias autoexigencias son excesivas y el agotamiento de recursos está asegurado cuando se ve que no se cumplen las expectativas que el trabajador tiene. Sería algo así como decir que se mantiene un alto grado de carga de trabajo sin que se vean los resultados. Por seguir con nuestro ejemplo del tiburón en la playa, podemos decir que están nadando hasta el agotamiento sin haber evitado el tiburón, el peligro.



Figura 37. Los efectos de la carga de trabajo sobre la salud física y mental de los trabajadores



6

Intervención ergonómica en la carga de trabajo

ergonomía

en los sistemas de trabajo





El objetivo del análisis del sistema de trabajo y de las interacciones entre sus componentes es evidentemente el de intervenir en su diseño para conseguir la seguridad operacional óptima donde se reduzca la posibilidad de daños. Por tanto, ahora debemos ocuparnos de cómo la Ergonomía se plantea esta intervención. En primer lugar consideraremos cuáles son los posibles tipos de intervención que un ergónomo puede llevar a cabo.

6.1. Tipos de Intervención

Los ergonomos intervenimos de dos formas en función del momento en que lo hagamos. En primer lugar, solemos intervenir de una forma retroactiva cuando ha ocurrido un daño como consecuencia de un mal funcionamiento del sistema de trabajo. Esta intervención se suele llamar “análisis de accidentes o de incidentes” y sirve, fundamentalmente para determinar cuáles han sido las causas y poder poner los remedios para que no vuelva a ocurrir el accidente o el incidente. Este análisis de accidentes e incidentes es llevado a cabo, por ejemplo, por los ergonomos que trabajan en el ámbito de los peritajes judiciales. En este ámbito, el ergonomo es llamado para que lleve a cabo un análisis del sistema de trabajo donde la persona que ha sufrido el daño realizaba su tarea. Este análisis del sistema de trabajo tiene como objetivo identificar posibles causas del accidente ocurrido.

En segundo lugar, la intervención que llamamos proactiva ocupa la mayor parte del trabajo de los ergonomos actualmente y es la que hacemos cuando el sistema de trabajo va a ser diseñado. La intervención en el diseño la podemos definir como la intervención en la configuración de los componentes del sistema con los que el ser humano interactúa.

De acuerdo a lo que dijimos más arriba cuando explicamos el concepto de seguridad operacional, la intervención proactiva se lleva a cabo para “poner las barreras” e intentar que los peligros o riesgos no se conviertan en daños, de acuerdo al modelo del queso suizo. Pero también, y esto es muy importante en la Ergonomía actual, esta intervención proactiva se hace para asegurar la resiliencia del sistema. Recordemos que la resiliencia del sistema hace referencia a la capacidad que éste tiene para adaptarse a los cambios inesperados que le afectan. Por ello, es muy importante resaltar que las intervenciones que los ergonomos hagan deben considerar los riesgos conocidos y los desconocidos, dejando que el sistema tenga los recursos necesarios para afrontar los desconocidos cuando éstos ocurran.

Siguiendo nuestro esquema, primero hablaremos de la intervención en las condiciones de trabajo, distinguiendo la intervención en el diseño de la máquina de la intervención en el diseño de las condiciones ambientales. En segundo lugar, hablaremos de la intervención en el diseño de los procesos, actividades y operaciones.

6.2. Intervención en el diseño de las condiciones de trabajo

La intervención ergonómica en las condiciones de trabajo es quizás el aspecto más conocido por ser el que trasciende más fácilmente a través de los medios de comunicación y del marketing. Es bastante probable que hayamos oído alguna vez que una máquina está diseñada ergonómicamente o que unas oficinas han sido diseñadas de acuerdo a criterios ergonómicos con respecto al mobiliario, la iluminación, el ruido, etc.

6.2.1. Diseño de la máquina

Como ya hemos señalado, las máquinas son un componente fundamental del sistema de trabajo. Podemos decir que los trabajadores en cualquier sistema industrial realizan sus tareas interactuando con máquinas. La calidad de esta interacción tiene una incidencia decisiva en la ocurrencia de riesgos laborales. Las máquinas son reconocidas como una de las causas principales de los accidentes laborales en las legislaciones nacionales e internacionales. Por todo ello, la Comunidad Europea ha promulgado dos directivas que todos sus países miembros deben cumplir para poder fabricar y comercializar maquinaria para uso industrial. Una de estas directivas, la 98/37/EC, está destinada a los suministradores de maquinaria y significa que todos ellos deben cumplir con unas normas y requisitos para evitar los riesgos de accidente de quienes las empleen. El cumplimiento de esta directiva es requisito imprescindible para recibir el “Marcado CE”, que es un certificado de garantía de la máquina y que significa que se ha diseñado y fabricado de acuerdo a la esa directiva. También existe la directiva 89/655/EEC que afecta a las normas de uso de equipos de trabajo. Esta última directiva está dirigida a los usuarios de la maquinaria e impone los deberes generales a las empresas para que el uso de las máquinas en sus centros sea seguro. De esta manera la adquisición de maquinaria debe estar pensada de tal manera que los trabajadores puedan interactuar física y psicológicamente de una forma adecuada con ella. Pero la pregunta que cabe hacerse ahora es ¿cómo se puede cumplir con los objetivos que estas normativas establecen? ¿Cómo podemos diseñar máquinas que sean óptimas desde el punto de vista de la interacción de las personas con ellas, para que se eviten los riesgos que llevan a los daños y para que la persona pueda adaptarse a cualquier eventualidad que ocurra mientras que las maneja?

Recordemos que una máquina es un sistema donde podemos distinguir dos componentes. Por una parte, tenemos el hardware donde se incluyen todos los componentes mecánicos y eléctricos de la máquina. Por otra parte tenemos el software(,) que es el componente “lógico” que contiene todos los procedimientos que determinan su funcionamiento.

En principio, al ergónomo no le interesa el diseño del hardware, ese será el interés fundamental del ingeniero. El que internamente una máquina tenga un componente eléctrico u otro, afectará al buen funcionamiento de la máquina y a la probabilidad de que ocurra una avería que finalmente pueda llevar a un accidente industrial. Pero esa será la preocupación

de otros agentes implicados en la prevención en el sistema de trabajo (por ejemplo, los prevencionistas especialistas en seguridad). Al ergónomo le interesa el diseño del software, especialmente el que se encarga de las funciones que se han asignado a la máquina y que no tiene que realizar la persona y el que compone la interfaz de la máquina.

6.2.1.1. Diseño del Software: Qué es lo que la máquina hace y cómo se distribuyen las funciones entre ésta y el trabajador

Según la IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)²⁵ el software es «la suma total de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de cómputo» (estándar 729). Por lo tanto, podemos decir que según esta definición el software de una máquina es el programa que determina lo que hace y cómo lo hace.

Al abordar el tema del software, la Ergonomía se interesa en primer lugar por lo que llamamos el problema de **“la distribución de funciones entre el ser humano y la máquina”**, o por lo que históricamente y fuera de los ámbitos ergonómicos se conoce como el problema de la **“automatización”**.

En términos generales, podemos decir que existen tres propósitos industriales para automatizar la maquinaria:

1. Las máquinas automáticas pueden ejecutar funciones que el operador humano no puede realizar debido a sus limitaciones inherentes. Ejemplos de este tipo de automatización serían la asignación a los ordenadores de las operaciones matemáticas complejas o de precisión temporal que los seres humanos no pueden hacer, o algunos aspectos del control de una central nuclear que, por razones obvias, son peligrosas para la salud de las personas.

2. Las máquinas automáticas pueden ejecutar funciones que el operador humano puede hacer pero las hace pobremente, sobre todo porque los recursos que la tarea demanda son tantos que puede haber un problema de sobrecarga de trabajo (ver Figura 38) . Un ejemplo lo podemos tener en el caso de los sistemas GPWS (Ground Proximity Warning systems, Sistema de Aviso de Proximidad del Terreno) que avisan al piloto de un avión cuando está volando demasiado bajo o se aproxima a tierra demasiado deprisa. Otro ejemplo lo tenemos en los nuevos dispositivos que ayudan al conductor de un coche a aparcarlo en un espacio reducido. Evidentemente, un conductor medianamente experto puede aparcar el coche, pero si tiene un sistema que le ayuda para no golpear a los coches entre los que va a aparcar, mejor.

25 <http://www.ieee.org/>



Figura 38. Automatización del proceso para reducir la complejidad del proceso y los recursos demandados

3. Las máquinas automáticas ayudan mediante consejos a mejorar la ejecución en áreas en las cuales los humanos muestran limitaciones. Este caso es el más común en la actualidad ya que las técnicas derivadas de la investigación en Inteligencia Artificial han permitido que se creen numerosos sistemas de ayuda para todo tipo de máquinas y tareas.

Con respecto a los dos primeros propósitos, desde tiempos inmemoriales, pero sobre todo desde la gran Revolución Industrial del siglo XIX, el ser humano ha soñado con la automatización como el medio más apropiado para evitar los terribles errores humanos que han sido achacados muchas veces, tanto a las limitaciones humanas, como a la excesiva carga de trabajo. Esta filosofía está recogida en una frase de Birmingham y Taylor²⁶: “Hablando matemáticamente, él



(hombre) es mejor cuando hace menos”. En línea con esta idea, muchos diseñadores industriales han defendido que si la participación del ser humano en el sistema de trabajo lleva aparejada la ocurrencia de errores y éstos son la causa de los accidentes laborales, la solución sería sustituir completamente a los seres humanos por máquinas. Sin embargo, aunque la industria moderna ha alcanzado grandes éxitos persiguiendo estos propósitos, siempre ha habido y sigue habiendo una importante polémica en torno a los límites que pueda tener la automatización para evitar los errores humanos. Para la Ergonomía moderna está completamente claro que la automatización completa es imposible ya que siempre habrá un ser humano en algún momento junto a la máquina, aunque sólo sea al final del proceso para comprobar que ésta ha hecho correctamente su trabajo o para comprobar que no tiene fallos en su funcionamiento. Esto es así porque nadie puede decir con total seguridad que la máquina nunca fallará por problemas técnicos. Pero, además, no podemos olvidar que las máquinas estarán programadas para responder a una serie de condiciones conocidas. Sin embargo, como ya hemos dicho, el “tapar los agujeros” conocidos no es suficiente para conseguir la seguridad operacional, también es necesario adaptarse a las situaciones nuevas e imprevistas que puedan darse. En otras palabras, es necesario tener la capacidad de resiliencia y eso es lo peor que saben hacer las máquinas.

Por el contrario, la automatización parcial es deseable y posible y, por lo tanto, la cuestión que se plantea desde la Ergonomía es la de saber cómo llevarla a cabo. En este sentido, la pregunta central que nos hacemos los ergónomos es: ¿qué vamos a automatizar? o, dicho de otro modo, ¿qué le vamos a dejar al ser humano y qué le vamos a asignar a la máquina? En este sentido, en la Ergonomía tradicional se seguía hasta hace poco un procedimiento que conocemos como las “Listas de Fitts”. Fitts²⁷, a quien muchos consideran como el padre de nuestra disciplina, propuso un procedimiento simple que consiste en crear dos listas en forma de columnas o filas como las que se pueden ver en la Tabla 4.

²⁷ Fitts, P. M., Ed. (1951). Human Engineering for an Effective Air Navigation and Traffic Control System. Washington: National Research Council.

Los humanos parece que superan a los artefactos actuales en:

1. Habilidad (separa los números de la palabra en todos los casos) para detectar pequeñas cantidades de energía visual o acústica.
2. Habilidad para percibir patrones de luz o sonido
3. Habilidad para improvisar y usar procedimientos flexibles
4. Habilidad para almacenar grandes cantidades de información por largos periodos de tiempo y recordar los hechos relevantes en los momentos apropiados.
5. Habilidad para razonar inductivamente.
6. Habilidad para emitir juicios.

Los artefactos actuales parecen superar a los humanos en :

1. Habilidad para responder rápidamente a señales de control y ejercer una gran fuerza fácilmente y con precisión.
2. Habilidad para ejecutar tareas repetitivas y rutinarias.
3. Habilidad para almacenar información brevemente y después borrarla completamente.
4. Habilidad para razonar deductivamente, incluyendo la habilidad de computación.
5. Habilidad para manejar operaciones muy complejas, por ejemplo, hacer muchas cosas al mismo tiempo.

Tabla 4. Listas de Fitts

La lógica que está detrás de estas listas es simple. Se trata de analizar qué es aquello que la máquina puede hacer mejor que la persona. Esa función que hace mejor la máquina se le asignará a ella o, dicho de otra forma, se automatizará. El objetivo de estas listas es permitir al diseñador decidir qué función se debe asignar al artefacto y cuál al ser humano. Si está claro qué función debe asignarse a cada uno de ellos, se hará así. Sin embargo, si el asignarle una nueva función al ser humano significa que se superan sus capacidades de procesamiento o el artefacto muestra deficiencias para hacerse cargo de una función, se debe estudiar una distribución funcional que permita mantener un balance óptimo.

Sin embargo, después de muchos años aplicando esta lógica y construyendo muchas listas de Fitts, los ergónomos hemos descubierto que su aplicación puede llevar al resultado contrario al que queremos conseguir. En lugar de mejorar la seguridad operacional, lo que se consigue es empeorarla. Esto ocurre por las razones que expondremos a continuación.

Para explicar este deterioro en la seguridad operacional como consecuencia de la automatización, los ergónomos hacemos un especial hincapié en un aspecto importantísimo a tener en cuenta cuando se tiene que decidir sobre automatizar o no una función de la máquina. El hecho demostrado en la investigación y en la práctica es que cuando se le asigna una función a una máquina que previamente era realizada por el ser humano, el funcionamiento de los procesos psicológicos humanos también cambia, a veces con efectos negativos sobre la tarea, lo que aumenta la probabilidad de accidentes.



Supongamos que tenemos una máquina en la que el 80% de las funciones son automáticas y sólo el 20% son llevadas a cabo por el operario. Podemos decir que en esta situación el operario tiene un nivel de participación relativamente activo y estará aplicando bastantes recursos mentales a la tarea. Imaginemos que ahora automatizamos el 15% de las funciones asignadas al operario, dejándole sólo con el 5% de actuación. El efecto inmediato será que ahora tiene solamente que supervisar y casi no tomará decisiones. Entonces se produce el fenómeno que se conoce con el término “Fuera del Bucle” (“out of loop”, en la terminología anglosajona) que consiste en dejarle fuera del proceso, ahora controlado por la máquina y entonces se producen fenómenos como el aburrimiento y la desmotivación. Si en esta situación no ocurre ningún incidente, no habrá problema porque los procesos automáticos se ocuparán del proceso. Pero si ocurre algo, la persona que puede estar distraída tendrá que tomar el control en un corto intervalo de tiempo, lo que le resultará difícil y puede ser la causa de un accidente.

Ahora sabemos que en la mayoría de las situaciones que nos encontramos en un sistema de trabajo, el ser humano funciona mejor cuando participa más activamente en el funcionamiento del sistema. Podemos ilustrar esta idea con un ejemplo de la vida cotidiana y que está siendo muy estudiado actualmente. Los coches que conducimos son cada vez más automáticos. Puede ocurrir que a alguien se le ocurra automatizar todas las funciones que ahora realiza el conductor. Si llegásemos a esa situación, no tendríamos que pisar el acelerador, ni cambiar de marchas, ni pisar el freno, etc., todo lo haría el coche a través de sistemas automáticos que recibirían información de sensores que le informarían sobre las condiciones del ambiente y el coche mismo. En esa situación, el conductor se podría incluso dormir. Si todo va bien, no habría ningún problema. Pero imaginemos que uno de los sensores deja de funcionar y en ese momento un perro se cruza en la carretera. El conductor tendría que tomar el control del coche y, seguramente, tardaría demasiado tiempo en reaccionar, haciendo inevitable el accidente. Se produciría lo que en el área de trabajo del diseño de coches los ergónomos llamamos, “adaptación conductual” que es el efecto negativo de la automatización y que es consecuencia de poner al conductor fuera del bucle. Por eso, se insiste tanto en que antes de introducir un nuevo sistema automático en un nuevo modelo de coche tenemos que analizar si este fenómeno se produce o no.

Tomemos otro ejemplo sencillo y que hace referencia a una situación que casi todo el mundo ha experimentado alguna vez. Una herramienta absolutamente imprescindible para un trabajador que tenga que redactar documentos es el procesador de textos que ha venido a sustituir a las antiguas máquinas de escribir que antes se utilizaban para tal fin. Estos procesadores de textos tienen muchas ventajas sobre las máquinas de escribir y han hecho que el trabajo de redactar documentos sea hoy día mucho más eficaz, eficiente y satisfactorio. Sin embargo, vamos a fijarnos en una de las funcionalidades que estos procesadores de texto tienen y que nos van a servir para explicar cuál es el problema de la automatización.

Gracias a la posibilidad de introducir “conocimiento” y “reglas de inferencia” en los procesadores de texto, los programadores añadieron en un momento de su desarrollo una utilidad que permite hacer correcciones automáticas de los errores ortográficos y gramaticales que podemos ir cometiendo. El conocimiento que el procesador de texto tiene es

el de del vocabulario completo de una lengua y las reglas de inferencia son las reglas ortográficas y gramaticales de la lengua.

Desde el punto de vista de la Ergonomía, la introducción de esta utilidad de corrección ortográfica y gramatical es un ejemplo de automatización: una función que antes hacía el ser humano, cuidar de que la ortografía y la gramática fuesen correctas, se le ha asignado a la máquina. Sin embargo, imaginemos que estamos escribiendo el siguiente texto:

“... mientras que estábamos sentados a la misa comiendo nuestro almuerzo...”

Hemos escrito “misa” y el corrector ortográfico no se ha dado cuenta puesto que esta palabra es un sustantivo del castellano, aunque no era el que nosotros teníamos intención de escribir. Nosotros, que hemos confiado completamente en el corrector y no hemos vuelto a leer el texto, dejaremos que el error siga sin ser detectado. En términos de los ergónomos, “nos habremos puesto fuera del bucle”.

Alguna persona pensará que ese problema es sólo temporal y que se trata de que esperemos a que la Inteligencia Artificial avance y podamos introducir “más inteligencia” en las máquinas. Sin embargo, esto no es así por la siguiente razón relacionada con la ingeniería de la resiliencia que ya hemos explicado al hablar de la capacidad de resiliencia en los sistemas de trabajo. Algo que no sabemos ni prevemos saber en el futuro es cómo programar en las máquinas la capacidad para adaptarse a situaciones inesperadas, a tener la capacidad de resiliencia. Por lo tanto, tendrá que ser el ser humano el que tenga que responder a esas situaciones inesperadas cuando éstas ocurran. Cuando tenemos a una persona intentando actuar ante un problema inesperado que ha ocurrido en el sistema, tendrá, en primer lugar, que realizar una tarea que debe facilitarle la comprensión de la situación en ese momento. Esta comprensión de la situación determinará la acción que debe llevarse a cabo, la cual suele ser una observación o una acción de control. Como consecuencia de esta acción, que se llevará a cabo mediante procedimientos dirigidos a objetivos concretos, la persona recibirá un feedback con información de lo que haya ocurrido en la situación. Si ese feedback no le llega porque el proceso automático no se lo proporciona, la persona estará fuera del bucle y puede ocurrir un accidente.

En las tareas de toma de decisiones este fenómeno que hemos llamado ponerse fuera del bucle es especialmente importante. En el proceso de toma de decisiones es completamente necesario comenzar por diagnosticar la situación. Imaginemos a una persona que está intentando diagnosticar la causa de un fallo en un sistema. La comprensión de la situación incluye la formación de las hipótesis sobre el estado del sistema y sobre sus posibles causas. Estas hipótesis dirigen el muestreo de información que la persona buscará. Esta información será evaluada a la luz de las hipótesis, las cuales serán confirmadas o rechazadas por el feedback que reciba después de llevar a cabo las acciones que haya decidido que son apropiadas. Ahora imaginemos que se automatiza una parte de las funciones y a partir de ese momento es un artefacto el que las realiza. La persona tiene sólo que iniciar la acción pero después es un artefacto el que la lleva a cabo. La consecuencia fundamental que eso tendrá, es que la persona no recibirá información del resultado de esa acción, ya que no la necesitará. Por tanto, la comprensión de la situación se verá alterada y la persona sólo tendrá un feedback general al final del proceso, cuando quizás sea demasiado tarde.



Consideremos, finalmente, otro ejemplo que puede ocurrir y que afecta gravemente a la seguridad operacional. Imaginemos que tenemos un avión donde se ha automatizado una función. Los pilotos, que han sido entrenados con ese tipo de avión confían en que si algo va mal en el proceso que se ha automatizado, habrá una luz que se encienda avisándoles para que tomen el control y solucionen el problema. Supongamos ahora que los técnicos de mantenimiento han desconectado ese sistema de aviso por la razón que sea y no se lo han comunicado a los pilotos. Es evidente que si algo va mal en el proceso y la luz no se enciende, los pilotos serán incapaces de saberlo porque están fuera del bucle y el accidente es inevitable.

La literatura de accidentes aéreos está repleta de ejemplos en los que las causas fueron haber colocado a los pilotos fuera del bucle. El ergónomo americano C.D. Wickens²⁸ cita dos casos de accidentes aéreos que muestran las consecuencias del cambio al entrar en una situación de “out of the loop”. Uno fue un accidente ocurrido en el aeropuerto de La Guardia en New York cuando un avión de Scandinavian Airlines se salió de la pista en 1984. La investigación del accidente demostró que el piloto no fue consciente de la velocidad del aire, una variable que estaba bajo el control de un artefacto automático. El segundo caso ocurrió cuando un avión de Air China estaba volando sobre el Pacífico y sufrió un fallo gradual en su motor. El piloto automático fue compensando el fallo durante algún tiempo sin que el piloto tuviese noticias de ello. Sin embargo, llegó un momento en el que el piloto automático no pudo compensar el fallo y ya era demasiado tarde. Estos dos accidentes indican que situar al piloto fuera del control del proceso hace que pierda conciencia de la situación.

Por tanto, el cambio en la distribución de funciones que implica la automatización tiene consecuencias, tanto en el tipo y la cantidad de información que una persona recibe, como en el control que ejerce sobre la situación. Si recibe menos información, su conocimiento de la situación se verá afectado, aunque reduzca su carga de trabajo. Si, como desgraciadamente ocurre a menudo, hay un fallo en el artefacto, esta pobre comprensión de la situación se convertirá en un problema porque el diagnóstico de la situación será pobre y las acciones a llevar a cabo serán probablemente incorrectas y tardías. Además, siempre es posible que se encuentre con una situación inesperada donde también la comprensión de la situación sea imprescindible para encontrar una solución apropiada. Entonces, no tendrá más remedio que recurrir a sus conocimientos generales almacenados en su memoria que pueden no ser los apropiados para el caso.

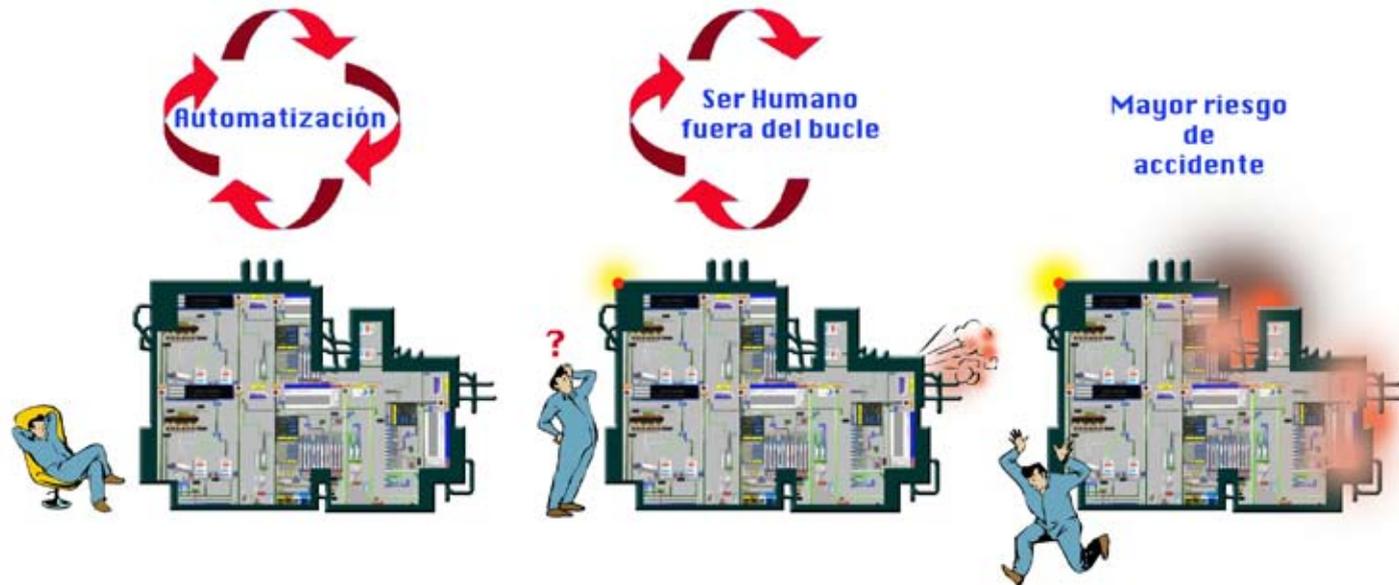


Figura 39. Efectos de la automatización de parte de un proceso

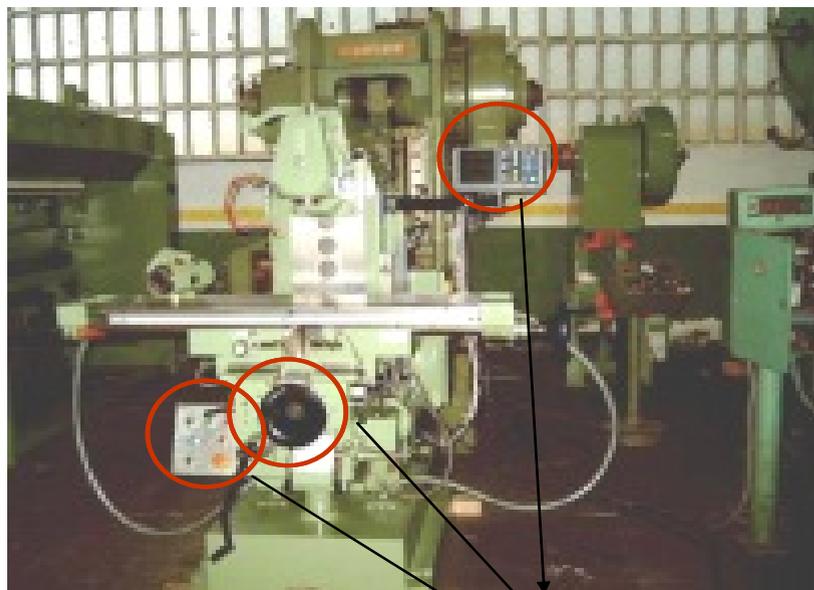
Por tanto, la conclusión a la que han llegado los ergónomos actualmente es que antes de que se plantee la posibilidad de automatizar parte de un proceso, hay que preguntarse si el ser humano se coloca fuera del bucle de control de ese proceso. Ya no se trata de saber si la máquina puede hacer mejor una función, se trata de no poner al ser humano fuera del bucle de control. Si, por cualquier razón, se decide automatizar el proceso colocando a la persona fuera del bucle de control, se deben de disponer de los medios necesarios para que ésta sepa cuando está ocurriendo un incidente y, sobre todo, para que pueda volver al control (al bucle) lo más rápidamente posible para evitar el accidente.

6.2.1.2. Diseño del Software: Diseño de la interfaz

Cuando un accidente ocurre mientras que un operario trabaja con una máquina, las causas pueden ser múltiples y la Directiva 98/37/EC contempla toda una serie de requisitos que cubren gran parte de ellas, fundamentalmente apoyándose en las normas y estándares internacionales (por ejemplo, normas ISO). Sin embargo, entre las normas que la Directiva impone podemos distinguir aquellas que deben ser evaluadas desde el punto de vista puramente de la construcción de

los componentes internos de la máquina, de naturaleza estructural y técnica, y las que, además, hacen referencia a los dispositivos de la interfaz a través de los cuales el trabajador interactúa con ella, de naturaleza ergonómica y de diseño.

Un ejemplo de las primeras son las normas destinadas a evitar fallos en la alimentación de energía. Estos fallos pueden ser debidos a defectos en la instalación eléctrica del lugar donde se utiliza la máquina o a defectos de la propia máquina en sus mecanismos de restablecimiento del funcionamiento tras una interrupción de energía. Esto puede solucionarse a través de dispositivos mecánicos que mantengan la corriente durante un tiempo determinado, evitando el daño de los equipos y los riesgos para el operario. Sin embargo, aquellas que tratan de los elementos de la interfaz se refieren a aquellos componentes a través de los cuales el operario controla la máquina y a aquellos que presentan información sobre el estado de ésta. En la Figura 40 podemos ver un ejemplo de una máquina y algunos de los elementos que componen su interfaz.



Elementos de la Interfaz

Figura 40. Elementos de la interfaz de una máquina

Las normas establecen claramente la diferencia entre estos dos componentes de las máquinas y por qué, desde el punto de vista preventivo, deben ser tratadas de forma diferente. Un ejemplo de como las normas diferencian estos dos aspectos de las máquinas, el que debe ser analizado desde la perspectiva de cómo la máquina está construida y el que debe ser visto desde la perspectiva de cómo la máquina va a ser usada por una persona, lo tenemos en el tratamiento que dan a los requisitos que deben tener los mandos de control de la máquina. De esta forma se diferencia entre lo que podríamos llamar “**sistema de mandos**” que hace referencia a los componentes eléctricos, neumáticos, hidráulicos y mecánicos que tienen como función controlar las operaciones de una máquina y lo que se llama “**órgano de accionamiento**”, que es la parte externa del sistema de mando sobre el que el operador aplica su esfuerzo. Estos órganos de accionamiento tienen que ser diseñados desde el punto de vista de la Interacción Persona-Máquina. El problema que tiene que evaluar la Ergonomía es la adecuación del órgano de accionamiento a las características psicológicas y fisiológicas de ser humano para que su uso sea eficaz y seguro en las condiciones particulares en las que se realiza el trabajo.

Independientemente de cómo el sistema de mando esté construido, el diseñador tendrá que decidir entre un gran número de posibles órganos de accionamiento (Ver Figura 41). Para ello es absolutamente necesario tener en cuenta los criterios ergonómicos que incluyen:

- Las características psicofisiológicas generales del ser humano.
- Las características individuales del operario que debe controlar la máquina.
- La tarea que debe realizar.
- Las condiciones organizacionales en las que ésta se lleva a cabo.



Figura 41. Ejemplos de órganos de accionamiento de mandos

Lo mismo podemos decir de los componentes de la interfaz donde se le presenta la información al trabajador. Como podemos ver en la Figura 42, los dispositivos de presentación de información son de lo más complejo y variado y requieren que al diseñarlos tengamos en cuenta cómo el ser humano procesa la información



Figura 42 . Ejemplo de interfaz en una sala de control

La Ergonomía tiene los métodos y herramientas necesarios para evaluar la Interacción Persona-Máquina con objeto no sólo de cumplir con las normativas vigentes, sino también de contribuir a que su diseño sea el más adecuado para evitar accidentes laborales. En términos generales, podemos decir que la Ergonomía evalúa la adecuación de las características de la interfaz de una máquina considerando las características del ser humano, la tarea que debe realizar

con la máquina y las condiciones en las que esta tarea se realiza. Todos estos aspectos interactúan y deben ser tenidos en cuenta en igual medida para decidir cómo se diseña la interfaz. Consideremos con un poco más detalle estos factores y veamos cómo interactúan entre ellos.

Teniendo en cuenta todos estos factores y las normas y directrices tanto para los constructores de las maquinarias como para las industrias que las utilizan, en la práctica, los ergonomos debemos evaluar la calidad de la Interacción Persona-Máquina en diferentes momentos(,) utilizando herramientas apropiadas para analizar los diferentes aspectos que hemos mencionado. En este proceso, podemos diferenciar dos fases. La primera se da durante el diseño de la máquina antes de ser comercializada y ser introducida en una industria determinada para ser usada por un operario en particular que trabaja en unas condiciones concretas. La segunda se lleva a cabo cuando la máquina se encuentra en una industria concreta. En cada una de estas fases, los factores a tener en cuenta serán diferentes. A modo de guía general, podemos decir que el trabajo del ergónomo será:

Evaluar la máquina desde el punto de vista de sus características, que serán generales para cualquier uso que se haga de ella:

Características del operario: antropométricas, anatómicas, fisiológicas y cognitivas generales

Características de la tarea

Evaluar la máquina desde el punto de vista de las características concretas de la situación en que será utilizada:

Características del operario: funciones cognitivas temporales, características permanentes

Características de la tarea

Factores organizacionales

Teniendo en cuenta estos aspectos se cumplirán las normas y directrices nacionales e internacionales sobre el diseño y uso de maquinaria. Pero, más importante que eso, se contribuirá a que disminuyan los accidentes debidos a una mala interacción entre un trabajador y una máquina con la que tiene que realizar su trabajo.

Para llevar a cabo esta intervención sobre el diseño de la interfaz, los ergonomos nos movemos a varios niveles de análisis como se puede ver en la Tabla 5. Estos niveles corresponden a los aspectos que podemos tratar relativamente por separado en la comunicación entre el ser humano y la máquina y que, fundamentalmente, dependen de la característica del ser humano que estemos considerando.

Niveles de análisis	Algunos temas de intervención
Socio-cultural	Cultura organizacional, idiomas, cultura de los trabajadores, etc.
Cooperación	Comunicación y coordinación entre los trabajadores
Procesamiento complejo de la información	Representación e interpretación de la información para la toma de decisiones
Percepción	Organización espacial de la información, comprensión verbal y auditiva de la información
Sensorio-motor	Elección de canales de presentación de la información en función de sus características, diseño de instrumentos de input

Tabla 5. Niveles de análisis ergonómico de una interfaz

6.2.1.2.1. Nivel sensorio-motor

El primer nivel con el que nos encontramos comenzando por abajo en la tabla es el “sensorio-motor”. Por sensación conocemos al proceso por el cual los receptores sensoriales traducen la señal física en estímulo nervioso. Por ejemplo, las células que conocemos como “conos” y “bastones” de la retina (los nombres se deben a la forma que tienen) transforman la onda electromagnética en estímulo nervioso. Los conos son los responsables de la visión diurna y distinguen entre colores. Los bastones nos sirven para la visión nocturna y no distinguen colores. Cuando vemos un objeto, la luz que ese objeto refleja llega a los conos y los bastones. Allí la luz desencadena unos procesos electroquímicos que finalmente se transforman en estímulos nerviosos en forma de comunicación entre neuronas. Pero, es necesario que tengamos en cuenta que esta transformación no implica significado. Cuando la luz reflejada por una mesa llega a la retina, nuestras neuronas reconocerán sólo las características como el color. Sin embargo, para que podamos reconocer la mesa es necesario que actúen los procesos perceptuales que combinan la información que nos llega de los canales sensoriales con la información almacenada en memoria. Los procesos perceptuales son los que toman también la información que hay en nuestra memoria y que dice que ese objeto que estamos viendo es una “mesa”.

De acuerdo a esta definición de sensación, hemos de señalar que no tenemos sólo cinco sentidos (vista, oído, olfato, gusto y tacto) como se cree popularmente, sino que tenemos tantos sentidos como tipos de receptores existen en el ser humano. Los tipos de receptores corresponden a cada uno de los estímulos físicos que somos capaces de sentir. Por ejemplo, entre los cinco sentidos populares no se cuenta con el sentido del equilibrio que tan importante es en muchos sistemas de trabajo donde el trabajador tiene que adoptar posturas peligrosas en situaciones inestables (por ejemplo, en la construcción). O, también como ejemplo, el que conocemos como sentido del tacto, que son en realidad tres sentidos, (presión, temperatura y dolor) porque hay receptores diferentes para cada uno de estos estímulos. En cualquier caso, no todos los sentidos son igualmente importantes

en el diseño del sistema de trabajo y, concretamente, en el diseño de las interfaces. Por esta razón es conveniente comenzar por considerar el sentido visual ya que las interfaces más comunes actualmente son las que presentan información visual.

Cuando interactuamos con una interfaz gráfica, las neuronas de nuestra retina codifican el estímulo visual, la luz. Las dos características de la luz son el color y la intensidad. Sin embargo, nos interesa especialmente el color porque en el diseño de interfaces el uso del color es muy utilizado para presentar información. En este aspecto, afortunadamente, la extensa investigación realizada hasta la fecha sobre la codificación del color ha permitido establecer guías con recomendaciones para los diseñadores sobre cómo se debe elegir un color para, por ejemplo, diseñar un elemento de un menú de un programa. Algunas de estas recomendaciones son las siguientes:

- Evitar azul puro para texto, líneas delgadas y figuras pequeñas.
- Evitar el rojo y el verde en la periferia de grandes pantallas.
- No todos los colores son igualmente discernibles.
- No usar demasiado un solo color.
- Usar colores similares para significados similares.
- Usar un color de fondo común para agrupar elementos relacionados.
- Usar brillo y saturación para atraer la atención del usuario.
- Para personas que tienen una visión del color defectuosa, evitar distinciones de un solo color.

Pero antes de tomar decisiones sobre el color de las interfaces debemos tener en cuenta que, en términos generales, se debe considerar que la luminosidad ambiental influye en cómo se perciben los colores. Una oficina mal iluminada hará que los colores se vean de forma diferente. Además, la distribución de conos y bastones en la retina no es homogénea y, por tanto, un mismo color en dos lugares de la pantalla puede verse de forma diferente.

El creciente interés por los interfaces auditivos (programas de síntesis y reconocimiento de voz) hace necesario que consideremos también cómo procesamos los estímulos auditivos. Físicamente, los estímulos auditivos son variaciones en la presión del aire sobre una membrana que hay en el oído. Estas variaciones se representan como ondas complejas que pueden ser descompuestas por el Análisis de Fourier en ondas sinusoidales con diferentes frecuencias y amplitudes. Esto es lo que realmente hace el sistema nervioso auditivo, una descomposición similar a la que hace el procedimiento matemático.

El primer aspecto relevante a tener en cuenta de la sensación auditiva en el diseño de interfaces es que el ser humano discrimina mejor las frecuencias que las intensidades. Por eso, cuando tenemos que diseñar una alarma que debe ser oída sobre un fondo de ruido, es más importante que la alarma tenga una frecuencia muy diferente a la del ruido ambiente. No sirve de mucho que aumentemos el volumen de la alarma para que se distinga del ruido. Dicho con un ejemplo simple, la voz de una mujer en un fondo de voces de hombres se oirá sin necesidad de aumentar mucho el volumen (o viceversa). Las voces de los hombres y de las mujeres tienen frecuencias diferentes.



El segundo aspecto en relación al sonido en el diseño de interfaces es que éste sirve para localizar los eventos del ambiente. Mediante un sistema muy sofisticado, nuestro sistema nervioso auditivo es capaz de saber la localización del origen de un sonido. Por esa razón, cuando se diseñan algunos equipos de protección individual hay que tener cuidado para que no interfieran con este mecanismo de localización. Imaginemos que se diseñan unos auriculares a través de los cuales se van a presentar al trabajador, señales auditivas de posibles averías de la máquina. Tendremos que tener cuidado porque posiblemente esos auriculares dificultarán la localización de la avería. Pensemos en la experiencia que hemos tenido muchas veces cuando hemos llevado el coche al garaje para repararlo y nos hemos quedado sorprendidos por la capacidad que tiene el mecánico para ir directamente al lugar de donde sale el “ruido raro”. Esto ocurre porque el mecánico ha aprendido a localizar los sonidos e identificarlos. Si le pusiésemos unos auriculares lo que estaríamos haciendo realmente sería dificultar su tarea.

En cuanto a la sensación táctil debemos tenerla en cuenta cuando se necesita presentar a la persona información por este canal sensorial por alguna razón, como pueden ser las condiciones especiales que tiene la persona que está interactuando con la interfaz. Más concretamente, cuando esta persona tiene alguna discapacidad visual y/o auditiva, es necesario recurrir a la sensación táctil, tal como ocurre con las personas ciegas cuando usan el sistema Braille para leer. Sin embargo, actualmente también estamos viendo estos tipos de usos del sistema táctil en interfaces donde ya se han saturado los canales visuales y auditivos y es necesario recurrir al canal táctil para presentar más información. Eso es lo que ocurre en algunos coches que se están diseñando actualmente con sistemas de ayudas al conductor. Estos sistemas de ayudas tienen como objetivo avisar al conductor de que algo está ocurriendo en la carretera, en el coche o en él o ella mismos (por ejemplo, están fatigado). Lo que se están encontrando estos diseñadores es que la cantidad de cosas de las que se puede avisar al conductor es muy grande y ya no hay espacio en el salpicadero para tanta señal; y poner muchas señales sonoras entorpece la conducción. Por esta razón se están recurriendo a las llamadas **interfaces hápticas**. Por ejemplo, imaginemos que vamos conduciendo nuestro coche con nuestras manos en el volante y se nos quiere avisar de que estamos pisando la línea continua. Una forma de avisarnos puede ser mediante una vibración del volante. A esa vibración se le llama “interacción háptica”. La palabra “háptico” no está actualmente aceptada por la Real Academia Española, pero la utilizamos para referirnos a aquellas interfaces en las que presentamos información mediante el contacto.

El sentido vestibular nos proporciona información acerca de la orientación, el movimiento y la aceleración. Sus funciones incluyen el equilibrio, el mantenimiento de la cabeza en una posición erguida y el ajuste de los movimientos de los ojos para compensar los movimientos de la cabeza. Por ejemplo, en una plataforma movable donde estemos leyendo datos que se presentan en una interfaz, tendremos que tener en cuenta el posible mareo con náuseas que nos va a provocar. En general, podemos decir que cada vez que la interfaz nos obligue a cambiar de postura y podamos perder el equilibrio, tendremos problemas con el sistema vestibular. Podemos mencionar, de paso, una característica interesante del sentido vestibular y que nos lleva a una experiencia que casi todos hemos tenido. Esta característica es la de su dependencia de la ingestión del alcohol. Explicado de una forma simple y con una analogía para que podamos entenderlo, el sentido ves-

tibular consiste en un pequeño depósito de un líquido que se encuentra detrás de nuestras orejas. Dentro del líquido hay una especie de péndulo que se mueve cuando nos movemos y cambiamos nuestra orientación con respecto a la vertical con la tierra. Ese líquido tiene una determinada densidad que si se modifica hace que el péndulo se mueva más o menos. Pues, teniendo en cuenta esta analogía, lo que ocurre cuando bebemos alcohol es que ese líquido se hace menos denso y tenemos la explicación de nuestra falta de equilibrio cuando hemos tomado unas copas. Por esta razón se prohíbe la ingestión de bebidas alcohólicas durante el descanso para tomar un bocadillo. No importa que no estemos borrachos por que un poco de alcohol será suficiente para que nuestro sentido del equilibrio funcione peor cuando estamos subidos al andamio.

Las señales olfativas tienen una importancia enorme desde el punto de vista adaptativo para los seres humanos. Pensemos en una situación donde se haya provocado un fuego o haya una fuga de gases. En estas situaciones, las señales olfativas son alarmas que el ser humano interpreta como señales de peligro. Por esta razón, podríamos preguntarnos por cómo se diseñan y colocan en la empresa los sistemas de aire acondicionado. Muchas veces, estos sistemas se instalan en una planta industrial de tal manera que modifican las corrientes de aire haciendo que esas alarmas tan importante se enmascaren o se desvíen.

Durante la interacción, el interfaz debe tener un componente que permita a la persona introducir información en el sistema. Los sistemas de input más utilizados actualmente son: teclado, ratones, lápices, punteros, etc. Sin embargo, la intensa investigación sobre reconocedores del habla que existe actualmente permitirá que el input sea el habla humana en un futuro muy próximo. Incluso, algunas compañías telefónicas ya lo están utilizando para que el usuario pueda seleccionar entre las opciones de los menús auditivos que usan.

Sin embargo, dejando aparte el habla, el sistema motor es el implicado en la mayoría de las formas de interacción actuales. Por ello la investigación ha estado orientada a aplicar lo que sabemos sobre las leyes que guían al sistema motor y como éste interactúa con la interfaz. Por ejemplo, cuando una persona tiene que mover su mano (o un objeto que tiene en la mano) desde un punto a otro, debe integrar su respuesta motora (movimiento de la mano) con el feedback visual que recibe de la posición de la mano, o del objeto que está moviendo. Fitts demostró que es posible predecir el tiempo que se requiere para mover la mano en función de la longitud del punto de origen al punto objetivo y de la anchura del punto objetivo. La ya famosa Ley de Fitts dice:

$$\text{Tiempo de movimiento} = a + b \log_2 (2A / W)$$

Donde

a y b son constantes

A es la distancia desde el origen hasta el objetivo

W es la anchura del objetivo

La ley dice que el movimiento hacia el objetivo se mantiene a una razón constante, inversamente proporcional a la distancia del cursor desde el objetivo, y predice que: (1) A mayor distancia, mayor será el tiempo; (2) A mayor anchura, menor será el tiempo.

Esta ley ha sido aplicada en el diseño de los sistemas de input actuales. Y demuestra como los ergónomos hemos venido acumulando conocimientos que nos permiten intervenir en el diseño de las interfaces de una forma eficiente. Por ejemplo, esta ley ha sido aplicada para predecir la usabilidad de varios tipos de ratones y existen guías que los diseñadores pueden utilizar para predecir la ejecución con todos los tipos de sistemas actuales (Ver Figura 43).



Figura 43. Diferentes tipos de sistemas de inputs

6.2.1.2.2. Nivel perceptual

Percibir significa interpretar el estímulo. Esta percepción o interpretación es esencial tenerla en cuenta en las interfaces actuales porque la mayoría de los ordenadores personales tienen sistemas operativos donde el usuario dispone de interfaces gráficas con iconos, gráficos, etc. En el diseño actual se ha impuesto, en cierta medida, el concepto de los 'Interfaces de Manipulación Directa'. En este tipo de interfaces el usuario trabaja directamente con objetos que representan algo. Por ejemplo, una interfaz que presenta un icono para representar un fichero almacenado en el disco duro es una interfaz de manipulación directa. El usuario puede trabajar con el fichero (grabarlo, cambiarle de nombre, copiarlo, etc.) actuando directamente sobre el objeto, normalmente utilizando un artefacto de punteo ("pointing device") como un ratón o un lápiz óptico.

En los últimos años hemos asistido a un cambio de lo que en diseño de interfaces se llama “metáfora de interacción”. Con la antigua metáfora de ‘la conversación’ se consideraba la interfaz como un lenguaje con el que el usuario y el artefacto tienen una conversación sobre un dominio del mundo que no está representado directamente en el interfaz. Los sistemas operativos como el MSDOS responden a este tipo de metáfora (ver Figura 44). Existe un lenguaje por el cual el usuario le dice al artefacto lo que quiere que haga (por ejemplo, COPY fichero.txt A:/) y la interfaz puede comunicarle al usuario el resultado de la operación que ha realizado (por ejemplo, 1 fichero copiado). Cuando se usa este tipo de metáfora el usuario no actúa sobre los objetos con los que está trabajando. El fichero está almacenado en el disco y no es visible para el usuario.

```

Running CH Kernel of Mar 10 2008 23:22:49
Initializing Scheduler
Initializing Shared Heap Walker
Initializing Service Thread
Registering Non-HAL Drivers...
Starting diagnostics module...
Initializing stress module...
Singularity Shell (PID=7)
Type 'help' to get a list of valid commands.
Welcome to Singularity
Singularity>help
Singularity shell commands:
bg          - Background a stopped job
break       - Break into the kernel debugger
bvt        - Basic verification test
clear      - Clear screen
date       - Display date and time
decho     - Echo inputs to debugger
dir        - Display contents of name space
echo      - Echo inputs to console
exit      - Exit shell
fg        - Foreground a stopped or background job
gcstress  - Stress garbage collector
help      - Display help message
jobs      - List jobs
reboot    - Reboot computer
script    - Run script file
shutdown  - Shut down computer
start     - Start process with independent I/O
testscript - Test scripting engine
warmboot  - Warm reboot computer
Singularity>*_

```

Figura 44. Interfaz de comandos según la metáfora de la conversación

En la actual metáfora ‘del modelo del mundo’ la interfaz es una representación del mundo sobre el que el usuario actúa. Por ejemplo, en una interfaz que tenga iconos para representar los ficheros, los directorios, discos, etc., el usuario no necesita utilizar un lenguaje para ‘ordenar’ al ordenador que haga algo y para que el ordenador le comunique el resultado de sus operaciones. El usuario actúa directamente sobre los objetos (ficheros) y puede observar directamente lo que ocurre con estos objetos como resultado de su actuación sobre ellos. Puede ver que el icono se ha desplazado de la ventana que

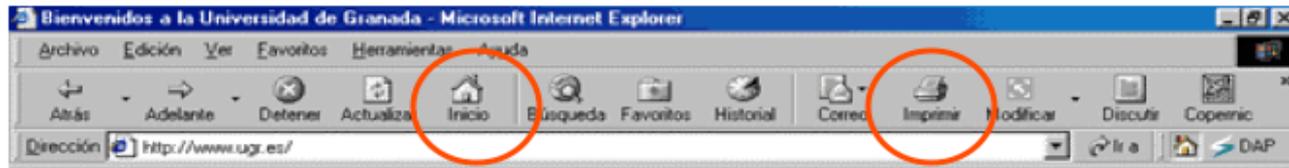


representa un directorio a la ventana que representa otro directorio. Estas interfaces, por tanto, permiten el compromiso directo (Direct Engagement) del usuario. En el contexto de la interacción con artefactos, el compromiso directo significa que la interfaz permite al usuario tener la sensación de que actúa sobre los objetos directamente.

Las interfaces de manipulación directa se han impuesto porque tanto la intuición como la investigación psicológica han demostrado que el compromiso directo permite mayor eficacia en la interacción. Sin embargo, estas interfaces plantean problemas psicológicos interesantes derivados del hecho de que los objetos que se presentan en la interfaz representan objetos reales, pero sin embargo el objeto real y el objeto representado en la interfaz no son siempre iguales.

Las interfaces de manipulación directa también se benefician de la superioridad de los dibujos sobre las palabras a la hora de percibir los conceptos y los objetos. Está claro que representar un objeto con un dibujo es mejor que representarlo con una palabra. La superioridad de los iconos en las tareas de tomas de decisiones se debe a que los iconos son representaciones multidimensionales que permiten discriminar entre comandos que tienen características comunes.

Sin embargo, lo más interesante es saber cuáles son las características de los iconos que los hacen superiores a las palabras. En este sentido sabemos que al diseñar objetos en una interfaz de manipulación directa se debe tener en cuenta la “**distancia articulatoria**” entre el objeto real y el objeto representado (dibujo). En los lenguajes naturales, la distancia articulatoria hace referencia a la relación entre la forma física de una expresión y el significado de la misma. Por ejemplo, una onomatopeya tiene una distancia articulatoria pequeña, porque la grafía y la fonética de la palabra son cercanas al significado. De la misma forma, cuando se diseñan iconos para representar objetos podemos hablar de distancias articulatorias cortas y largas. Un icono que tenga una distancia articulatoria corta tendrá una forma muy cercana al significado del objeto que representa, mientras que un icono con una distancia articulatoria larga no tendrá ninguna relación entre la forma y el significado. En la Figura 45 podemos ver dos ejemplos de iconos, uno con distancia articulatoria grande y otro con distancia articulatoria pequeña. En la interfaz de Windows se usa una casa para indicar que se quiere ir al inicio. La relación entre el dibujo de una “casa” y la acción de ir al “inicio” es más débil que la relación entre “impresora” y el dibujo de una impresora. Esta diferencia en distancia articulatoria se traduce en rapidez y precisión para encontrar un icono en una interfaz. Es posible que la rapidez y la precisión no sean muy importantes cuando estamos trabajando con la interfaz de nuestro ordenador en nuestra oficina, pero puede que sean esenciales cuando ante una alarma en una sala de control tengamos que encontrar el icono correcto para detener un proceso.



Distancia articulatoria grande

Distancia articulatoria pequeña

Figura 45. Ejemplo de dos iconos con diferente distancia articulatoria

La organización y la localización de los iconos en la interfaz son también muy importantes. Para reconocer esta importancia podemos referirnos a un ejemplo sencillo y de la experiencia diaria de la mayoría de las personas actualmente. Tanto como si utilizamos PC o Mac, tendremos una interfaz donde un conjunto más o menos grande de iconos está distribuido espacialmente siguiendo algún orden. Aunque hay personas más ordenadas que otras, lo cierto es que esta distribución espacial es más o menos aleatoria para la mayoría de las personas. Por esta razón, muchos tenemos la experiencia de la dificultad para poder encontrar el icono que estamos buscando en un momento determinado. Esta experiencia nos dice que, independientemente de cómo de bien esté diseñado el icono, lo que mejor predice la rapidez y precisión para encontrar el icono que buscamos es el conocimiento que tenemos de donde puede estar localizado. En otras palabras, sabemos que lo mejor que podemos hacer es no cambiar la localización espacial para que de esa manera podamos aprendérsela de memoria. Si, por alguna razón, esa localización cambia tendremos que empezar buscando de nuevo sin ninguna guía de por dónde empezar. Esto podría ocurrir en una interfaz que fuese usada por trabajadores de varios turnos. Pensemos en el problema que tendríamos si cada trabajador cambia la localización de los elementos de la interfaz a su gusto. Cuando entrase el trabajador del siguiente turno no sabría donde están localizados. Por ello, deberíamos indicarle al diseñador de la interfaz que en este caso no provea a los trabajadores con la utilidad de reconfigurar la localización.

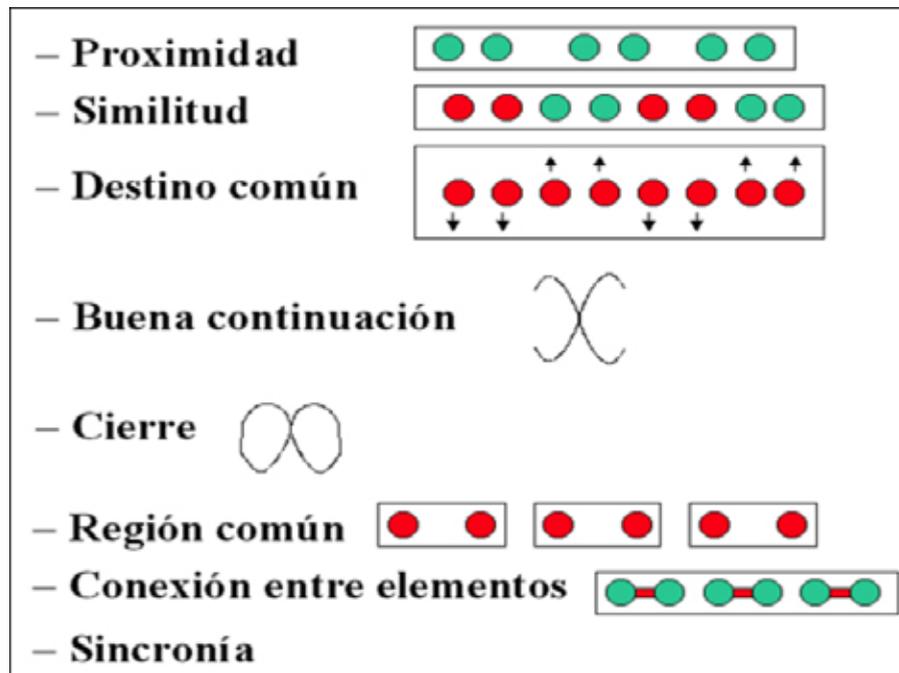


Figura 46. Principios gestaltianos de agrupamiento

En el caso de que el diseñador quiera fijar una localización espacial determinada y no nos deje cambiarla lo mejor que puede hacer es utilizar el conocimiento que la Psicología tiene sobre las leyes que gobiernan los sistemas perceptuales humanos. Por ejemplo, como se puede ver en la Figura 46, nuestros sistemas perceptuales suelen agrupar los estímulos que tienen alguna relación espacial o cromática. Utilizando estos conocimientos se pueden hacer interfaces como la que se puede ver en la Figura 47, donde a los botones se les han dado colores iguales porque tienen funciones relacionadas.

información a la persona que interactúa con la máquina. Por hacer el ejemplo más de la vida cotidiana, imaginemos que vamos a comprar un coche y tenemos dos modelos que nos gustan. Uno de los modelos tiene un cuentakilómetros digital y otro lo tiene analógico (ver Figura 49).



Figura 49. Cuentakilómetros digitales y analógicos

Un ergónomo siempre recomendaría comprar el modelo con el cuentakilómetros analógico por una simple razón: cuando vamos conduciendo, nuestra atención está focalizada principalmente en la carretera. Si necesitamos saber a la velocidad que vamos tendremos que bajar la cabeza y en fracciones de segundo percibir (comprender) lo que nos indica el cuentakilómetros. Además, no necesitamos saber con total exactitud la velocidad. No necesitamos saber que vamos a 83,3 km/h de velocidad. Nos basta con saber que vamos a algo más de 80 KM/h. Por lo tanto, un cuentakilómetros analógico será el mejor porque nos permitirá saber más rápidamente y con poca precisión la velocidad a la que vamos. Esta decisión será diferente si estamos hablando de dos indicadores en un panel de una sala de control donde la precisión es esencial y tenemos más tiempo para procesar la información.

6.2.1.2.3. Nivel de procesamiento de la información

Para poder sentir y percibir la información que hay en la interfaz primero hay que encontrarla. Por esta razón, el primer nivel de procesamiento del que tenemos que ocuparnos es el que conocemos como “muestreo” y que tan importante es en muchas tareas que nos encontramos en los sistemas de trabajo como ya explicamos anteriormente al analizar

los recursos demandados. El muestreo es facilitado si los estímulos están localizados espacialmente de tal manera que nuestros sistemas perceptuales los comprendan fácilmente. Pero ahora vamos a hablar del muestro desde el punto de vista de los procesos psicológicos superiores.

Podemos considerar dos casos al hablar de muestreo. El primer caso ya lo hemos tratado más arriba y se da cuando tenemos que buscar iconos en una interfaz. El segundo caso lo tenemos cuando estamos diseñando una interfaz con “menús”. La mayoría de las interfaces actuales presentan menús de opciones y en su diseño la pregunta que más a menudo surge es cómo podemos organizar un menú para que la búsqueda sea más efectiva. Veamos algunos aspectos importantes de esta búsqueda (ver Figura 50).

Cuando trabajamos con una interfaz que dispone de un menú de opciones, la operación más importante es la de buscar la palabra que representa la acción que queremos realizar. Generalmente, un usuario experto sabe la palabra que está buscando y dónde se encuentra. Sin embargo, no siempre es así, especialmente cuando el usuario está aprendiendo a trabajar con la interfaz. Por ello, es importante saber cómo se realizan las tareas de búsqueda visuales para diseñar los menús de tal manera que se pueda optimizar la búsqueda en términos de errores y de tiempo de búsqueda. Para esto, es posible recurrir a la extensa investigación llevada a cabo en Psicología sobre las tareas de búsqueda.

La búsqueda comienza por la generación de una palabra que representa la acción que se quiere realizar. El problema consiste en que no siempre el diseñador puede confiar en que el usuario nombrará las acciones con las mismas palabras que él ha pensado que son las más apropiadas para designar las acciones. Cuando se les pide a un grupo de personas que formulen palabras para nombrar una serie de cosas (por ejemplo, los comandos de un procesador de textos, recetas de cocina, etc.) encontramos que la probabilidad de que dos personas digan la misma palabra para una misma cosa es, en el mejor de los casos, del 20 por ciento. Por ello, cuando se diseñan menús no se puede esperar que el operario busque la palabra que el diseñador ha elegido. Por el contrario, el operario generará una palabra y comenzará a buscarla comparando la palabra elegida con las que encuentra en los menús. La comparación puede ser de identidad si el operario cree que encontrará exactamente la palabra que busca. Sin embargo, más a menudo, la comparación será de equivalencia semántica si el operario no está muy seguro de que encontrará esa palabra y busca otra que posiblemente represente la misma acción.

Una cuestión interesante es saber cómo se pueden organizar las opciones en el menú para que la búsqueda sea más rápida, especialmente cuando se llevan a cabo búsquedas de equivalencia semántica. En este sentido, sabemos que en principio son tres las formas en las que se pueden presentar las opciones de un menú: listas alfabéticas, listas aleatorias y listas organizadas por categorías. Las listas alfabéticas posibilitan una búsqueda más rápida que las aleatorias. Sin embargo, las listas alfabéticas son también mejores que las categorizadas.

El tiempo de búsqueda dependerá fundamentalmente del número de ítems que tiene el menú. Sin embargo, cuando la palabra que se está buscando no está en el menú y es necesario realizar una comparación de equivalencia semántica, saber que existe una función lineal entre el número de ítems y el tiempo de búsqueda no es suficiente. En este

caso es más importante saber cuál es la estrategia que el operario utilizará para determinar cuando el ítem buscado se ha encontrado y parar la búsqueda e iniciar la acción. La investigación ha demostrado que los operarios llevan a cabo primero una búsqueda rápida en la que aceptan o rechazan los ítems que tienen una muy alta o muy baja probabilidad de ser los buscados. Si esta búsqueda fracasa inician una segunda búsqueda lenta que depende del número de ítems del menú.

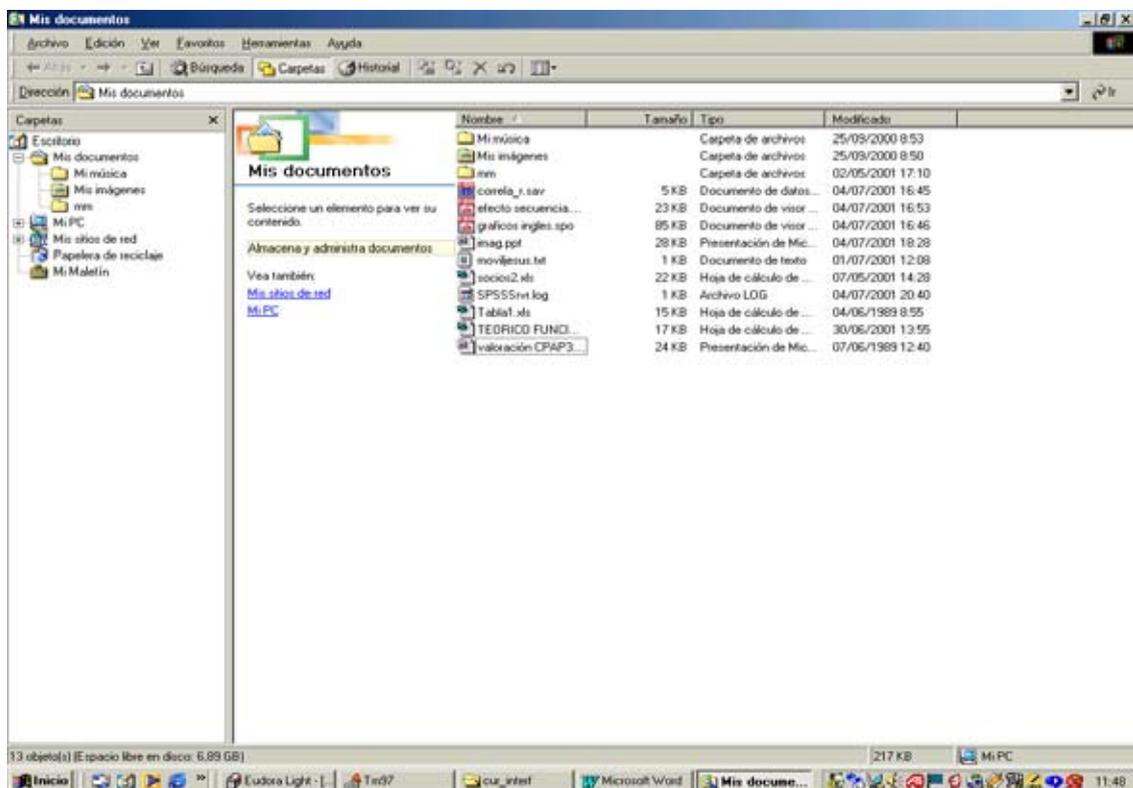


Figura 50. Ejemplo de interfaz con menús

La investigación también ha demostrado que la búsqueda sigue unos patrones que son difíciles de predecir intuitivamente. Por ejemplo, los operarios saltan de una parte de la pantalla a otra y no continúan buscando en el sitio donde se predice que el ítem estará. También ocurre que una vez encontrado el ítem buscado, continúan la búsqueda examinando uno o dos ítems más del menú.

Subiendo un escalón en el procesamiento de la información que se presenta en la interfaz tenemos ahora que hablar de memoria. La información que es percibida se almacena en memoria para poder ser utilizada posteriormente. En la tradición de la investigación psicológica, solemos diferenciar entre almacenamiento temporal y almacenamiento permanente de la información (ver Figura 51). Por almacenamiento temporal queremos referirnos a un almacenamiento en el que la información se mantiene por unos instantes para ser usada por los procesos mentales, pero que después tiene que ser transferida a un almacenamiento permanente para ser recordada posteriormente o se elimina olvidándola. El primer almacén temporal es lo que llamamos **Memoria Sensorial**. Para cada sentido existe un almacén donde la información es mantenida durante unos brevísimos momentos mientras que es procesada. Dependiendo del sentido que consideremos el tiempo de almacenamiento es mayor o menor, pero estaremos hablando casi siempre de intervalos de menos de un segundo. Por ejemplo, en caso del almacén visual el intervalo es de en torno a 250 milésimas de segundo. Estos almacenes han evolucionado debido a la necesidad de retener una información que nos llega demasiado deprisa para ser procesada inmediatamente y se puede perder.

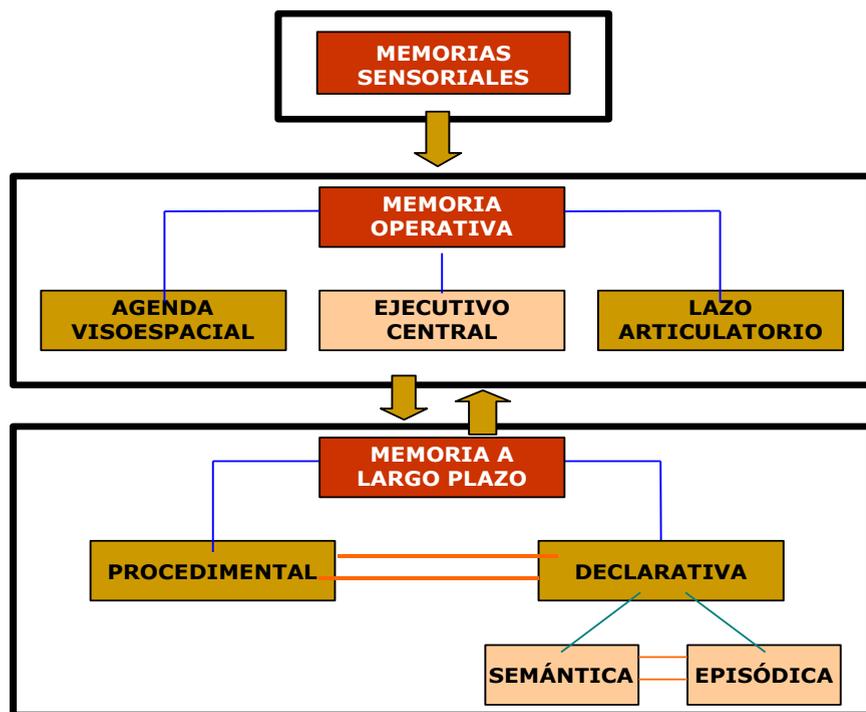


Figura 51. Estructura de la memoria humana

El siguiente almacén temporal es el llamado **Memoria a Corto Plazo** o **Memoria Operativa** y tiene una mayor importancia desde el punto de vista del diseño de interfaces. La característica fundamental de este almacén es su limitación temporal y espacial. Cuando una unidad de información entra en la Memoria Operativa es almacenada allí y si no se hace nada con ella desaparece después de un intervalo de aproximadamente 20 segundos. Además,



existe un límite en la cantidad de información que puede ser mantenida al mismo tiempo en ella. Esta cantidad es la que se conoce como el “número mágico 7+/-2” para indicar que es de aproximadamente de 7 unidades de información en un rango que va de 5 a 9 según los individuos y las situaciones de procesamiento. Si en un momento determinado hay siete unidades y entra una nueva unidad, una de las que ya están almacenadas será eliminada. Cuando decimos “unidades” nos referimos a unidades con sentido que pueden agrupar a sub-unidades. Por ejemplo, el número de teléfono 9 5 8 2 4 3 7 6 7 son 9 unidades. Sin embargo, si las agrupamos como 958 243 767 serán tres unidades de información. Por tanto, la información puede perderse por dos razones: por el paso del tiempo o por desplazamiento. El desplazamiento ocurre sobre todo cuando se ejecutan tareas que requieren almacenar gran cantidad de información. La forma de evitar el olvido es el repaso mental. Pensemos en un ejemplo muy sencillo. Imaginemos que necesitamos un número de teléfono que no conocemos y vamos a leerlo en la guía de teléfonos que hay sobre una mesa alejada del teléfono desde el que tenemos que llamar. Después de leer el número empezamos a repetirlo mentalmente (puede ser también en voz alta) hasta que llegamos al teléfono y lo marcamos. Esa sería una estrategia de repaso mental para que la información se mantenga superando los 20 segundos de límite que tiene la Memoria Operativa.

Según los modelos actuales en Psicología, la Memoria Operativa está compuesta de dos sistemas subsistemas, el **Bucle articulatorio** y el **Bloc de Notas Visuoespacial**, que mantienen información verbal y visual respectivamente. Estos sistemas son usados por un **Ejecutivo Central** que procesa información dentro de cada sistema, transfiere la información de un sistema a otro e integra la información almacenada en ellos con la información almacenada en la Memoria a Largo Plazo.

Un buen ejemplo de las limitaciones que tiene la memoria operativa y de cómo debemos tenerlas en cuenta en el diseño de interfaces de las máquinas lo tenemos en las cada vez más comunes **interfaces de estilo telefónico**. Estas interfaces permiten al usuario introducir comandos en un teclado numérico como el que se encuentra en los teléfonos pero por medio de la voz. La respuesta que recibe el usuario es auditiva, bien sea con voz grabada o sintetizada y éste también tiene que contestar por voz. Un ejemplo simple de este tipo de interfaces es el utilizado por las compañías telefónicas para su servicio de contestador automático. Para oír los mensajes que tiene, el usuario debe descolgar el teléfono y esperar unos segundos. Entonces, una voz le informa del número de mensajes que tiene y comienza a presentarlos uno a uno informando de la hora y día en que han sido recibidos. Después de cada mensaje, una voz ofrece un menú con tres opciones: “Diga 1 si quiere volver a escuchar el mensaje; Diga 2 si quiere guardar el mensaje; Diga 3 si quiere borrarlo”. Cuando el usuario presiona una tecla, por ejemplo la tecla 3, la voz informa del resultado, “Mensaje borrado”. Estas compañías disponen de un programa de reconocimiento de voz que identifica la opción seleccionada por el usuario.

Este tipo de interfaces es cada día más común debido a los avances que se están haciendo en reconocimiento automático y síntesis de voz. Sin embargo, existe un problema relacionado con la capacidad de la Memoria Operativa que ha sido detectado durante la interacción con este tipo de interfaces. El usuario debe mantener en su Memoria Operativa las diferentes opciones del menú y los pasos seguidos en la navegación a través de la jerarquía de menús. Pero debido a

las limitaciones temporales y espaciales de esta memoria, el usuario comete muchos errores por pérdidas de información, cuando olvida lo que debe hacer y errores de elección, cuando el usuario elige una opción incorrecta. Por esta razón hay que tener cuidado con el número de opciones que se ponen en el menú, para que no se sobrepase la capacidad de la memoria operativa y que el tiempo necesario para que el sistema las ofrezca no sea excesivo y no se sobrepase el tiempo de almacenamiento. El objetivo es evitar esa situación tan común donde vamos por la opción 4 y ya no nos acordamos de cuál era la opción 1.

La **Memoria a Largo Plazo** contiene la información permanente del sistema. En esta memoria es posible distinguir dos sub-almacenes, la **Memoria a Largo Plazo Declarativa** que contiene la información sobre los hechos que conocemos y la **Memoria a Largo Plazo Procedimental** que contiene la información sobre cómo hacer algo.

La característica fundamental de la información contenida en la Memoria a Largo Plazo es que ésta está organizada en estructuras. En la Memoria Declarativa la información está organizada en estructuras semánticas (por ejemplo, categorías, esquemas, guiones, etc.) entre las cuales, la más importante desde el punto de vista de la Ergonomía es el Modelo Mental, del que ya hemos hablado y el que describiremos más adelante en este texto cuando hablemos de cómo se interviene en el diseño del aprendizaje de la máquina. En la Memoria Procedimental, la unidad organizativa es la Regla de Producción. Una regla de producción está compuesta por una condición y una acción y tiene la siguiente forma:

Regla de producción: Si *condición* Entonces *acción*

La condición es una unidad de información que puede estar presente en el ambiente o en la Memoria Operativa. La acción es una modificación que el sistema hace directamente en el ambiente o en los contenidos de la Memoria Operativa. Las condiciones no tienen que ser necesariamente estímulos observables del ambiente, sino que pueden ser unidades de información contenidas en la Memoria. Por su parte, las acciones no tienen que ser sólo acciones observables sobre el ambiente. Pueden ser modificaciones sobre los contenidos de la memoria. Un ejemplo simple de regla de producción sería: “Si llueve Entonces coge el paraguas”. Pero también podemos pensar en esta regla de producción: “Si el valor del indicador D es 4,36 Entonces presiona el botón rojo para abrir la válvula 46”. Por tanto, podemos pensar que el aprendizaje de la interacción con las máquinas y los sistemas es realmente la adquisición de muchas reglas de producción.

La Memoria Declarativa está subdividida a su vez en **Memoria Semántica**, donde se encuentra la información sin referencia a cuándo y dónde se ha adquirido, y la **Memoria Episódica** que contiene la información que puede ser recordada junto al momento y lugar de su adquisición.

La distinción entre memoria semántica y episódica es muy importante cuando estamos considerando el diseño de la interfaz en una tarea de toma de decisiones. Recordemos que en estas tareas las personas intentan primero recordar situaciones similares a las que se tuvieron que enfrentar en el pasado. Para ello, lo que hacen es buscar en su memoria episódica para intentar recordar si en el tiempo que llevan trabajando en este sistema de trabajo y otro similar tuvieron que



tomar una decisión parecida. Es evidente que los trabajadores con más experiencia tienen mayor probabilidad de haber vivido esas experiencias similares y recordarlas más fácilmente. Si, como vimos al hablar de las tareas de toma de decisiones, no se pueden recordar experiencias similares entonces hay que recurrir a la memoria semántica donde, diciéndolo de una forma fácil, tenemos lo que hemos aprendido en el manual y en los cursillos que nos han dado. Por tanto, la interfaz tendrá que ser diseñada con sistemas de ayuda que favorezcan la recuperación de información episódica o información semántica, según el operario sea experto o novato.

6.2.1.2.4. Nivel de cooperación

La razón por la que tenemos que preocuparnos en el diseño de interfaces por cómo cooperan los operarios dentro de un sistema de trabajo es obvia. Hoy en día nos encontramos muchas interfaces que realmente son parte de una sola máquina y donde cada operario interactúa con su propia interfaz durante un trabajo colaborativo. Por lo tanto, a la hora de diseñar las interfaces tenemos que preguntarnos por cuestiones importantes, como el tipo de cooperación que tenemos en el sistema de trabajo donde está la máquina. En este sentido, podemos distinguir entre tres variantes de la cooperación: Cooperación cercana, cooperación organizada, y cooperación individual basada socialmente en artefactos

La primera de las variantes, la cooperación cercana hace referencia al trabajo en el que hay un objetivo compartido entre varios individuos. Durante esta clase de cooperación, los participantes se sienten como parte de un equipo, se conocen entre ellos y confían unos en otros. Esto no significa que no tengan objetivos personales o que estos objetivos no entren nunca en conflicto con el objetivo común. En la situación particular que consideraremos aquí y que llamaremos trabajo en equipo, los participantes relegan sus intereses personales y sus objetivos conflictivos para facilitar la ejecución del equipo. Ejemplos de esta variante pueden ser el de un grupo de diseñadores trabajando en un mismo diseño, un grupo de autores trabajando en un libro, o un grupo de personas tomando decisiones en equipo. En estos casos puede incluso ser posible que todos utilicen una sola interfaz si están todos en el mismo ambiente local. Aunque, muchas veces nos encontramos con trabajadores que están cooperando de esta manera desde lugares geográficos diferentes.

La segunda variante hace referencia a un concepto de cooperación algo más laxo. Hay muchas situaciones donde personas que pertenecen a una misma organización sin conocerse unas a otras, cooperan a través de la organización aunque no directamente unos con otros. Llamaremos a esta variante “cooperación organizada”. Esta cooperación se institucionaliza por medio de la distribución de tareas y rutinas para realizar el trabajo, transferir información y tomar decisiones. En este caso, las interfaces son individuales, pero deben disponer de componentes que sirvan para reconocer las características de cada persona. Por ejemplo, será necesario que las interfaces reflejen las estructuras jerárquicas de la empresa.

Finalmente, llegamos a la tercera variante de cooperación, que aparece cuando una persona utiliza o contribuye a una fuente común de información o conocimiento. El ejemplo actual más importante es Internet. Aunque nos la encontra-

mos en muchos sistemas de trabajo en forma de tareas de construcción de bases de datos. Pensemos, por ejemplo, una empresa donde a los comerciales se les requiere para que vayan introduciendo en una base de datos toda la información que tienen de sus clientes.

¿Qué tipos de interfaces sirven para cada una de estas tres variedades de cooperación? Es evidente que la respuesta a esta pregunta habría que darla en función de varios aspectos de la interfaz. Por ejemplo, tendríamos que reflejar en el diseño el tipo de organización que tienen los usuarios. Pensemos, por ejemplo, en unas interfaces de un sistema diseñado para el ejército. Es obvio que la estructura jerárquica tiene que estar reflejada en esas interfaces. Las utilidades que tiene la interfaz de un mando no serán las mismas que las que tiene la interfaz de un subordinado. En un sistema informático de una universidad los alumnos tienen unas utilidades, los profesores otras y las personas de administración otras. A pesar de eso, los alumnos y los profesores utilizan el mismo sistema para comunicarse y participar en las tareas docentes.

6.2.1.2.5. Nivel socio-cultural

Finalmente, llegamos al nivel socio-cultural, que muchas veces se olvida y que, sin embargo, está de una enorme actualidad no sólo en el diseño de interfaces sino también en casi todas las áreas de intervención de la Ergonomía. Es evidente que vivimos en una sociedad multicultural que nos debe hacer preguntarnos si son todas las interfaces iguales para todas las personas que nos encontramos en un sistema de trabajo ignorando que pueden pertenecer a culturas diferentes. En este sentido, los ergónomos pensamos que la respuesta a esta pregunta es no y por ello en nuestras intervenciones hacemos también un análisis de los factores culturales que determinan la conducta de los trabajadores.

Sin ser exhaustivos y por tomar sólo un ejemplo, podemos preguntarnos por el concepto de riesgo y peligro que existe en cada cultura. Es evidente que hay culturas en las que el riesgo se evita a toda costa, pero también hay otras en las que ese riesgo se acepta como natural. Por ejemplo, hay culturas donde se cree que el ser humano se reencarna después de morir. Es posible que una creencia como esa pueda llevar a que las personas se arriesguen más porque en caso de muerte volverán a la vida de todas maneras.

Si hablamos de recursos disponibles, por poner otro ejemplo muy simple y cotidiano, podemos pensar cuál es la conducta durante los fines de semana en diferentes países. En ese sentido, está claro que en nuestro país muchas personas dedican la tarde del domingo a oír en la radio o ver en la televisión todo lo relacionado con los partidos de fútbol. Generalmente, el último partido del domingo puede terminar cerca de la medianoche que es cuando comienzan las decenas de programas de radio y televisión donde se comenta la jornada futbolera. Esos programas pueden terminar bien entrada la madrugada. Además, esta actividad deportiva (de espectador u oyente) suele ir acompañada de alcohol.

Podríamos pensar que no deberíamos preocuparnos por lo que una persona hace durante su tiempo de ocio. Sin embargo, ¿qué pasa a las 7 de la mañana cuando hay que levantarse para llegar al trabajo a las 8? Es evidente que



lo que puede pasar es que los recursos disponibles, que deberían estar perfectamente para afrontar el trabajo con una máquina o subido a un andamio porque venimos de un fin de semana de descanso, están agotados y la seguridad operacional está en riesgo.

Si analizamos este problema desde el punto de vista comparativo nos daremos cuenta de que en otros países de nuestro entorno esto no ocurre. En esos países existe una cultura donde se considera que el domingo por la tarde debe una persona prepararse para afrontar la semana de trabajo.

Ahora podemos preguntarnos de nuevo si será necesario considerar los factores culturales y tendremos que reconocer que es así. Es posible que tengamos que pensar en el diseño de interfaces teniendo en cuenta si la persona puede tener todos los recursos mentales y físicos intactos porque su sociedad y su cultura están organizadas de una determinada manera.

6.2.2. Diseño del ambiente

Recordemos que en el ambiente del sistema de trabajo diferenciamos entre ambiente local y ambiente externo. Aquí nos referiremos al ambiente local puesto que el diseño del ambiente externo no nos corresponde a los ergónomos. Por supuesto que lo que ocurre en el ambiente externo es de interés para el ergónomo puesto que afecta al proceso que el operario controla, pero su diseño no es de nuestra competencia. La temperatura, el ruido, etc., del ambiente externo no afecta al trabajador y, por tanto, es del interés para otros profesionales, como los ingenieros, que diseñan el proceso industrial, pero no del ergónomo. A esté le interesará como está diseñado el espacio donde trabaja la persona, cuál es la temperatura o el ruido que soporta, o bajo qué condiciones de luz realiza su trabajo.

Además, al hablar del diseño del ambiente también debemos referirnos a otros dos aspectos que son muy importantes desde el punto de vista del bienestar del trabajador y de la seguridad operacional. Nos referimos al diseño de los elementos del espacio que afectan a la postura en la que el trabajador realiza su tarea y a las señales que colocamos en el ambiente para avisar de peligros y dar informaciones esenciales para el trabajador.

6.2.2.1. Diseño del espacio, la iluminación, el ambiente acústico y la temperatura

Es evidente que hay tareas en las que el espacio viene determinado y no es posible diseñarlo. Un trabajador agrícola, cuando no está dentro de la cabina de un tractor, tiene que realizar sus tareas en el espacio físico que tiene. Evidentemente, puede evitar horas en las que la iluminación no es buena o la temperatura es mala. Pero no es posible que diseñe un espacio que es natural. Pero, por el contrario, muchos trabajos se realizan en espacios que son diseñados por arquitectos e ingenieros y en los que se pueden introducir criterios ergonómicos, de tal manera que los recursos demandados se reduzcan con un nivel de ruido bajo, una buena iluminación y un nivel de confort térmico adecuado. Por

poner un ejemplo de sistema de trabajo que ha sido muy estudiado y del que se tienen muchos conocimientos sobre sus características ergonómicas podemos hablar del puesto de trabajo que en el ámbito de la prevención de riesgos laborales le llama “**Puesto de Pantalla de Visualización de Datos**” (PVD) y que generalmente no encontramos en oficinas. Como podemos ver en la Figura 52, tenemos muchas alternativas de diseño que tienen diferentes efectos sobre el bienestar físico y psicológico de las personas que realizan este trabajo.

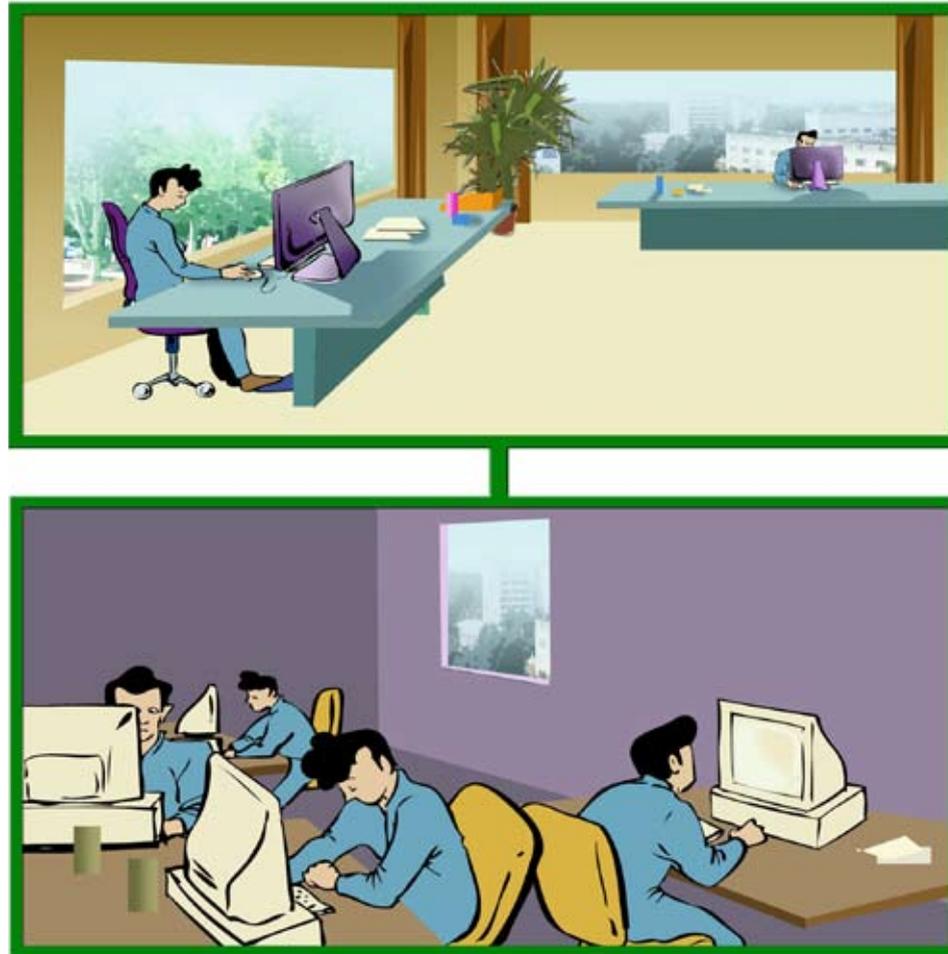


Figura 52. Espacios locales en puestos de trabajo de pantalla de visualización de datos

El ergónomo dispone de mucha documentación donde se describen las recomendaciones y normas para aplicar en el diseño de oficinas. A modo de ejemplo, podemos mencionar la Nota Técnica de Prevención 242 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo donde se describen como deben ser las dimensiones del puesto de trabajo, la disposición de la iluminación, el ambiente sonoro y térmico para que el trabajador realice tu tarea con todas las garantías ergonómicas.

6.2.2.2. Diseño de las posturas

Las posturas que un trabajador adopta mientras trabaja tienen un efecto muy importante sobre su salud física y, muchas veces también, sobre su salud mental debido al efecto que la fatiga física puede tener sobre el estrés laboral. Por esta razón, un trabajo que ha sido tradicionalmente asignado a los ergónomos ha sido el de proponer soluciones al diseño del puesto de trabajo para conseguir que el trabajador no tenga que adoptar una postura inadecuada.

Algunas veces, las posturas vienen determinadas por las propias características del trabajo como ocurre en las labores agrícolas. Sin embargo, en estos casos es cuando la Ergonomía tiene un mayor reto porque debe luchar contra

las limitaciones que le pone el ambiente. Sin embargo, muchas otras veces las posturas dependen del diseño de las máquinas y del mobiliario del espacio donde el trabajador realiza su tarea.

El diseño de las posturas de trabajo es un aspecto que hace referencia, en primer lugar, a como están diseñadas las máquinas. Algunas veces, si un trabajador tiene que mantener una postura no recomendable desde el punto de vista ergonómico cuando trabaja con una máquina, la solución es rediseñar la máquina en la medida en que eso sea posible. En el ejemplo que podemos ver del conductor en la Figura 53, el diseño de su cabina es lo que va a determinar su postura.



Figura 53. Ejemplos de posturas que un trabajador debe adoptar en su trabajo

Otras veces, como en el caso del trabajo de oficina, las posturas vienen determinadas por el mobiliario. Por esta razón, en la Ergonomía ocupa un papel muy importante el diseño de muebles. Como también se menciona en la Nota Técnica de Prevención 242, se conoce como deben ser las dimensiones de mesas, sillas y otros muebles de oficina para que el trabajador no sufra problemas por posturas inadecuadas. Por poner un solo ejemplo, sabemos que la dimensión de la superficie de una mesa debe permitir que el trabajador pueda alcanzar todos los objetos sin adoptar posturas incómodas.

6.2.2.3. Señalética

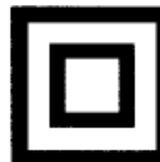
Un aspecto del diseño de ambiente que tiene una importancia capital, sobre todo cuando se diseñan planes de evacuación, es el de la señalética. Entre todos los artefactos que han sido creados por el ser humano a lo largo de la historia destaca uno que es tan común en nuestra vida diaria que no nos damos cuenta muchas veces de su importancia. Nos estamos refiriendo a las señales de todo tipo que nos encontramos en los edificios, las carreteras o los lugares de trabajo. Estas señales son objetos en los que a través de la forma, el color y el lenguaje escrito se nos quiere informar de algo y muchas veces prevenirnos contra algún posible evento que pueda ocurrir (ver Figura 54).



Señal de peligro en juguetes



Resistencia al fuego en los muebles



Aislamiento doble de equipos eléctricos



Objeto Reciclable



Químico corrosivo



Símbolo general de peligro

Figura 54. Algunas señales de peligro



Los objetivos del ergónomo al intervenir en el diseño de señales es que éstas sean útiles para la tarea para la cual están creadas, es decir, para transmitir de una forma clara un mensaje a una persona que lo necesita en un momento adecuado. Para ello nos basamos en la ingente investigación que se lleva a cabo sobre tipos de señales que nos avisan de un peligro y de las variables que afectan a su efectividad. Sería imposible aquí hacer una revisión completa de los resultados encontrados en esta investigación y, por ello, vamos a mencionar sólo algunas variables importantes que debemos tener en cuenta.

Para poder comprender los efectos de estas variables utilizaremos un esquema propuesto por los ergónomos Rogers, Lamson y Rouseau. En este esquema se tiene en cuenta, en primer lugar, los procesos psicológicos implicados en el procesamiento de las señales y, en segundo lugar, si las variables pertenecen a las características individuales de las personas o a las características de las señales.

Aunque el procesamiento no es totalmente serial, en la realidad, a efectos de poder hacer su análisis podemos considerar que una persona debe, en primer lugar, percibir la señal. Pero además de percibirla debe codificarla. Es decir, la señal debe ser transformada en una representación interna leyendo el texto de la señal, reconociendo la información pictórica y decodificando los símbolos y los dibujos. Esta codificación debe llevar a la comprensión del mensaje de peligro que la señal quiere transmitir. Finalmente, la persona debe comportarse de acuerdo al riesgo que la señal indica y no olvidarlo.

La figura 55 indica que las variables personales y las de las señales, que pueden tener efectos en el procesamiento de éstas, no son equivalentes en cada uno de los procesos. Sin embargo, eso es debido, no a la importancia de esas variables sino al hecho de que unas han sido investigadas más que otras.

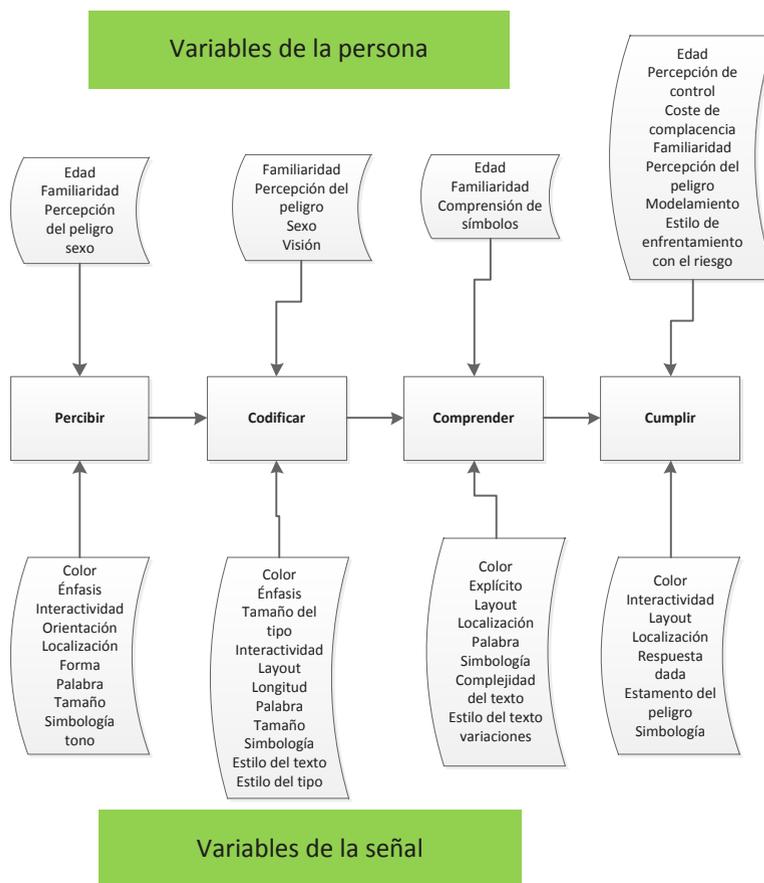
En cuanto a las variables de persona, la familiaridad que una persona tiene con la señal parece afectar a la percepción, la codificación y la comprensión de ésta. De esta manera, por ejemplo, los resultados muestran que mientras más veces son expuestas las personas a la situación donde se encuentra la señal, mayor es la probabilidad de que noten su presencia. También las señales que son percibidas como más peligrosas son reconocidas y codificadas con mayor probabilidad. La influencia del sexo en la probabilidad de percibir las señales no está clara. Algunos estudios muestran que las mujeres las perciben con más probabilidad que los hombres. Sin embargo, también se han encontrado los resultados contrarios. Con respecto a los efectos de la edad, la investigación indica claramente que los jóvenes y los mayores difieren en su probabilidad para percibir una señal. Sin embargo, la magnitud y la dirección de esas diferencias dependen mucho de otros factores, de tal manera que no se puede decir que exista un patrón único.

Todas las variables que han demostrado su efecto en la percepción de la señal parecen tener también un efecto en su codificación. Sin embargo, en este caso también hay que añadir variables, como el color, la forma y el lugar en que está colocada, que han mostrado ser importantes. Sin embargo, la investigación ha mostrado de forma clara solamente que esas variables tienen un efecto en la codificación pero no existe un patrón claro de resultados que permita establecer guías de diseño. Por ejemplo, con respecto al tamaño de la señal existen datos contradictorios.

La comprensión de las señales se ve afectada fundamentalmente por el grado en que el símbolo tiene significado para la población. En este sentido, se ha encontrado que este efecto se ve modulado por la edad de las personas. De esta manera, hay símbolos que tienen significado para ciertos sectores de la población con determinadas edades. La razón de este efecto modulador hay que buscarla en la mayor familiaridad que las personas de una determinada edad tienen con ciertos símbolos. Sin embargo, quedan por investigar otras variables, como el nivel educativo, la capacidad de la Memoria de Trabajo o los esquemas relacionados con ciertos productos, que aunque han sido señaladas como importantes para la comprensión, aún no se han investigado a fondo para determinar sus efectos. Con respecto a las variables ligadas a la señal, se ha encontrado que éstas son mejor comprendidas si el texto es explícito, su complejidad es minimizada y el contenido de la señal es variable. Sin embargo, falta por investigar la interacción de estas variables con otras como el color.

Finalmente, con respecto al cumplimiento de las acciones indicadas por las señales, las investigaciones han demostrado que aunque éstas se codifiquen y se comprendan, no siempre se cumple lo que se indica en ellas. En este sentido, las variables que son más importantes para el cumplimiento son la percepción que el individuo tiene sobre el control que ejerce en el proceso, el análisis que hace sobre los costes y los beneficios de cumplir las indicaciones y los estilos de conducta de riesgo. Con respecto a las variables de la señal, existen pocos datos claros. Por ejemplo, se sabe que el color puede tener influencia pero no se sabe bien cuál es el color que pueda llevar a un mejor cumplimiento.

Figura 55. Representación gráfica de las variables investigadas en la literatura sobre Señales de Peligro.





En cualquier caso, lo que este esquema indica es que hay muchas variables que pueden tener una gran influencia en como en un momento determinado una persona usa una señal para afrontar una situación de peligro. Por eso, desde el punto de vista de la Ergonomía, el diseño de señales se considera de capital importancia para conseguir un nivel óptimo de seguridad operacional. En el diseño de los planes de evacuación, la señalética debe ser esencial.

6.3. Intervención en el diseño de los procesos, actividades y operaciones

Los factores organizacionales suelen ser considerados como algo ajeno al diseño de las máquinas. Sin embargo, esta es una idea errónea que los ergónomos constantemente combatimos. Una máquina es usada por un operario que está sometido a un sistema organizacional determinado que influye decisivamente en como realiza su trabajo y, por tanto, en cómo interactúa con la máquina. Veamos como ejemplo de esta influencia dos de los factores organizacionales que más influyen en última instancia en una mala interacción Persona-Máquina y, por tanto, en la probabilidad de los accidentes.

6.3.1. Planificación de los objetivos

Los objetivos tienen que hacer coincidir los intereses de la organización sin comprometer la seguridad. Una forma de cómo se puede comprometer la seguridad es aumentando la demanda de recursos. Como hemos visto al hablar de carga de trabajo, si aumentamos la demanda de recursos haciendo que sean mayores que los recursos disponibles, podemos comprometer la seguridad.

Podemos tener un ejemplo en una empresa que aumente los objetivos para aumentar la productividad de una cadena de montaje sin considerar que está, al mismo tiempo, aumentando la demanda de recursos y está poniendo en peligro al trabajador. En esta situación, el trabajo del ergónomo será el de calcular cuál es el aumento de recursos “admisibles” para que no se comprometa la seguridad.

Otro ejemplo lo podemos encontrar en el sector de la sanidad cuando los gerentes de un hospital pretenden aumentar el número de pacientes atendidos sin aumentar el personal sanitario. En esta situación estamos comprometiendo la seguridad del personal sanitario, pero, además, estamos comprometiendo la seguridad de los pacientes. No es posible pedir que un médico, ATS o auxiliar esté trabajando a un ritmo superior al que sería conveniente según los recursos de que dispone. Todo eso sin considerar la satisfacción del personal sanitario y de los pacientes.

Por esta razón, la colaboración de los ergónomos en la planificación de los objetivos se considera tan importante en la industria de muchos países. Es evidente que si los ergónomos tenemos conocimientos y herramientas para evaluar

la carga de trabajo podremos contribuir a que los objetivos estén en consonancia con el mantenimiento de esta carga dentro de los límites en los que no se comprometa la seguridad operacional.

6.3.2. Establecimiento de protocolos

En muchos sistemas de trabajo existen protocolos de actuación que deben seguir los trabajadores al realizar sus tareas. Estos protocolos tienen dos objetivos: (1) Reducir el estrés en la tarea de toma de decisiones; y (2) evitar que se olvide algo. Con respecto al primer objetivo, podemos decir que en muchos trabajos el proceso de toma de decisiones es tan complejo que supone una fuente continua de estrés el tener que estar tomando decisiones complicadas bajo presión temporal y con poca información. Por esta razón se elaboran protocolos basados en la experiencia de los trabajadores en situaciones pasadas y en los juicios de los expertos que reducen la complejidad del proceso de toma de decisiones reduciendo el estrés y la posibilidad de cometer errores.

Pero además de la reducción del estrés, los protocolos reducen también la probabilidad de que se nos olvide hacer algo. Cuando hemos hablado antes de memoria lo hemos hecho para referirnos a la **memoria retrospectiva**, que es la que se encarga de almacenar la información sobre el pasado. La **memoria prospectiva**, por el contrario, es la que almacena nuestras intenciones para actuar. Sabemos por la investigación en memoria que la llamada memoria prospectiva es muy mala. Ocurren muchas equivocaciones durante la planificación de las intenciones para actuar. Sabemos que hay un intervalo de tiempo entre la formulación de una intención y el momento planeado para su ejecución y durante este tiempo la intención debe ser mantenida en la memoria prospectiva. Los ergónomos hemos estimado que los fallos de la memoria prospectiva, es decir el fallo en recordar que hay que llevar a cabo en su momento y lugar apropiados las acciones planificadas, son una de las causas más comunes de los errores humanos. Un ejemplo de un accidente aéreo nos puede servir para ilustrar este tipo de error.

En 1991, un controlador aéreo del aeropuerto de Los Ángeles dio permiso a un avión para que se colocase en posición y esperase en la pista de aterrizaje 24. Pretendía dejarle despegar tan pronto como fuese capaz de hacer que otro avión cruzase la pista por el otro extremo. Mientras tanto, el controlador estaba demasiado ocupado controlando a muchos aviones y manteniendo conversaciones por radio frecuentemente. Pero varios hechos inadvertidos ocurrieron. La visibilidad era pobre debido a la niebla del crepúsculo y estaban encendidas muchas luces intensas que se veían desde varios puntos. Olvidando que no le había dado permiso para despegar, autorizó a otro avión para que aterrizase en la misma pista 24. Cuando esto ocurrió se produjo un choque que provocó la muerte de pasajeros y tripulación de los aviones.

Por tanto, si proporcionamos a un trabajador un protocolo con los pasos que tiene que seguir, podremos estar evitando que se olvide de algo que tiene que hacer y reducimos la probabilidad de accidentes. Esto unido a la reducción



del estrés ha hecho que hoy nos encontremos con muchos protocolos en casi todos los sistemas de trabajo en los que intervenimos los ergónomos.

Debemos resaltar que, pese a la opinión contraria de muchas personas, los ergónomos somos defensores del rol tan importante que juegan los protocolos. Aunque es verdad que algunas veces son demasiado estrictos y no dejan libertad para afrontar situaciones inesperadas (en principio, actúan contra la resiliencia del sistema), debemos considerar que están diseñados con criterios estadísticos. Un protocolo que funciona el 80 por ciento de las veces es un buen protocolo porque evita el 80 por ciento de los accidentes, aunque falle en un 20 por ciento de ellos. Quizás habría que saltárselo ese 20 por ciento de veces en las que es evidente que falla. Sin embargo, hay que tener mucha precaución al decir esto porque de ninguna manera debemos dejar la puerta abierta a que se salten cada vez que se quiera. Para saltárselos deberíamos tener criterios fiables para saber cuando sí y cuando no. Si no los tenemos, entonces sí que estamos reduciendo la resiliencia del sistema porque aumentamos la variabilidad y la impredecibilidad de la conducta humana. Pero desgraciadamente, no existen esos criterios fiables y, en cualquier caso, la intuición humana es muy propensa al error. Por todo ello, los ergónomos defendemos que los protocolos deben seguirse y lo que se debe de hacer es cuidar el diseño del protocolo para que sea el mejor posible. Cuando se detecte que falla, se rediseña el protocolo y se vuelve a implantar.

6.3.3. Planes de aprendizaje y entrenamiento

Podemos decir que una diferencia fundamental entre los componentes del sistema de trabajo, la persona, la máquina, el ambiente y los ambientes, la organización y los organismos reguladores es la forma en la que cada uno de ellos se diseñan y se modifican. Las máquinas, los ambientes, las organizaciones y los organismos reguladores son diseñados y rediseñados por las personas, mientras que los seres humanos cambian mediante un proceso que llamamos aprendizaje.

El tema del aprendizaje es tan importante para la Ergonomía que no puede faltar en cualquier intento de intervención en el diseño del sistema de trabajo. Sin embargo, debemos distinguir entre tres aspectos diferenciados que podemos encontrar en el tema del aprendizaje en Ergonomía. En primer lugar, debemos de considerar que las personas necesitan tener ciertas habilidades para poder actuar dentro de un sistema de trabajo. Aunque, muchas veces, estas habilidades han sido evaluadas durante la selección de personal que es llevada a cabo por el departamento de Recursos Humanos, los sistemas de trabajo modernos obligan a un continuo re-aprendizaje de nuevas habilidades. Para generaciones de españoles que comenzaron a trabajar antes de la aparición de los ordenadores, una habilidad completamente necesaria para conseguir un trabajo de oficina era la mecanografía. Estos españoles invirtieron horas y horas en conseguir un número elevado de pulsaciones por minuto yendo a academias de mecanografía. Sin embargo, cuando aparecen los ordenadores

se vieron obligados a aprender otras habilidades y el número de pulsaciones por minuto dejó de ser importante. Ejemplos como éste son cada día más comunes en una industria como la actual donde hay un continuo reemplazamiento de unas tecnologías con otras.

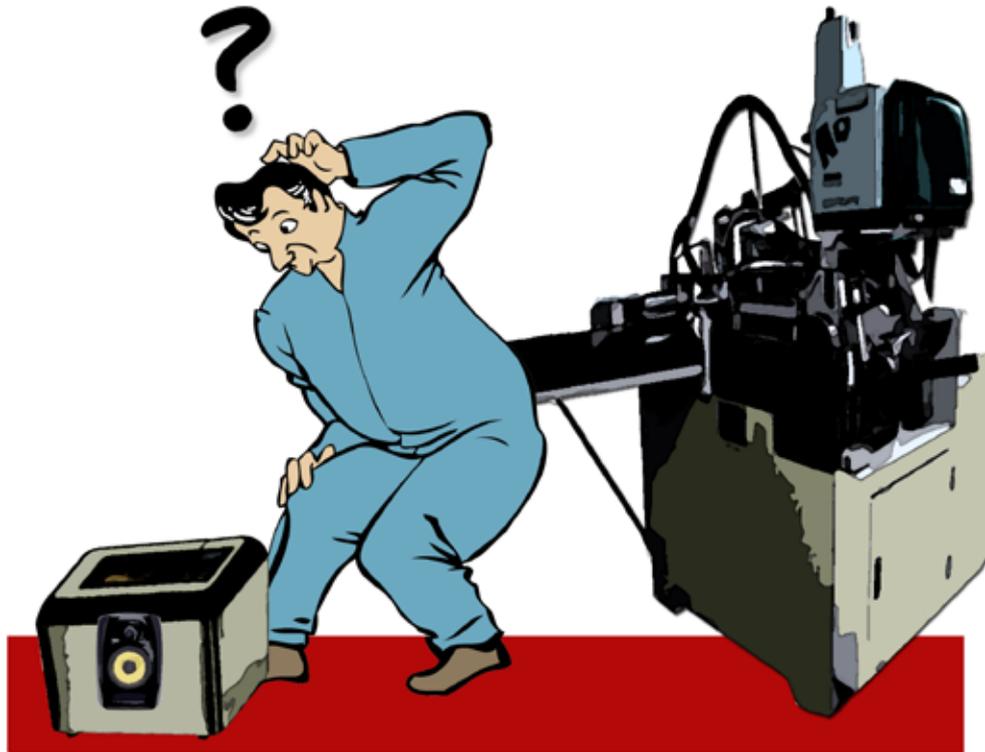


Figura 56. Aprendizaje de nuevas tecnologías

En segundo lugar, muchas veces lo que una persona debe aprender es a afrontar una determinada situación de una forma apropiada en lugar de una habilidad. Por ejemplo, muchas veces se colocan a los trabajadores en situaciones donde no tienen las herramientas apropiadas para afrontar los cambios inesperados en las situaciones o para gestionar su tiempo de una manera óptima.

En tercer lugar, todo nuevo artefacto que se diseña implica que sus usuarios deben aprender a interactuar con él. Esto que ha sido siempre verdad, se ha convertido en un tema crucial en la industria moderna debido a dos factores.



Por una parte, los nuevos artefactos son cada vez más complejos y necesitan el desarrollo de unas habilidades cognitivas más complejas. Por otra parte, el desarrollo tecnológico es tan rápido que nadie puede esperar aprender a interactuar con un artefacto y seguir usándolo por mucho tiempo (Figura 56). Por ejemplo, hace 20 años estábamos escribiendo con máquinas de escribir y ahora lo hacemos con ordenadores y programas de edición de texto que han cambiado en estos años de una forma radical. Por ello, la aproximación de los ergónomos al tema del aprendizaje ha consistido en el estudio de la adquisición del modelo mental del artefacto, que ya hemos mencionado en un apartado anterior y que volveremos a tratar más adelante.

6.3.3.1. Entrenamiento en habilidades

Un ser humano nace con unas grandes potencialidades para desarrollar las más diversas habilidades físicas y mentales. Sin embargo, ese desarrollo necesita de un aprendizaje que, en la mayoría de los casos, precisa de años de entrenamiento y de mucho esfuerzo. Por esta razón, los ergónomos se han preocupado siempre por encontrar formas de facilitar ese aprendizaje para hacerlo más efectivo en términos de tiempo y esfuerzo.

En este empeño, se han basado en la investigación llevada a cabo durante muchos años por científicos del aprendizaje quienes han descubierto importantes regularidades en cómo los seres humanos aprendemos. Por ejemplo, ahora sabemos que aunque la cantidad de aprendizaje depende de la cantidad de práctica, la relación entre ambas sigue una función como la que podemos ver en la Figura 57. Esta función, que se conoce como “Ley de la Práctica” o “Ley de la Potencia”, indica que el aprendizaje es más rápido al comienzo de la práctica pero, llegado un momento, más práctica no significa más aprendizaje. Por lo tanto, no tiene sentido diseñar programas de aprendizaje excesivamente largos si con programas más cortos se consigue el máximo de aprendizaje posible. En consecuencia, el trabajo de los ergónomos consiste en calcular exactamente cuando se llega a este máximo y no se desperdician recursos personales y económicos alargando innecesariamente los cursos de aprendizaje.

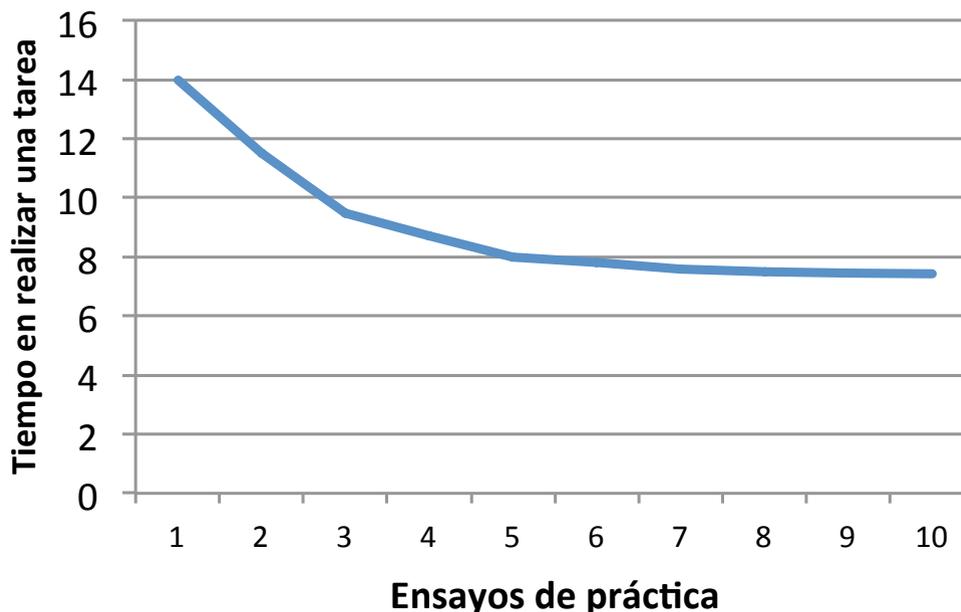


Figura 57. Ley de la práctica

Finalmente, la insistencia en el papel de los modelos mentales de los usuarios tiene una relevancia importante en el aprendizaje de la interacción con los artefactos, como ya hemos mencionado y como describiremos más adelante. Pero ahora queremos resaltar que el aprendizaje no sólo da lugar a un cambio en la conducta sino que también produce un cambio en las estructuras representacionales internas. El aprendizaje supone una modificación en estos modelos mentales en nuestra memoria. Esta modificación puede ser de tres tipos: (1) un cambio en el modelo mental que ocurre por la acumulación gradual de información; (2) un cambio que refleja un refinamiento en la estructura interna del modelo mental para mejorar su aplicabilidad y su eficacia para dirigir la conducta del organismo; y (3) finalmente la creación de nuevos modelos mentales a partir de los existentes mediante mecanismos de abstracción y generalización.

Los planes de formación deberían de tener en cuenta estos tres tipos de cambios en la representación mental que se dan con el aprendizaje. Antes de hacer un plan de formación deberíamos preguntarnos por el tipo de cambio que queremos. Si queremos que el trabajador adquiera un nuevo modelo mental tendremos que pensar en un tipo de método pedagógico diferente que si quisiésemos que se refine el modelo mental existente.

6.3.3.2. Entrenamiento en Estrategias

La pericia tiene un coste. Muchas veces nos vemos sorprendidos cuando una persona considerada, según muchos criterios, como un experto y con muchos años de experiencia realizando una tarea, comete un error inexplicable. Esta situación es más normal de lo que se cree en muchos accidentes y sus consecuencias son tan importantes que los investigadores se han interesado por encontrar una explicación que pueda llevar a su predicción y evitación.

Una revisión de la literatura muestra que este fenómeno, que ha sido llamado “inflexibilidad cognitiva”, “error del experto” o “error de tercer tipo”, ha sido explicado como debido a un efecto secundario de la automatización de la conducta. Los ergónomos sabemos que cuando las condiciones donde la tarea se realiza se mantienen constantes, la automatización reduce la carga de trabajo mental porque se necesitan menos recursos atencionales. Sin embargo, esta automatización tiene su coste: cuando las condiciones de la tarea cambian es necesario que la persona sea consciente de los cambios y adapte su conducta a ellas. Si no se adapta, nos encontramos con el fenómeno de la inflexibilidad cognitiva. Imaginemos, por ejemplo, que llevamos 10 años conduciendo desde nuestra casa al trabajo por la misma ruta en nuestra ciudad. Pero un día el concejal de tráfico decide cambiar la dirección de una calle. ¿Cuál será la probabilidad de que veamos la señal de “Prohibido el Paso”? Evidentemente, esa probabilidad será menor de que la vea, que una persona que acaba de llegar a la ciudad. Por esta razón se le llama el error del experto: son los expertos los que dejan de mirar a la señal y tienen mayor probabilidad de cometer el error.

Aplicada esta idea, nos daremos cuenta de que cuando las condiciones de la tarea permanecen constantes durante el entrenamiento (por ejemplo, durante un curso en la empresa), la posibilidad de repetir la misma conducta es mayor y(,) por tanto, asumiendo una cantidad de entrenamiento determinado, la automatización de la estrategia y la pérdida de control consciente es más probable lo que conduce a la inflexibilidad cognitiva. Por el contrario, cuando durante el entrenamiento las condiciones de la tarea cambian, la persona tendrá menos posibilidades para practicar su estrategia. La incertidumbre sobre el ambiente le llevará a modificar su estrategia constantemente y no le permitirá que ignore las condiciones de la situación y cualquier cambio que se produzca en él. En otras palabras, será más difícil automatizar y consolidar la estrategia. Sin embargo, cuando los cambios ocurran en el futuro, la persona será más flexible cognitivamente y se ajustará a ellos mejor.

Siguiendo con el ejemplo de las señales de tráfico y de las direcciones de las calles, podemos imaginar que se anunciase que el nuevo concejal de tráfico que ha salido en las últimas elecciones tiene la costumbre de levantarse por las mañanas y cambiar las direcciones sin previo aviso. No cabe duda de que nos convertimos en “flexibles” y estaríamos muy pendientes de las señales de tráfico para no meternos por dirección prohibida. Por ello, en la intervención de los ergónomos en los programas de entrenamiento se insiste en entrenar en “aquellas cosas raras y poco probables”. Es necesario que se aprenda a que pueden ocurrir para no convertirse en inflexibles cognitivamente y dejar de atender a las claves de que algo nuevo está ocurriendo. En otras palabras, el ergónomo interviene para aumentar la resiliencia del sistema a través del entrenamiento en lo improbable.

6.3.3.3. Aprendizaje del modelo mental de la máquina

Como ya mencionamos al hablar del concepto de complejidad, para la Ergonomía un principio fundamental que el diseñador de un sistema debe tener en cuenta a la hora de construirlo es el modelo mental que tiene la persona (al que se le suele llamar **usuario**) que interactúa con él. Este principio ha sido muy bien recogido en el concepto conocido como **“Diseño Centrado en el Usuario”** que significa, básicamente, que el diseño debe hacerse pensando en la persona desde el principio y no en la máquina. No se debe diseñar una máquina y después pensar en cómo se puede adaptar la persona a ella. Debe ser todo lo contrario. Por tanto, partiendo de este concepto se ha propuesto la necesidad de construir la interfaz de tal forma que el usuario pueda formarse fácilmente un modelo mental adecuado del sistema. Aunque también entra dentro del significado de este concepto el que la evaluación del modelo mental del usuario se haga en la fase de análisis funcional del sistema, de lo que deberá ser, para incorporarla en el desarrollo de la misma. En ambos casos el diseñador tiene en cuenta el modelo mental del usuario, aunque las situaciones son marcadamente diferentes. En el primer caso, se asume que el usuario debe formarse el modelo mental del nuevo sistema a partir de la interfaz, mientras que en el segundo se pretende que el modelo mental previo del usuario sea suficiente para trabajar con el nuevo sistema.

Estas dos aproximaciones al diseño de sistemas basados en el modelo mental están relacionadas con la forma en la que el usuario interactúa con los artefactos. Durante la interacción, el usuario utiliza dos tipos de conocimiento: el que está almacenado en su memoria (el modelo mental), y el que le proporciona la interfaz. El ergónomo americano D.A. Norman ha denominado a ambos tipos de conocimiento como “conocimiento en la cabeza” y “conocimiento en el mundo” respectivamente. El “conocimiento en la cabeza” es el modelo mental y es muy eficiente, pero requiere de cierto aprendizaje y de procesos cognitivos de búsqueda y recuerdo. Por su parte, “conocimiento en el mundo” no requiere necesariamente un aprendizaje previo, pero no es eficiente si el usuario debe interpretar una cantidad extensa de información.

Esta distinción entre conocimiento en la cabeza y conocimiento en el mundo nos lleva a reconocer que, aunque el modelo mental determina la forma en la que el usuario interactúa con un sistema, no siempre es necesario poseer un buen modelo mental para que la interacción sea fructífera. Esto será así, especialmente, en aquellas tareas en las que esencialmente se requiera manejar información que esté presente en la interfaz. La información que proporciona la interfaz también puede guiar al usuario a la hora de trabajar con la máquina. La forma en que se presente esta información será determinante para que el usuario realice la tarea con éxito sin necesidad del modelo mental. De hecho, si la interfaz proporciona de forma adecuada la información sobre cómo llevar a cabo una tarea, el usuario puede trabajar sobre ella sin necesidad de poseer un modelo mental adecuado de sistema. Así, se ha encontrado útil adaptar la organización de la información en las interfaces partiendo de los conocimientos sobre la percepción humana, para conseguir que el modelo de estructura y funcionamiento del sistema sea fácilmente accesible al usuario.

Por tanto, para adecuar la interfaz al usuario, el diseñador puede trabajar a partir de las dos aproximaciones anteriores: evaluando el modelo mental del usuario y/o trabajando sobre la información que proporcione la interfaz. La priorización de esfuerzos en uno u otro sentido es una decisión que se debe tomar evaluando el diseño en cuestión. Algunas

de las características a tener en cuenta que se han mostrado más útiles a la hora de decidirse por una opción u otra han sido la fase de diseño en que se encuentre el sistema, el tipo de tarea y el usuario al que va dirigido (ver Figura 58).

La fase de diseño en la que se encuentre el sistema determina la posibilidad de introducir cambios en el mismo de cara a su adecuación al usuario. De esta forma, si una máquina se encuentra en una fase inicial de diseño (por ejemplo, en la fase de análisis de los requisitos) es importante evaluar el modelo mental del usuario para, a partir de él, implementarlo en el diseño de la máquina. Si por el contrario la fase de diseño en la que se aborda la adecuación al usuario es muy avanzada, resulta más fácil centrarse en hacer la interfaz, puesto que este paso no conlleva necesariamente cambios tan profundos en la estructura de la máquina.

Por otro lado, siempre que la tarea en la que se quiere introducir la máquina esté muy consolidada en el sistema de trabajo, resultará útil evaluar el modelo mental del usuario antes de comenzar el diseño de la interfaz para incorporarlo a ésta. La evaluación del modelo mental proporcionará información sobre cómo el usuario lleva a cabo la tarea, lo que puede ser utilizado para adecuar la máquina a ella. En el caso opuesto de que la tarea sea novedosa resulta más adecuado centrarse en el diseño de una interfaz visible al usuario.

Por último, también puede resultar útil evaluar el tipo de usuario al que va dirigida la máquina. En el caso de que el perfil del usuario esté muy definido (por ejemplo, dependientes de un centro comercial) o se trate de expertos, resultará muy efectivo evaluar el modelo mental de los usuarios y adecuar el sistema al mismo. El hecho de que el tipo de usuario esté muy acotado posibilita que la evaluación individual del modelo mental de una muestra de los mismos sea una opción plausible y rentable. Por el contrario, esta estrategia puede resultar costosa si el tipo de personas al que va dirigido el sistema es muy general (por ejemplo, en el diseño de un teléfono móvil) o se trata de aprendices. En estos casos, puede resultar conveniente volcar los esfuerzos en organizar perceptivamente la interfaz de tal forma que su modelo de estructura y funcionamiento sea fácilmente visible al usuario.

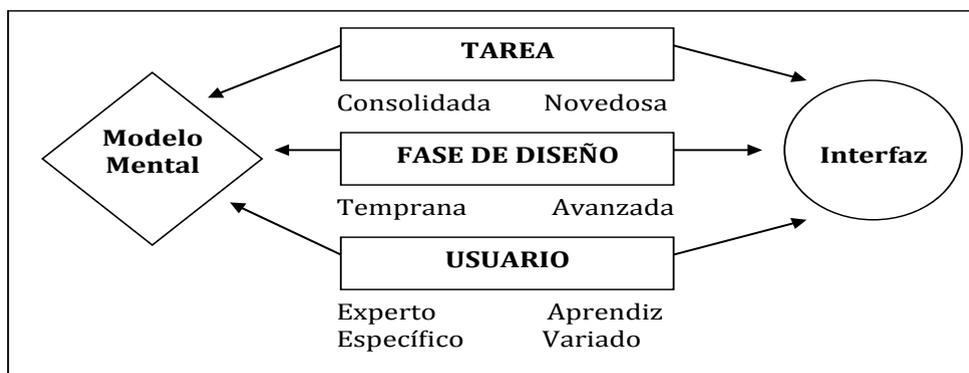


Figura 58. Modelo de intervención en el Diseño Centrado en el Usuario.

La evaluación del modelo mental del usuario permite descubrir la forma en que éste organiza el conocimiento que tiene sobre el sistema y las tareas que lleva a cabo sobre el mismo. En un contexto de diseño idóneo, estos resultados deberían representar para el diseñador el boceto preliminar desde el que construir cualquier nuevo sistema. De esta forma, el diseñador se aseguraría de que el usuario familiarizado con la anterior forma de trabajar tendrá una fácil adaptación al nuevo sistema.

Por esta razón, cabe destacar a la hora de hacer esta intervención que el modelo mental que un usuario posee acerca de un sistema depende de la forma en que organiza en su memoria el conocimiento que tiene sobre el mismo. En este sentido, la investigación ha mostrado que este conocimiento se organiza principalmente en torno a dos dimensiones de información del sistema: su estructura y su función. Cada dimensión tiene un peso específico en cada momento según la tarea que se quiera realizar. Para analizar como el conocimiento está organizado en memoria, el ergónomo utiliza uno de los métodos y técnicas que se han desarrollado en las últimas décadas y entre las que destacan las entrevistas (los llamados protocolos verbales) y los métodos indirectos de elicitación del conocimiento. Estos últimos consisten en pedirle al usuario que realice tareas para las cuales necesita utilizar el conocimiento que tiene en su memoria sobre los conceptos y términos relacionados con el sistema.

Imaginemos que un diseñador tiene que desarrollar un software para un banco. Desde el primer momento sabe que al diseñar la interfaz debe incluir en ella un conjunto de términos que denominan objetos utilizados en “las tareas bancarias”. Independientemente de que estos objetos después estén representados con iconos o con menús, o de cualquier otra forma, una cuestión importante es qué organización espacial y jerárquica tendrá en la interfaz que reflejar la representación mental que los usuarios tienen de ellos. Por tanto, será necesario que el diseñador haga algún tipo de análisis de la estructura representacional de los objetos implicados en la tarea. Aunque el diseñador podría hacer un análisis formal de las tareas que los usuarios realizan y a partir de ahí establecer las relaciones semánticas entre los objetos, es posible utilizar un procedimiento simple y eficaz que consiste en aplicar las técnicas indirectas de elicitación del conocimiento.

Pensemos, por ejemplo que se aplica una de estas técnicas, los juicios de relación. Con esta técnica, un grupo de empleados asigna un valor numérico a pares de conceptos comunes de su tarea. El valor debe asignarse en función de la relación que los empleados crean que existe en los conceptos del par. Los datos proporcionados por esta técnica pueden ser sometidos a un análisis posterior mediante métodos estadísticos que proporcionan una información detallada de cómo el usuario organiza el conocimiento sobre la tarea en su memoria (su modelo mental de la tarea), que posteriormente puede ser utilizado como guía para el diseño del sistema, como por ejemplo para decidir: (1) qué estructura organizativa seguir para las diferentes secciones de un programa; (2) qué secciones deben incluir vínculos a otras; (3) determinar el contenido de menús; o (4) determinar el orden de presentación de los requerimientos para realizar una tarea.



En la Figura 59 podemos ver la representación obtenida con el procedimiento Pathfinder²⁹ en un estudio real³⁰. Este procedimiento genera una red en la que los conceptos son los nodos y los enlaces significan las relaciones entre ellos. De esta manera, si existe un enlace entre dos conceptos se interpreta que en la memoria del usuario existe una relación entre ellos. Es fácil ver que el concepto central en la red en este estudio fue “clientes”. Esto lo podemos interpretar diciendo que, cuando los usuarios piensan en realizar una tarea, el primer objeto que debe estar disponible es la base de datos de clientes (su nombre, su DNI, su número de cuenta) y después la operación que quieren realizar.

Como los resultados de este estudio demuestran, es posible utilizar los métodos de elicitación del conocimiento para obtener una estimación de la representación mental que un grupo de expertos tiene de los objetos, las personas y los conceptos implicados en la tarea para la cual se va a diseñar una interfaz de usuario. Cada una de estas técnicas aporta información diferente y complementaria sobre dicha representación mental. De esta manera, el diseñador tiene a su disposición una información muy valiosa para determinar cómo, por ejemplo, se deben diseñar los menús de tal manera que el usuario encuentre con la mayor facilidad posible un ítem que busca dentro de la categoría semántica a la que pertenece.

29 Schvaneveldt, R.W. (1990) *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

30 Los detalles de este estudio están descritos en Cañas, J.J, Antolí, A., Quesada, J.F., y Rodríguez, E.. (2000). Un ejemplo de intervención psicológica en los programas de formación: Evaluación del conocimiento adquirido en los cursos de formación. En D. González González, J.A. Amescua Membrilla y F. Peñafiel Martínez (eds.) *El psicopedagogo en la organización y gestión de programas de formación*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

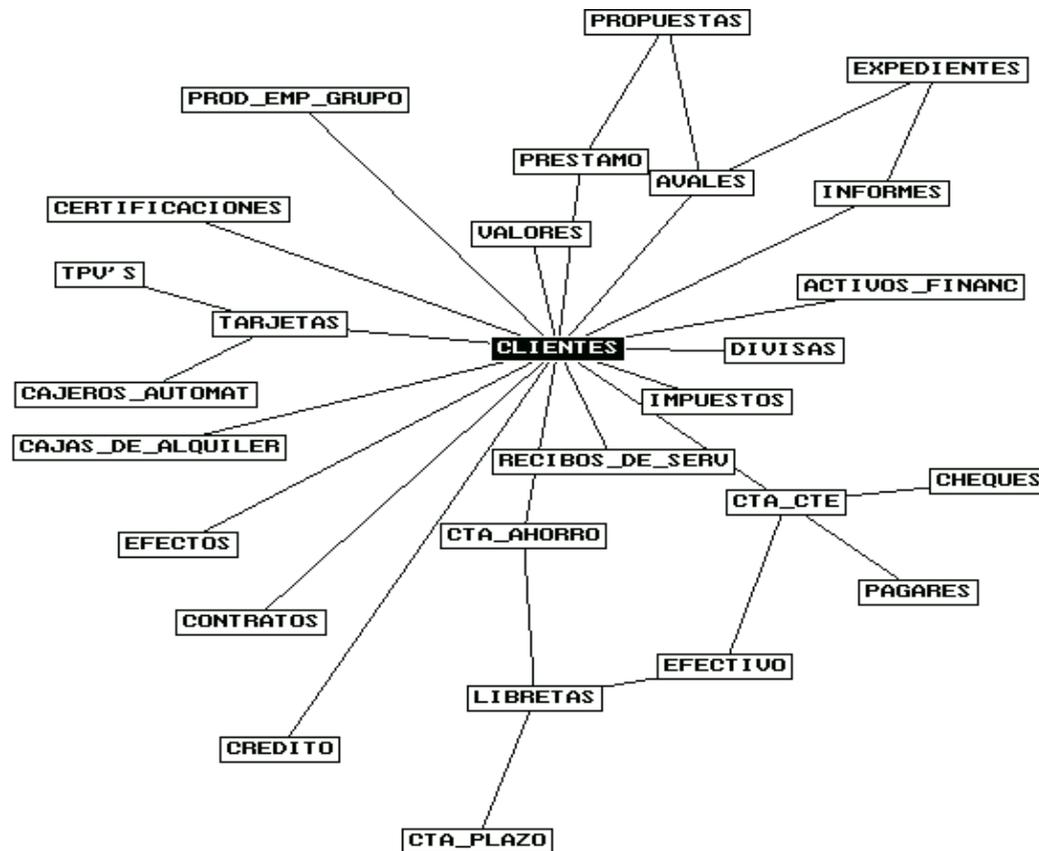


Figura 59. Red obtenida con el procedimiento Pathfinder

Si lo que el diseñador necesita es que el usuario del sistema adquiera fácilmente un buen modelo mental, debemos considerar una de las características que se considera más importante en el diseño: su visibilidad. La visibilidad del modelo del sistema se puede entender como la facilidad con la que cualquier usuario es capaz de aprender su manejo sin necesidad de haber trabajado nunca con él. En otras palabras, la visibilidad permite que el usuario elabore rápida y fácilmente un modelo mental eficiente del nuevo sistema. De esta forma, la estrategia de trabajar en pos de la accesibilidad es independiente y a su vez complementaria de la vista anteriormente: trabajar a partir del modelo mental del usuario. La



visibilidad del modelo de la máquina va a venir dada por la simplicidad, la consistencia y visibilidad del mismo. La simplicidad es lo contrario de complejidad, que ya vimos es uno de los factores más importantes a la hora de determinar los recursos demandados. Por lo tanto, la visibilidad, al reducir la complejidad reducirá también la carga de trabajo.

La consistencia en la estructura y el funcionamiento del sistema y que no varíe en sus diversas partes también facilita al usuario el aprendizaje del modelo mental del mismo. Por el contrario, un modelo inconsistente dificulta al usuario la adopción de un modelo de funcionamiento del sistema en cuestión. Un problema de esta índole se da cuando una misma acción sobre un objeto tiene diferentes consecuencias dependiendo de variables ocultas. Un ejemplo de inconsistencia lo tenemos cuando en el programa explorador de windows un usuario arrastra un documento de una carpeta a otra, éste se traslada a la carpeta de destino si ésta pertenece a la misma unidad de hardware que la anterior (por ejemplo, de c:\mis documentos\ a c:\mis imágenes\); sin embargo, si el arrastre se produce hacia una carpeta de una unidad diferente, el documento se copia en la carpeta final pero permanece en la original (por ejemplo, de c:\mis documentos\ a a:\artículo\). Esta inconsistencia dificulta el aprendizaje del modelo mental. Otros ejemplos de inconsistencia los tenemos cuando una empresa de software saca una nueva versión de un programa en la que ha cambiado las secuencia de teclas para realizar una tarea, como ha ocurrido desgraciadamente en varias ocasiones requiriendo a los usuarios a que re-aprendan el modelo mental.

El diseñador dispone de un gran número de herramientas provenientes de la psicología cognitiva para conseguir la visibilidad y la consistencia. En general la visibilidad del sistema se da cuando al observar el mismo se percibe inmediata y fácilmente el estado del sistema y las posibles alternativas de acción. El concepto fundamental a tener en cuenta cuando hablamos de la visibilidad del sistema es el de “affordance”. Como ya hemos mencionado, las affordances son las funciones de un objeto que el observador percibe directamente a partir de su imagen. Decimos que un objeto tiene affordance cuando éste no tiene que ser analizado con esfuerzo para que su función se haga manifiesta. Como ya vimos, un ejemplo de objeto con affordance lo tenemos en el icono que representa a la impresora en la interfaz de Windows. El objetivo que un diseñador debe plantearse es el de maximizar la efectividad de las affordances de los objetos de la interfaz que está diseñando. Para ello es necesario que éstas cumplan una serie de requisitos:

Forma funcional: La correspondencia entre la forma del objeto y su función (affordance) debe ser lo más transparente posible. Por ejemplo, para que un objeto presente la affordance de “ser presionado”, debe estar representado de tal forma que dé la sensación de tener volumen sobre una superficie.

Acción coherente: La acción que siga al accionamiento de un objeto debe ser coherente con su affordance para facilitar su aprendizaje y uso. Por ejemplo, un botón para acceder a un menú oculto que se identifique con una flecha señalando para abajo, deberá presentar el menú desde ese punto y hacia abajo.

Relatividad del observador: Un problema de las affordances es que no suscitan la misma función a todo tipo de población. Por ejemplo, un banco en un parque puede presentar el affordance “sentarse en él” para un anciano, y “escalarlo” para un niño pequeño. Este fenómeno puede ser utilizado por los investigadores de la Interacción Persona-

Ordenador para crear estándares de affordances homogéneos para determinados objetos. Por ejemplo, todo usuario novel de Internet aprende en sus primeros pasos que un texto de color azul y subrayado puede ser pinchado y que le conducirá a una nueva pantalla. A partir de ese momento, el texto-azul-subrayado adquiere la affordance de “hipervínculo” para esa persona. En la medida en que este tipo de estándares se extiendan por la comunidad de diseñadores, se maximizarán los beneficios de contar con affordances compartidas por toda la población.

Al mismo tiempo, la visibilidad del sistema se puede facilitar de forma independiente, tanto para la estructura, como para las funciones del sistema. Como se ha demostrado, el modelo mental de un sistema tiene dos componentes, su estructura y su función. Estos dos componentes son procesados independientemente por las estructuras de la Memoria de Trabajo.

Como ya hemos mencionado, la mayoría de las interfaces actuales están diseñadas siguiendo la metáfora del escritorio. En ella, el usuario trabaja sobre una estructura basada en carpetas (directorios), mediante la manipulación directa de documentos (archivos). Si no tenemos en cuenta que este modelo de estructura ha sido adquirido por la mayoría de los usuarios actuales se pueden generar problemas de interacción, como ocurre en el caso de Internet. Internet rompe drásticamente con la estructura de carpetas de los actuales sistemas operativos. De hecho, muchos usuarios noveles adoptan un modelo mental de Internet centrado en su ordenador y en el que la red simplemente es una extensión por contenidos (carpetas) de lo que suelen manejar en su PC. Debido a la incompatibilidad de los modelos inducidos por las metáforas, el usuario se encuentra con problemas tales como por ejemplo no saber “en qué carpeta está guardado el vídeo” que acaba de visionar directamente en su navegador.

A la hora de decidir la estructura de un menú, siempre que no se disponga de la información sobre cómo los usuarios organizan la información del sistema en su memoria, se debe optar por organizar las opciones en categorías semánticas que integren dentro de sí a los elementos más relacionados entre sí y lo menos posible con el resto. En el caso de que se trate de elementos muy conocidos por el usuario, se puede optar por una estructura convencional (por ejemplo, meses del año) o alfabética (por ejemplo, las regiones de un país).

En menús con un número elevado de opciones es necesario el uso de niveles jerárquicos, aunque esto dificulte la búsqueda, al tener el usuario que descubrir la ruta que le lleve a la opción deseada. El número de niveles jerárquicos determina la “profundidad” del menú, mientras que el número de opciones en cada nivel produce el “ancho” del mismo. Es aconsejable que ambas medidas se combinen de forma óptima teniendo en cuenta que el menú debe ser lo menos profundo posible y que el ancho del mismo se debe mover entre los 3 y 8 elementos. Por su parte, en aquellos casos en los que el número de elementos del menú sea lo suficientemente reducido los menús en forma de círculo o “pastel” son una interesante alternativa. Este tipo de menús permiten una identificación de la información más rápida que los menús en lista. Sin embargo, su mayor tamaño los hace poco viables en pantallas muy cargadas de información.

En cuanto a los objetos presentados en la interfaz, éstos deben seguir una distribución que represente la organización estructural del sistema. Así, el usuario podrá aprender fácilmente el modelo del sistema y adecuar la tarea que



quiere realizar al mismo. Para llevar a cabo este objetivo el diseñador cuenta con los principios de agrupación perceptiva, cuyo uso da como resultado el que varios elementos de la interfaz se perciban conjuntamente, que ya mencionamos anteriormente. Los siguientes factores hacen que objetos diferentes sean percibidos como parte de un mismo conjunto : (1) Que estén próximos entre sí; (2) Que compartan una característica perceptual (color, tamaño, orientación, etc.); (3) que se muevan en una misma dirección; (4) que ocurran a un mismo tiempo; (4) Que estén dentro de una misma región cerrada (como ocurría en el caso de los iconos del editor de textos Word); (5) Que estén conectados por otros elementos. Además varios elementos serán percibidos como un sólo objeto siempre que: (1) Dada su posición en la pantalla parezcan formar un continuo; (2) Formen una figura cerrada. Estos factores perceptivos implicados en los fenómenos de agrupamiento funcionan por agregación, de modo que cuantos más factores se den en una misma configuración, será más fácil que sea percibida como un conjunto. Del mismo modo, si sobre una misma configuración están afectando varios factores de forma contrapuesta, será más difícil conseguir la sensación de agrupación entre los mismos. Este hecho cobra mayor importancia cuando se trata de hacer compatible la organización perceptiva de la pantalla con el comportamiento esperable de un usuario sobre la misma. Como norma general, los factores de agrupamiento perceptivo deben ser compatibles con la forma en la que el usuario realice la tarea. Por ejemplo, si una tarea requiere del usuario que introduzca unos datos en una caja de texto y a continuación confirme la misma mediante un botón, sería necesario colocar el botón a la derecha del cuadro, ya que la dirección de la mirada al leer un texto se dirige hacia la derecha.

La visibilidad de la dimensión funcional ha tomado mayor relevancia desde la aparición de los sistemas operativos gráficos. En los sistemas textuales como MS-DOS, las funciones del sistema no estaban presentes en la interfaz, con lo que era necesario el uso de un manual para su utilización. Por el contrario, los entornos gráficos permiten acceder a las funciones directamente a través de los menús o de una barra de herramientas compuesta por elementos gráficos que representan determinadas funciones.

Las funciones de un menú deben ser etiquetadas de forma precisa. El nombre escogido debe permitir al usuario obtener una idea clara de la función de esa opción sin perder detalles ni incluir información que pueda inducir a error. En el caso de que el tipo de menú y el espacio en la interfaz lo permitan, puede resultar útil incluir descriptores junto con el nombre de la categoría.

Por su parte, los iconos de las barras de herramientas permiten un acceso directo y más rápido a la información funcional del objeto representado que su referente en palabra. Sobre todo, cuando el icono se utiliza para representar un objeto sencillo, se recomienda no presentar la palabra junto al icono, porque ésta ralentiza el acceso a la información representada y entorpece la tarea. Sólo cuando el icono representa a un objeto complejo y puede ser difícil reconocerlo, es conveniente presentar junto a él la palabra correspondiente a su significado.

Por todo lo que llevamos dicho parece que siempre es recomendable adaptar el sistema al modelo mental del usuario. Sin embargo, una cuestión a la que repetidamente se enfrentan los diseñadores con respecto a los modelos mentales es si se debe renunciar a la innovación tecnológica cuando ésta supone introducir algo que no está en el modelo

mental del usuario. Con frecuencia, para el diseñador resulta atractiva la inclusión de los distintos avances tecnológicos en los nuevos sistemas que desarrolla. Por un lado esa inclusión comporta cierto orgullo profesional como reflejo del hecho de que el diseñador esté al tanto de los últimos desarrollos tecnológicos. Por otro, esta inclusión también puede suponer un punto a su favor con respecto a los diseños de otras compañías. Pero esta innovación puede resultar perjudicial si conlleva un alejamiento del modelo mental del usuario habitual del sistema. No obstante, existen casos en los que el diseñador puede optar por innovar en un sistema a pesar de que con ello vaya en contra del modelo mental del usuario. Uno de estos casos es en los que el riesgo de la innovación puede ser menor se da cuando el público al que va dirigido el nuevo producto es una población muy motivada al cambio tecnológico (como los adolescentes usuarios de juegos de ordenador). En estos casos, el posible perjuicio derivado del cambio de modelo del sistema puede apaciguarse por la motivación que los usuarios encuentran en descubrir el funcionamiento del mismo.

Por otro lado, en ocasiones puede ocurrir que al analizar el modelo mental de los usuarios, el diseñador se encuentre con que aquellos realizan la tarea de una forma disfuncional. Por ejemplo, ejecutando secuencias de comandos que podrían ser simplificadas mediante otro procedimiento. En estos casos, el diseñador debe sopesar los beneficios producidos por el aumento en la eficacia del sistema frente a los perjuicios de diseñar un sistema en contra del modelo mental del usuario. Si finalmente se decide por la innovación y hacer el sistema más funcional, el diseñador dispone a su vez de herramientas que pueden hacer que el usuario asimile de forma más rápida y eficaz el nuevo modelo del sistema, como se vio cuando hablamos de la visibilidad del modelo del sistema. Además, para ayudar a conseguir este objetivo, tradicionalmente el método utilizado ha sido que el usuario tenga que estudiar el manual del programa. No obstante, una alternativa más efectiva que presentar un manual de texto por sí sólo, es la de proporcionar al usuario un modelo gráfico del sistema en el que se incluyan las relaciones estructurales y funcionales relevantes. Con la presentación de ese gráfico antes de pasar a explicar la estructura y funcionamiento del sistema, el aprendizaje del nuevo programa se realiza en menos tiempo y de forma más eficaz.

6.3.4. Gestión del tiempo

Un tema de enorme actualidad en el diseño los sistemas de trabajo es el de la gestión del tiempo. Por tiempo nos referimos a las 24 horas del día, los 7 días de la semana, las cuatro semanas del mes y los 365 días del año, es decir, a todo el tiempo de vida de una persona que incluye su tiempo de trabajo, su tiempo para descansar y su tiempo de ocio. Desde el punto de vista de los ergónomos, el tiempo de trabajo no puede ser visto aisladamente del tiempo extralaboral.

Desde esta visión es desde la que podemos plantearnos temas como los descansos, los turnos y los horarios flexibles. Por ejemplo, no es posible plantearse el tema de turnos sin hacer referencia a toda la problemática de la conci-



liación de la vida familiar y la vida laboral. El cuidado de los niños, por ejemplo, es determinante para establecer un plan de turnos. La empresa que olvide este hecho tan obvio estará poniendo en riesgo la seguridad operacional porque está jugando con los recursos mentales y físicos disponibles que tiene una persona.

Un ejemplo claro de cómo el tiempo debe gestionarse desde el punto de vista global de la vida de la persona lo tenemos en el caso del llamado teletrabajo. Decimos que un trabajador está en un sistema de teletrabajo cuando realiza su trabajo fuera del espacio físico de su empresa. De acuerdo a esta definición un taxista o un repartidor de butano no es un teletrabajador porque el taxi y el camión de butano son parte del espacio físico de su empresa. Los trabajadores que pueden acogerse al teletrabajo son aquellos que no tienen que estar físicamente en el proceso de producción. Sería lo que en la expresión popular castellana se dice “no estar a pie de obra”.

El teletrabajo se ha pensado como la situación ideal para muchos problemas. En primer lugar, puede ser la solución para la distribución de los recursos mentales y físicos a lo largo del tiempo. El teletrabajador puede organizar su jornada laboral y sus descansos como quiera. Puede empezar y terminar cuando quiera y hacer tantos descansos como necesite. Por lo tanto, sería la solución a muchos problemas de sobrecarga de trabajo. Pero también sería la solución a los muchos accidentes *in itinere* que son consecuencia de tener que desplazarse a grandes distancias, sobre todo en las grandes ciudades, para trabajar. Si se puede hacer el trabajo en cualquier sitio, no es necesario viajar.

Sin embargo, la experiencia de muchos trabajadores que han podido pasarse a este plan de trabajo y lo han hecho ha sido negativa. La razón para ello hay que encontrarla en la capacidad que tiene el trabajador en cuestión para gestionar su tiempo y para separar la vida laboral de la vida familiar. Sobre el primer aspecto, hay que conseguir que no se llegue a uno de los polos opuesto, que sería no dejar de trabajar nunca o no trabajar nunca. En este sentido, la intervención del ergónomo es la de entrenar al trabajador en las técnicas de gestión del tiempo y en reglas básicas y simples para que él o ella se pongan su jornada laboral de forma racional. Algunas de estas reglas simples pueden parecer hasta ridículas pero no lo son. Por ejemplo, enseñamos a los trabajadores a que se vistan para ponerse a trabajar y no lo hagan en pijama. Es necesario que exista una conciencia de que ha llegado el momento de trabajar y ha terminado el descanso. También es conveniente que la mesa de trabajo con el ordenador, la impresora, etc., estén en una habitación diferente a la sala de estar. Nos es posible que mientras que el trabajador está viendo la televisión esté mirando el montón de papeles que hay en la mesa sin resolver. Si no hace así, la ventaja de reducción de carga se convierte en justo lo contrario.

Sobre el segundo aspecto, el de la conciliación de la vida laboral y familiar, hay que reconocer que los ergónomos tenemos más dificultades para intervenir porque en este caso hay que implicar a toda la familia. Es necesario que cuando los demás miembros de la familia vean que el trabajador está trabajando no se le puede molestar con cuestiones que pertenecen a la vida familiar y social. Sería, por poner un ejemplo ilustrativo, algo así como que los demás miembros de la familia vean un cartel que diga “Aunque me veas aquí, no estoy aquí”. Sin embargo es evidente que esto es muy difícil y que en la mayoría de los casos es motivo de conflictos familiares y, por tanto, estrés. ¿Cómo se le explica a un niño de 4 años que papá o mamá está trabajando y no puede atenderlo?

En cualquier caso, este ejemplo del teletrabajo refleja la complejidad y la importancia de esta área de intervención de la Ergonomía actual. También refleja la amplitud de temas que el ergónomo tiene que abordar para intervenir en la seguridad operacional de los sistemas de trabajo.





7

Conclusión

ergonomía

en los sistemas de trabajo



Después leer este documento podemos pensar que la Ergonomía es una disciplina que aborda multitud de problemas que, en principio, no tienen relación entre sí. Sin embargo, si esta fuese la idea que el lector saca yo habría fracasado en los objetivos que expuse en el prólogo.

Es verdad que la Ergonomía aborda una problemática muy extensa que va desde los aspectos anatómicos y fisiológicos, pasando por los aspectos psicológicos hasta llegar a los sociales y organizacionales, siempre en estrecha relación con temas propios de otras disciplinas como las ingenierías. Sin embargo, todos estos problemas tienen un punto en común: todos tienen que ver con la seguridad operacional en los sistemas de trabajo. Lo que nos preocupa a los ergónomos es la seguridad de las personas, dentro y fuera de sistema de trabajo. Nuestra actividad está encaminada a que no haya accidentes y las personas trabajen en unas condiciones de seguridad y bienestar óptimos. Para ello tenemos que abordar los múltiples aspectos que la seguridad operacional tiene con herramientas muy diversas. Sin embargo, a lo largo de un siglo de ejercicio profesional hemos elaborado un cuerpo de conocimientos que nos permite abordar los problemas con bastantes garantías de éxito.

El concepto de carga de trabajo aglutina casi todos los aspectos que a la Ergonomía le interesa para abordar la intervención en el sistema de trabajo con objeto de conseguir la seguridad operacional. Una evaluación de los recursos que una tarea demanda y que dependen de factores como la complejidad y el diseño del ambiente donde esa tarea se lleva a cabo, así como de los recursos disponibles que el trabajador tiene, permite intervenir para que la carga de trabajo sea la óptima y no se ponga en peligro la seguridad operacional.

Los ergónomos nos quejamos (sobre todo los jóvenes que empiezan su carrera profesional) porque tenemos que adquirir una formación multidisciplinar básica amplia para poder abordar todos estos problemas. Sin embargo, el que tengamos que aprender de otras disciplinas no significa que tengamos que convertirnos en expertos en esas disciplinas. No es necesario que nos convirtamos en médicos, ingenieros de varios tipos, pilotos, controladores de centrales eléctricas, camioneros, etc. Lo que significa es que tenemos que aprender lo suficiente para comunicarnos con todos esos profesionales y podamos comprender sus tareas. En nuestra profesión es una regla de oro que “no podemos hablar de lo que no conocemos”.

En realidad, esta exigencia para que aprendamos cosas nuevas es también un aliciente para nosotros. Muchos ergónomos pensamos que es una suerte poder aprender algo nuevo todos los días y poder aportar algo para que la vida de las personas sea más segura, sana y placentera.

Granada, Noviembre de 2011

ergonomía

en los sistemas de trabajo



Bibliografía

Voy a permitirme ahora recomendar una serie de libros para que la persona que haya encontrado interesante el trabajo de la Ergonomía pueda empezar a adentrarse en él. Esta lista no es exhaustiva e incluye sólo algunos libros en castellano, pero que pueden ser, en mi opinión, un buen comienzo. Los ordeno por orden alfabético de los autores y no por su importancia.

Amalberti, R. (2009). *La acción humana en los sistemas de alto riesgo*. Madrid: Modus Laborandi.

Cañas, J.J. (2004). *Personas y máquinas*. Madrid: Editorial Pirámide.

Dejours, C. (2009). *Trabajo y sufrimiento: cuando la injusticia se hace banal*. Madrid: Modus Laborandi.

Dörner, D. (2009). *La lógica del fracaso: las decisiones en las situaciones complejas*. Madrid: Modus Laborandi.

Falzon, P. (2009). *Manual de Ergonomía*. Madrid: Modus Laborandi

Hollnagel, E., Woods, D.D. y Leveson, N.. (2010).
Ingeniería de la Resiliencia: conceptos y preceptos. Editorial Modus Laborandi

Norman, D. A. (1988). *La psicología de los objetos cotidianos*. Madrid: Editorial Nerea.

Noulin, M. (2010). *Ergonomía. La guía de la Sorbona*. Madrid: Modus Laborandi.

Reason, J. *La gestión de los grandes riesgos: principios humanos y organizativos de la seguridad*. Madrid: Modus Laborandi.

Reason, J. (2010). *La contribución humana: actos peligrosos y acciones ejemplares*. Madrid: Modus Laborandi





ergonomía

en los sistemas de trabajo

Con la Financiación de: DI-0010/2012



FUNDACIÓN
PARA LA
PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES





Grupo de Ergonomía Cognitiva
Universidad de Granada

ergonomía

en los sistemas de trabajo

José J. Cañas Delgado



Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente
UGT-CEC