

Fallo humano: la quiebra de un paradigma

Manuel Lucas SEBASTIÁN CÁRDENAS

Ergónomo de ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias)

Resumen

Este artículo presenta una visión del error o fallo humano y los accidentes a través de un recorrido por las perspectivas de análisis existentes. Estos enfoques sobre el error humano se han venido desarrollando mediante una búsqueda continua de factores relevantes para la descripción y explicación de los accidentes, en dicha búsqueda se ha ido ampliando el ámbito del Factor Humano hasta alcanzar al sistema del que forma parte como generador de las disfunciones. Es por ello que la propia noción de error humano es hoy día cuestionada al provenir de una conceptualización individualista de los procesos de producción complejos. Actualmente han entrado en escena conceptos relacionados con la noción de “actividad situada” y “conocimiento socialmente distribuido” para una correcta explicación.

Palabras clave: error humano, fallo humano, factores humanos, fiabilidad humana, teoría de la actividad, actividad situada, conocimiento socialmente distribuido.

Abstract

This article presents a vision of the human error and the accidents across a tour for the perspectives of existing analyses. These approaches on the human mistake have been come developing by means of a constant search of relevant factors for the description and explanation of the accidents, in the above mentioned search there has been extended the area of the Human Factor up to reaching to the system of which it forms a part as generator of the dysfunctions. It is for it that the own notion of human mistake is questioned today for coming from an individualistic conceptualization of the complex processes of production. Nowadays have entered in the scene concepts related to the notion of “situated activity” and “socially distributed knowledge” for a correct explanation.

Key words: Human Mistake, Human Error, Human Factors, Human Reliability, Theory of the Activity, Situated Activity, Socially Distributed Knowledge.

Dirección del autor: Psicología Laboral-ADIF, Estación Santa Junta. Av. Kansas City, s/n. 41007 Sevilla. *Correo electrónico:* mlucas_01@yahoo.es

El autor es ergónomo de ADIF y Presidente de la Asociación Andaluza de Ergonomía y Psicosociología (ErgoAn). El presente artículo es un trabajo original que desarrolla algunas de las ideas apuntadas en uno de los capítulos de su libro *Ergonomía: pautas de actuación* (Sebastián, 2008).

Recibido: enero de 2009. *Aceptado:* febrero de 2009.

A lo largo del siglo XX hemos conocido un desarrollo tecnológico sin parangón en el resto de nuestro pasado. Como beneficio inmediato, hoy día disponemos de un arsenal de herramientas tecnológicas que facilitan nuestros quehaceres diarios, consiguiendo transformar nuestros hábitos de tal modo que a muchas personas podría parecerles terrible la vida sin ellas (móvil, frigorífico o medios de transporte más rápidos pueden ser ejemplos de este fenómeno).

Esta revolución tecnológica ha permitido la realización de procesos cada vez con mayor exactitud y fiabilidad, lo que nos ha llevado, en ocasiones, a creer erróneamente que las herramientas sustituirían algún día al hombre. Sin embargo, a día de hoy, en la mayoría de estos procesos en los que se insertan herramientas tecnológicas, las acciones humanas siguen siendo imprescindibles: Tanto al rallar una zanahoria con un robot de cocina, como en el manejo de una central nuclear, siguen siendo necesarios actos tales como apretar un determinado botón, vigilar, atender a una señal sonora o leer visores.

El estudio de esta interacción entre persona y tecnología es quizá uno de los retos científicos más complejo de nuestro tiempo. A medida que contamos con herramientas y medios más poderosos, se hacen más necesarios y urgentes los esfuerzos por entender en qué circunstancias y por qué se puede dar el error en nuestros actos, el temido fallo humano, con el objeto de prevenirlo. No son iguales las consecuencias de un error al conducir un coche a 50 km/h que a 200 km/h.

En este sentido, los informes de la comunidad económica europea muestran que la amenaza de catástrofes de origen tecnológico está firmemente presente en nuestra sociedad (Lechat, 1986). Esta situación viene determinada por el hecho de que los seres humanos operamos cotidianamente en

sistemas complejos como plantas nucleares, salas de control, aviones, etc. en los que sus características internas (Funke en 1995 las describió como: opacidad, presencia de múltiples metas, complejidad, desarrollo dinámico, interrelación entre elementos y efectos a tiempo demorado), unido a la urgencia de decisiones en momentos críticos impiden, por un lado, la generación de soluciones rápidas mediante mecanismos cognitivos simples ante situaciones de emergencia (usando el sentido común, por ejemplo), y por otro lado, la visión global y el control real del proceso por parte de los operadores.

La interacción del ser humano con los artefactos, y muy especialmente con los sistemas complejos no es fácil, y de hecho se estima que el error humano es la causa primaria del 60-70% de los accidentes e incidentes que tienen lugar en estos sistemas complejos (Wickens, 1992). El análisis del error humano, de la fiabilidad de nuestros actos, es un tema de gran complejidad, en el que conviene tener presente que el ser humano actúa siempre por y desde un gran número de variables personales, organizacionales, situacionales y/o ambientales, que a menudo imposibilitan la determinación definitiva de las causas (Sebastián, 2002). Esta característica del comportamiento humano, la cantidad y complejidad de variables a tener presente, hace que la cuestión de cómo prevenir el error se complique a medida que se profundizan en su análisis, de modo que aún no tenemos un modelo científico integrador que, abarcando todos los elementos importantes, nos dé una explicación completa. Existen, eso sí, respuestas parciales a través de modelos que a lo largo de la Historia han enfatizado algunas variables importantes en detrimento de otras, según las corrientes científicas de las que formaban parte.

Sin atender a un modelo concreto, podemos afirmar que entender el error del factor humano es entender una complejidad de elementos interrelacionados, entre los que se encuentran:

1. Los procesos mentales, como la recepción e identificación de información, el procesamiento de información, la toma de decisiones... y sus relaciones con las funciones mentales superiores como la percepción, la atención, la memoria, la inteligencia, etc.
2. Los factores organizativos, como los modos de gestión y el papel de los mandos, entre otros.
3. Los factores fisiológicos, como las enfermedades físicas y/o mentales, el deterioro del sistema visual y auditivo, el envejecimiento, etc.
4. Los factores personales como los difícilmente evitables problemas extralaborales.
5. Los estados transitorios de ansiedad, fatiga, etc.
6. El nivel de rutina y monotonía de la tarea.
7. La cuestionable necesidad de “desvío” de las normas para el alcance de objetivos impuestos por la tarea.

Simplificando considerablemente, podríamos decir que esta multitud de elementos se interpone entre las normas que se establecen para evitar el riesgo y los comportamientos que, en última instancia, realizan las personas, de modo que hablar hoy de prevención del error humano y sus consecuencias es hablar del esfuerzo, por diversos medios, de tender puentes entre las normas (prescritas y reales) y los comportamientos. Trazar esos puentes requiere que consideremos, por un lado, un conocimiento exhaustivo de todos

esos factores y su influencia en un colectivo y situación determinada; para más tarde y sobre la base de ese conocimiento diagnóstico, poder generar modelos que nos sirvan de guía en las intervenciones que se efectúen.

Es propio del ser humano equivocarse como expresa el dicho latino “errare humanum est” y, como dijera Rabindranath Tagore, “si cierras la puerta a todos los errores la verdad se quedará fuera”, es decir, si los errores forman parte de la naturaleza humana entonces sólo nos queda aprender de ellos desde la comprensión de cuándo y por qué somos falibles. De hecho, desde la comprensión de nuestra naturaleza y desde la multiplicidad de variables implicadas en los errores, las investigaciones no avalan los mitos del trabajo perfecto y del castigo (si se trabaja duro, no habrá errores y el resultado será perfecto; si se castiga a los que cometen errores, se esforzará en trabajar duro para no cometerlos y el trabajo será perfecto).

Qué es un error humano

El temido error humano está en el origen de multitud de accidentes y es, por lo tanto, un elemento clave a evitar. No obstante, hemos de familiarizarnos con la versatilidad del error para aparecer en los lugares más inhóspitos de las situaciones laborales, pues sólo conociendo la explicación de porqué erramos encontraremos el camino para solucionarlo.

De modo general, los factores causales de las pérdidas en aviación puede clasificarse según Heino Caesar, responsable de operaciones de vuelo de las líneas aéreas alemanas Lufthansa en 1988, en: factores humanos (76%), factores técnicos (11%) y factores medioambientales (13%). Dentro de ese 76% de causas relacionadas con factores humanos podemos encontrar un 25% de fa-

llos activos o conscientes (*Active Failures, Aware*), un 20% de fallos pasivos o inconscientes (*Passive Failures, Unaware*), un 50% de fallos relacionados con el juicio o la capacitación (*Proficiency Failures/Judgment Errors*) y un 5% de fallos por incapacidad física o psicológica de la tripulación (*Crew Incapacitation*).

Otro ejemplo paradigmático de la omnipresencia del error humano está en las estadísticas de un estudio realizado por la NASA (1993) donde se reveló que en la aviación, más del 60% de los incidentes tienen su origen en la fase de operaciones antes del vuelo. Estos incidentes estaban relacionados con la presión temporal percibida (fenómeno conocido como *the hurry-up syndrome*). Así mismo, una carga excesiva de trabajo estaba relacionada con el 80% de los casos de accidente o incidente resultantes de un error de la tripulación.

Desde una visión tradicional, se entiende por fallo humano al origen o desencadenante de un accidente relacionado con el hecho de que la persona que esté al frente de la actividad haya cometido alguna distracción o imprudencia en el desempeño de las funciones que tiene asignadas, sin mediar causa alguna de tipo técnico. Esta definición contiene dos errores fundamentales y está, a día de hoy, ampliamente superada. Por una parte se basa en una obsoleta diferenciación entre error técnico y error humano y, por otra parte, concibe el error como resultado sólo de la persona que supone el último eslabón de la cadena productiva.

Como definición (entre muchas otras) de fallo o error humano podemos destacar la elaborada por Sanders y McCormick en 1993: “Una inapropiada y no deseada decisión o conducta humana que reduce o tiene el potencial de reducir la efectividad, la seguridad o el rendimiento del sistema”.

Desde este presupuesto, podemos destacar los aspectos siguientes:

- *Potencialidad*: una acción no tiene que resultar en una degradación del rendimiento del sistema o en efectos no deseados para ser considerada como error; es suficiente con que provoque (desencadene) esos efectos en el futuro.
- *Actores*: el error humano es cometido por: operadores, diseñadores, supervisores, directores, personal de mantenimiento...
- *Consecuencias*: el error es definido en términos de efectos no deseados sobre la efectividad, la seguridad o el rendimiento.
- *Origen*: los efectos son “activados” por conductas inapropiadas y no deseadas; cabría hacer aquí un ejercicio de reflexión sobre si un desvío habitual de una norma que fuese necesario para efectuar una tarea y que es compartido por el equipo de trabajo (una conducta inapropiada pero deseada por compañeros y/o mandos) supone un fallo humano o es una perversión del sistema organizativo (una norma implícita); estas transgresiones en las prácticas, procedimientos o estándares (a veces obligadas por mandos y/o compañeros del operador) son determinadas frecuentemente por protocolos de actuación imposibles de cumplir y es un mal generalizado en los procesos de trabajo complejos (para una visión del tratamiento de los desvíos de las normas puede verse el trabajo de Aslanides, Jollans y Amalberti, 2006) .

Perspectivas de análisis

Existen diferentes aproximaciones para el análisis del fallo humano y los accidentes,

presentaremos brevemente algunas de las perspectivas de análisis existentes. De un modo general y aproximativo, podemos clasificar estas perspectivas dentro de las siguientes cuatro corrientes:

- 1) Explicaciones fuera de la persona
- 2) Explicaciones dentro de la persona
- 3) Explicaciones desde la interacción persona-máquina
- 4) Explicaciones desde la relación persona-contexto

En el primer grupo, la visión del error humano se realiza desde el sistema del que forma parte pero sin entrar en una explicación causal desde la propia persona. Las explicaciones son más descriptivas que causales, utilizando probabilidades de error y juicio de expertos fundamentalmente.

En el segundo grupo, la explicación se realiza desde la persona analizando algún atributo o componente causal. Dentro de este grupo, las explicaciones toman un matiz causal derivado de los procesos cognitivos, la personalidad, la conducta, los patrones de acción...

En el tercer grupo, el campo de visión se amplía para tomar en cuenta a la interacción del operador humano con el artefacto, las explicaciones versan sobre un componente o atributo del ser humano contemplado en su interacción con el sistema. En este grupo, la ergonomía en general y la ergonomía cognitiva en particular han aportado un importante caudal de conceptos y teorías fundamentales para la comprensión del fallo humano.

En el cuarto grupo, las explicaciones parten del contexto, pierden el matiz atributivo para convertirse en relacionales. En este apar-

tado podemos encontrar nuevas tendencias referidas a la acción situada-conocimiento socialmente distribuido que aportan teorías, conceptos y metodologías que, aunque prometedoras, deberán probar su valía en futuras investigaciones.

Explicaciones desde fuera: fiabilidad de los sistemas, fiabilidad humana y juicio de expertos

Desde la fiabilidad de los sistemas debemos citar en primer lugar a la teoría de la vulnerabilidad de los sistemas, que constituye una contribución italiana al campo de la defensa civil (Di Sopra, 1983). Desde esta perspectiva, el riesgo se define como una probabilidad de que un suceso se materialice en un tiempo dado con una determinada intensidad multiplicado por el daño causado. Una vez definido el riesgo, la vulnerabilidad es el factor que determina el daño sobre el sistema concreto. De este modo, mientras la noción de riesgo es independiente de las características internas del sistema, la vulnerabilidad es íntimamente dependiente de ellas (Chuliá, 1992). El análisis de la vulnerabilidad de un sistema debe conllevar, por lo tanto, el del posible fallo humano como un factor interno del sistema.

En este sentido, entendemos por *fiabilidad humana* a un conjunto de técnicas incluidas dentro del área de fiabilidad de sistemas desde el presupuesto básico de que el sujeto puede ser considerado como parte integrante de un sistema. Los instrumentos aplicables al estudio de la fiabilidad humana (el contrario del error humano) han sido desarrollados fundamentalmente desde la ingeniería e integran aspectos psicológicos y organizacionales con diversas técnicas matemáticas.

La hipótesis de base de la mayoría de las aproximaciones de evaluación de la fiabilidad

humana es que se pueden considerar las acciones de cada operador humano desde el mismo punto de vista que el buen o mal funcionamiento de un mecanismo (como una válvula, por ejemplo). Las tareas de los operadores se descomponen en actividades elementales de las cuales se puede evaluar la fiabilidad de forma más o menos similar a la de cualquier dispositivo técnico, con algunos ajustes ligados a la mayor variabilidad y a la mayor interdependencia de las actividades humana. Desde este enfoque las acciones humanas se pueden clasificar según su fiabilidad y esta clasificación puede ser utilizada para anticipar qué podría salir mal en cualquier tarea.

Un ejemplo del conjunto de técnicas desarrolladas bajo este enfoque es la técnica THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*). Es la técnica más conocida y utilizada de obtención de datos sobre fiabilidad humana en los estudios de evaluación de probabilidades de riesgos. La técnica THERP es una de las más antiguas, con cuarenta años de experiencia (data de los años sesenta) y es sin lugar a dudas la más representativa de la perspectiva de la fiabilidad humana. El objetivo de la THERP es:

“Predecir las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema individuo-máquina causado por los errores humanos (tomados aisladamente o en relación con el funcionamiento de los equipos técnicos), por los procedimientos o las prácticas de ejecución, así como por las otras características del sistema o de la persona que influyen en el comportamiento del mismo.” (Swain y Guttman, 1983).

Por otro lado, las técnicas de *juicio experto* se basan en una ponderación de los parámetros que representan los distintos

factores que influyen sobre el desarrollo de una actividad concreta (entorno, tipo de actividad, capacidad del operador, nivel de stress...) y que habrán de ser valorados por expertos. Un ejemplo de estas técnicas es la *Lista de Control Teseo* para la estimación de la fiabilidad de los operadores de salas de control (Chuliá, 1992).

Podemos señalar algunas deficiencias comunes en las técnicas que agrupamos bajo el título de fiabilidad humana:

- Simplifican en exceso la actuación humana (utilizan casi exclusivamente modelos probabilísticos).
- No contemplan el contexto en el que esta actuación se sitúa.
- Se orientan hacia la incorrección, centrándose en comportamientos anómalos.
- Por último, dependen en exceso del juicio de los analistas.

Explicaciones desde dentro: componentes humanos

El modelo de Jens Rasmussen: Skill, Rules and Knowledge

Una referencia obligada dentro de este enfoque es el modelo de escala de decisión de Rasmussen (1983), taxonomía SRK (*Skill, Rules and Knowledge*), basada en la psicología del procesamiento de la información. De acuerdo este modelo, el desarrollo de cualquier actividad se compone de elementos de comportamiento de habilidad (apoyado en mecanismos de realimentación y alimentación similares a los mecanismos de control), la aplicación de reglas (adquiridas tras entrenamiento, experiencias o simplemente planificadas con anterioridad al momento de su consideración) y la planificación basada en el conocimiento.

Desde este modelo, la ejecución basada en habilidad no requiere la necesidad de atención consciente por parte de la persona, mientras que las basadas en reglas (situaciones donde las reglas existen) requieren de cierta actividad consciente de reflexión sobre qué regla aplicar. En aquellas situaciones en las que no existe un conjunto de reglas (por ser poco familiares o imprevistas) el individuo debe apoyarse en su conocimiento acerca del funcionamiento del sistema para resolver los problemas y planificar un conjunto de actuaciones que le permita alcanzar sus objetivos, necesitando de mayor actividad consciente que en las anteriores situaciones.

Debemos aclarar que la taxonomía SRK proporciona un juego de distinciones, no un modelo detallado de procesos psicológicos. Uno de los criterios primarios en el desarrollo de la taxonomía es la utilidad, no necesariamente la “verdad”. Es decir, cada nivel en la taxonomía corresponde a una categoría de funcionamiento humano más que a procesos cognitivos.

Procesos cognitivos: el modelo secuencial

Este enfoque utiliza conceptos procedentes de la psicología cognitiva en su concepción de la actuación humana desde la metáfora del ordenador (entrada-procesamiento-salida).

Desde esta metáfora, existe un camino de entrada para la información: miles de células receptoras captan del medio circundante los cambios continuos y los traducen en impulsos neuronales que viajan a gran velocidad por nuestro tejido nervioso hasta llegar a zonas específicas de nuestro cerebro. Este proceso es designado como *sensación* y puede ser entendido como una impresión recogida por los órganos sensoriales que es conducida al cerebro por medio del sistema nervioso. Esta

vía de entrada de datos (o transducción de la señal) se combina con análisis basados en conocimientos y experiencias previas para dar significados cotidianos a estos impulsos neuronales (*bottom-up/top-down*), entrando en juego el proceso que denominamos *percepción*.

Una característica de nuestro sistema perceptivo es que no es afín a la ambigüedad (Sebastián, Blanco, y Quintana, 2003), por lo que tendemos a estructurar, a dar forma a lo que vemos si es que no tiene un sentido definido. Este proceso de desambiguación, que está por debajo del nivel consciente se realiza en base a experiencias previas, como ya hemos señalado. Este fenómeno está en el origen de muchas de las llamadas ilusiones ópticas y es el causante de nuestra tendencia a creer en lo que percibimos a pesar de que nuestra percepción es limitada.

Las personas no se comportan basándose en las características objetivas de la realidad circundante, sino que lo hacen en función de las percepciones que se forman de la realidad. Por este motivo, la percepción presenta una gran flexibilidad que determina diversas formas individuales de dar significado a los objetos percibidos. Es por lo tanto, un proceso constructivo por el que vamos más allá de las sensaciones, organizando y captando conjuntos o totalidades dotadas de sentido: lo que se denomina “integración perceptiva”. Como dirían Maturana y Varela (1996), “*Todo acto de conocer trae un mundo a la mano*”, pero esta construcción de lo real es, a veces, inexacta.

Los errores que se comenten durante el proceso de percibir un estímulo e integrarlo en un patrón significativo se pueden clasificar como de detección (cuando el estímulo no es percibido), de percepción (cuando el estímulo no es percibido correctamente, por lo que equivocamos su significado) y

de reconocimiento (cuando el estímulo es percibido correctamente, pero confundimos su significado con el de algún otro).

Por otra parte, nuestro cerebro tiene que seleccionar qué es más importante en cada momento, centrarnos en lo relevante para lo que estamos haciendo (sin que interfieran el resto de elementos presentes en la situación) y, luego, mantenernos concentrados durante el tiempo que sea necesario. A este conjunto de actividades se le llama *atención*, que podemos entender como una integración de procesos mentales mediante los cuales se alcanza la capacidad para centrarse de manera persistente en un elemento concreto con exclusión de todos los no relevantes para la actividad.

Si bien la atención es fácil de caracterizar, debido a la diversidad de fenómenos que la evidencian, dichos fenómenos no son fácilmente integrables en una definición ya que se muestran difícilmente aislables del estudio de otros procesos cognitivos como percepción, memoria, motivación, aprendizaje, pensamiento, lenguaje, etc. En general, el proceso de atención es afectado por factores relacionados con los estímulos, determinantes biológicos-fisiológicos y situaciones relativas al sujeto.

En relación a la atención, existe una situación que aglutina gran parte de los estudios sobre error humano, se trata de las *tareas de vigilancia* (atención sostenida). En este sentido, la atención como vigilancia se define hoy en día como la habilidad para detectar y/o identificar un estímulo diana de aparición infrecuente e imprevista en tareas o situaciones de larga duración y relativamente repetitivas.

En este campo aparecen las siempre presentes distracciones o alteraciones de la concentración orientada-dirigida hacia un estímulo o actividad, atribuibles a un déficit

en el nivel de la atención sostenida y ocasionadas por la presencia de estímulos no pertinentes, externos o internos.

La capacidad para atender estará mediada, entre otras variables, por el nivel de actividad de nuestro organismo, influyendo de forma poderosa en éste nuestro *estado de fatiga*, y el *grado de automatización* que hayamos alcanzado al realizar la tarea.

A continuación, necesitamos evaluar la información, procesarla, para posteriormente tomar decisiones. Nos referimos a este conjunto de acciones con el término global de *procesamiento de la información*. Procesar información implica el almacenamiento, la organización y la transmisión de la misma. En este sentido, estarán directamente implicados los procesos de *memoria* (a corto plazo y a largo plazo, declarativa o explícita y procedimental o implícita) y de *razonamiento*, mediante el que conectamos unas ideas con otras de acuerdo a ciertas reglas para llegar a obtener algún juicio, opinión o conclusión sobre el problema de partida.

Una vez decidido lo que hacer, tenemos que actuar para interaccionar con nuestro medio mediante la *ejecución* de una acción (apretando un botón o escribiendo una palabra). Es el camino de salida. En esta etapa se pueden efectuar errores de comisión (la respuesta correcta no se ejecuta), errores de ejecución (se realiza una respuesta incorrecta) y errores de fase (la respuesta correcta no se ejecuta en el tiempo adecuado).

Por último, sabemos también que las *emociones* influyen activamente en todo esta secuencia de procesos. A día de hoy está cambiando nuestra manera de concebir las relaciones entre razón y emoción, por lo que necesitamos seguir estudiando el papel de las emociones en el error y en la cognición humana. Esta necesidad está generando nuevas líneas de estudio sobre la forma en

que debemos diseñar puestos y equipos de trabajo, dando paso a nuevos enfoques tales como la Neuroergonomía Cognitiva (Llano y Sebastián, 2007)

Desde esta perspectiva, Ramsey describió en 1985 la secuencia de pasos que ocurren cuando un individuo se enfrenta a una situación peligrosa. No obstante, los procesos (percepción, decisión, ejecución...) no son entendidos en la actualidad como pasos de una secuencia. Podemos destacar en este punto la visión de Hollnagel sobre la cognición. Para este autor,

“La cognición no es sólo el procesamiento de un *input* para producir una respuesta. Cognición es una continua revisión y replanteamiento de las intenciones y de los objetivos en un ciclo con dos fases, interpretación y planificación”. “Este ciclo ocurre en paralelo con lo que está pasando en el contexto. Por tanto, cognición no es una secuencia de pasos como es descrita en los modelos de psicología cognitiva. La cognición debe ser definida como el uso controlado de los recursos disponibles (habilidades, procedimientos y conocimientos en el sentido de Rasmussen). Por tanto, el supuesto básico del que parte este autor es que la conducta humana es el resultado de un uso controlado de competencias adaptadas a los requerimientos de la situación, más que el resultado de secuencias predeterminadas de respuestas ante los eventos.” (Cañas, 2004).

Personalidad y conducta

Entre los modelos que proponen una “explicación desde dentro” existen aquellos que se refieren a la personalidad o a la conducta como determinantes de los errores. Así tenemos, por ejemplo, el modelo de seguridad

basada en conductas (véase Krause, Hidley y Hodson, 1990). Se trata de una corriente de investigación cuyos estudios aplicados al campo de la seguridad y salud laborales se centran en el control de las conductas de riesgo en los entornos de trabajo

En otro orden de cosas, también podemos encontrar acercamientos al fallo humano desde los factores de personalidad (y psicopatológicos), donde destacan los estudios pioneros de Hansen (1988, 1989). Las investigaciones actuales referidas al modelo Big-Five señalan a las variables neuroticismo y reponsabilidad como predictoras de accidentes.

Integración: competencias de seguridad

Una visión integradora de estos supuestos (procesos cognitivos-conductuales y de personalidad) puede verse en la Orden del Ministerio de Fomento 2520/2006, de 27 de julio, por la que se determinan las condiciones para la obtención de títulos y habilitaciones que permiten el ejercicio de las funciones del personal ferroviario relacionadas con la seguridad (BOE 183 de 2/8/2006) para la que el autor de estas líneas redactó los criterios de evaluación psicológica (ver tabla 1).

Desde esta exploración preventiva de las áreas cognitiva, psicomotora y comportamiento-personalidad, lo que se persigue es la valoración de las “competencias de seguridad” que puede definirse como “un saber hacer en contexto; incluyen el desarrollo de aptitudes (habilidades) a partir de las actitudes (inclinaciones), las cuales le permiten al sujeto responder a los retos que el contexto espera que resuelva” (Arango, Jaramillo y Restrepo, 2005).

Estas áreas se deben explorar mediante pruebas relacionadas con “tareas críticas de referencia”. Es decir, no se trata de explorar

Tabla 1. Evaluación de la capacidad psicológica el desempeño de las tareas con criterios de seguridad en la Orden 2520/2006, de 27 de julio (BOE 183 de 2/8/2006).

La capacidad psicológica para el desempeño de las tareas con criterios de seguridad se establecerá en base a la evaluación de las siguientes aptitudes:

- a) *Cognitiva* (atención, concentración, memoria, razonamiento, percepción, comunicación).
- b) *Psicomotora* (velocidad de reacción, coordinación psicomotora).
- c) *Comportamiento-Personalidad* (autocontrol emocional, fiabilidad comportamental, responsabilidad, psicopatología, autonomía).

un proceso cognitivo, sino evaluar la capacidad de asignación y movilización de recursos cognitivos para afrontar tareas concretas involucradas en la seguridad (por ejemplo las estrategias atencionales). Desde este supuesto la evaluación no consiste en una serie de pruebas independientes sino en la integración de los resultados de una serie de pruebas. En la figura 1 puede observarse la estructura de la relación de cuatro pruebas.

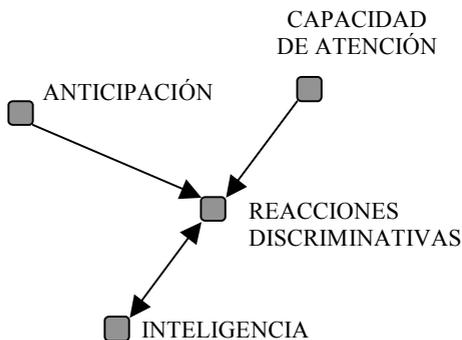


Figura 1. Estructura de relación de cuatro pruebas psicotécnicas. Las flechas señalan coeficientes de correlación de Spearman significativos al 0.001 para una $n = 500$.

En resumen, desde la perspectiva de los factores humanos, la visión en conjunto de todos estos procesos y los errores posibles en cada una de sus fases, da lugar a lo que podemos entender como el análisis de los factores humanos comprometidos en el error. Desde esta óptica de división y secuenciación de los procesos mentales, se pueden clasificar los errores como de percepción, de atención, de toma de decisiones, de memoria, de ejecución, etc. La concepción del error desde los factores humanos, aún mostrando mayor potencial descriptivo que el modelo de la fiabilidad humana (ya que permite la comprensión de las acciones y los errores de los operadores), conlleva la misma deficiencia de no contemplar el contexto donde se sitúa la actividad. Es por ello que se ha avanzado en la línea del estudio integrado de los procesos cognitivos y conductuales como en las arquitecturas cognitivas (por ejemplo, ACT-R, SOAR...). El peligro fundamental del análisis del fallo humano desde este enfoque consiste en la posibilidad de caer en un reduccionismo *bottom-up* de los procesos mentales, por lo que, a medida que las ciencias cognitivas se han ido desarrollado, ha aumentado el interés por estudiar la interacción del operador humano con el sistema cultural y técnico del que forma parte.

Explicaciones desde la interacción

Ergonomía

Probablemente la aportación mayor de la ergonomía al estudio de la seguridad consiste en dos conceptos relacionados: el binomio tarea-actividad y el concepto de carga de trabajo.

En el ambiente laboral el *esfuerzo* del trabajador deberá ir dirigido a una serie de *exigencias* impuestas por la tarea, esta con-

figuración es llamada la *carga de trabajo*, y en palabras de Leplat y Cuny (1983) será siempre una noción relacionada con la interacción entre un sujeto y las exigencias de un determinado medio.

La noción de *carga de trabajo* hace referencia a una relación funcional (una tensión dinámica) entre las exigencias impuestas por la tarea y los recursos (físicos y mentales) movilizados por el trabajador para poder llevar a cabo esa tarea de modo exitoso. El nivel de movilización que el individuo debe realizar para ejecutar la tarea determinará la carga de trabajo, es decir, qué tipo de mecanismos físicos y mentales, y en qué grado debe ponerlos en juego.

En esta aproximación a la noción de carga de trabajo debemos resaltar que es entendida como una *relación funcional*, por lo que no serán del todo adecuadas aquellas definiciones que la acotan como *requisitos de la tarea* o bien como *esfuerzo del trabajador* (Sebastián, 2008). Por otro lado hemos de aclarar que “llevar a cabo la tarea de modo exitoso” puede suponer, en el contexto de una relación funcional, que el operador redefine el objetivo de la misma en la medida que observa un decremento de sus capacidades (por ejemplo priorizando metas). Estos dos polos de la relación funcional (exigencias- esfuerzo) son analizados en la corriente francófona de la Ergonomía mediante los conceptos de *tarea* (conjunto de prescripciones asignadas desde “fuera” del trabajador: metas, objetivos, instrucciones, procedimientos...) y *actividad* (conductas y recursos que el trabajador pone en juego para desarrollar un trabajo: regulaciones, compensaciones, compromisos operativos, *modus operandi*...).

Según Wisner (1987), en toda actividad laboral, analíticamente, se pueden encontrar al menos tres dimensiones: física, mental y psíquica. Las tres están presentes al mismo

tiempo en toda actividad, aunque en diferente proporción. Esto implica la existencia de factores de carga física, mental y psíquica en el desarrollo de todas las actividades laborales. El resultado de un desequilibrio en la relación funcional exigencias-recursos en alguno de estos tres factores de carga de trabajo (estado de sobrecarga o infracarga) dará lugar a una serie de consecuencias entre las que se encontrará la fatiga y el error.

El estudio de la carga mental de trabajo y su explicación mediante los modernos modelos de la atención humana (Wickens, 1984) es un referente en el campo del fallo humano, dado la implicación del rendimiento atencional en multitud de errores en entornos laborales.

Una operativización reciente de la relación funcional recursos-demandas puede encontrarse en el trabajo de Antonio Duro (2009) sobre el proceso de modulación del trabajo. Los moduladores del trabajo son un conjunto de estrategias que puede desplegar el trabajador para mantener sus demandas de trabajo dentro de unos valores asequibles y razonables. Según este modelo, el mecanismo de la modulación del trabajo es un proceso regulable por el propio trabajador para asegurarse unas demandas de trabajo óptimas, regulando la amplitud y frecuencia de una determinada propiedad cuantitativa o cualitativa de las demandas. Se da un marcado efecto umbral en la modulación del trabajo, de modo que los moduladores del trabajo se ponen en funcionamiento principalmente cuando las demandas de trabajo superan o no llegan a ciertas magnitudes o cualidades.

Ergonomía Cognitiva

Desde el área de especialización de ergonomía llamada Ergonomía Cognitiva se introducen nuevos conceptos como los

de Sistema Cognitivo Conjunto (Cañas, 2004), Conciencia de la Situación (*situation awareness*), Modelo Mental, Percepción del Riesgo, o Neuroergonomía Cognitiva (Llano y Sebastián, 2007), entre otros.

Entre ellos destacamos, la noción de *conciencia de la situación* o conciencia situacional que está siendo objeto de múltiples estudios en la actualidad por su utilidad explicativa y su presencia en multitud de accidentes. La *conciencia de la situación* (Endsley, 2000) se refiere al nivel de conciencia-atención que tenemos de nuestro entorno, de nuestros actos y de sus consecuencias en el tiempo en un situación dada. Expresado en términos más simples, en la conciencia situacional la persona “sabe lo que ocurre para poder figurarse lo que debe hacer” (Adam, 1993). Para ello, debemos tener en cuenta nuestra tendencia a automatizar comportamientos, como cuando cambiamos las marchas del coche sin darnos cuenta. En nuestros días, la definición más aceptada sobre la conciencia situacional es la que emplea el especialista en factores humanos Mica Endsley:

“La conciencia situacional es la percepción de los elementos en el entorno existentes en un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado, y la proyección de su estatus en el futuro cercano.” (Endsley, 2000).

De este modo, la conciencia situacional debe permitirnos responder a las siguientes cuestiones: ¿qué está ocurriendo ahora?, ¿por qué ocurre?, ¿qué ocurrirá a partir de ahora?, o ¿qué puedo hacer?

La conciencia de la situación se relaciona con el grado de control que la persona expuesta a un riesgo puede ejercer sobre la ocurrencia del peligro, así como con el nivel de riesgo percibido, es decir, con la

valoración que cada uno de nosotros hace de nuestro entorno y de la fiabilidad de nuestras acciones para afrontar los riesgos a los que estamos sometidos. De este modo, un nivel inadecuado de riesgo percibido explica, por ejemplo, la paradoja de que trabajadores muy cualificados y con muchos años de experiencia suelen tener en algunas ocasiones menos grado de control (menor conciencia de la situación) que trabajadores con menor experiencia. Desde esta definición, los elementos principales de la conciencia situacional son la percepción, la comprensión y la proyección:

- *Percepción*: Incluye procesos de monitorización, detección y reconocimiento, y se relaciona con la toma de conciencia de diferentes elementos o datos (objetos, eventos, personas, sistemas, factores ambientales) y sus estados presentes (localizaciones, condiciones, modos, acciones).
- *Comprensión*: Incluye procesos de interpretación y valoración de datos y patrones (informaciones), y se relaciona con una comprensión global del significado de los elementos percibidos.
- *Proyección*: Incluye procesos de anticipación y de simulación mental, y se relaciona con el conocimiento de cómo se ajusta la realidad presente a expectativas y planificaciones previas.

Estos tres elementos pueden relacionarse del modo secuencial siguiente: como resultado de nuestra observación del mundo, de nuestra percepción, obtenemos datos (asociados a hechos), estos datos organizados, agrupados o clasificados con sentido y propósito constituyen informaciones (asociadas a contextos), esta información interpretada, personalizada, que tiene valor y que está orientada (pro-

yectada) a la acción, esto es, que propicia la toma adecuada de decisiones, constituye el conocimiento (asociado a acciones).

Es importante señalar que la noción de conciencia situacional no es sólo un aporte teórico, sino un concepto aplicado al análisis de accidentes. De este modo, mientras se estima que alrededor del 70% de accidentes de aviación son producidos por factores humanos, aproximadamente el 85% de los informes de investigación de accidentes incluyen alguna mención a la pérdida de conciencia situacional según estudios realizados por la *Australian Transportation Safety Board* (ATSB) (AIRBUS: 2007). Así mismo, según la *Flight Safety Foundation* (1998/1999), de los factores causales presentes en accidentes de aviación en la fase de acercamiento y aterrizaje, el 52% corresponde a una insuficiente conciencia situacional horizontal o vertical.

Recientemente, en los estudios sobre conciencia de la situación se ha desarrollado una línea sobre el contexto grupal del trabajo (desde donde parten las acciones en la mayor parte de organizaciones), conformando la noción de conciencia situacional colectiva (*situation awareness in team operations*) (Endsley y Jones, 2001).

En cualquier caso, una línea de trabajo prometedora en este área es la de detectar e incrementar el grado de control mediante el autoconocimiento y la gestión de nuestros propios procesos mentales y de nuestras limitaciones, ya que mientras mayor sean el conocimiento de nosotros mismos y de nuestros procesos mentales mayor será nuestras posibilidades de actuar con determinación, prontitud, y eficacia ante una situación de peligro.

En general, los conceptos utilizados hasta ahora por la Ergonomía Cognitiva aportan una mejora al introducir específicamente la interacción del ser humano con otros elementos del sistema. Sin embargo, necesitamos

un escalón más para llegar a un análisis completo del conjunto de variables que se relacionan con el erro humano, tal y como lo contemplamos en la definición: contemplar no sólo la interacción del operador con otros elementos, sino las interacciones que ocurren en el proceso global de trabajo.

Explicaciones desde el contexto: hacia un nuevo paradigma

Los conceptos y enfoques que presentamos en este apartado pueden considerarse también como propios de la Ergonomía Cognitiva. En este artículo se han diferenciado por razones exclusivamente didácticas.

En ocasiones se ha designado a la Psicología como la disciplina que busca racionalidad en la irracionalidad de la conducta humana. La pregunta que solemos hacernos es por qué es irracional nuestra conducta, por qué es tan difícil que los humanos nos comportemos según reglas preestablecidas, según normas concienzudamente elaboradas.

La idea de la mente como un sistema que recibe, almacena y procesa (la metáfora del ordenador) se ha mostrado insuficiente para una explicación adecuada de los procesos mentales. Quizá, la razón de mayor peso para ello haya sido que esta concepción supone una visión extremadamente racionalista del psiquismo humano que no se ajusta a las evidencias. A continuación se relacionan algunos hitos importantes para los nuevos desarrollos de las ciencias cognitivas que superan esta visión tradicional:

- La percepción se organiza sobre las intenciones y depende del contexto.
- El razonamiento humano se realiza en encuadres limitados y guiado por atajos heurísticos (racionalidad restringida). Esto nos proporciona versatilidad en

- la incertidumbre, pero también errores sistemáticos (Tversky y Kahneman).
- Existen dos modalidades de pensamiento que ofrecen modos característicos de ordenar la experiencia y construir la realidad: el científico y el narrativo (Bruner).
 - La actividad organiza el cerebro: binomio pensamiento-acción (Vigotsky).
 - Las emociones no influyen de forma circunstancial en los criterios racionales sino que son funcionalmente decisivas en las decisiones prácticas y en la fijación de sucesos en memoria: funcionalismo emocional, racionalidad de las emociones (De Sousa).

Como podemos observar, en el intento de explicar y describir la actividad humana se han integrado aquellos elementos del entorno con los que el ser humano se relaciona. Esta búsqueda de claves contextuales pertinentes ha desembocado en el presupuesto compartido por gran parte de la comunidad científica de que el papel del contexto en la actividad humana no es sólo el de un espacio pasivo donde ésta se realiza, sino el de un marco desde el que la actividad humana se configura y toma su sentido, siendo a la vez origen y objeto de las transformaciones realizadas por el operador humano.

Desde estos supuestos, los factores sociales, culturales y tecnológicos no pueden ser contemplados como simples escenarios sino como parte integrante de la cognición humana. De este modo, la cognición ya no puede verse a día de hoy como individual e intrapsíquica, sino como esencialmente distribuida. Tal como lo expresaba Edwin Hutchins en 1985, la cognición puede entenderse desde esta nueva perspectiva como un “cómputo realizado a través de la creación, transformación y propagación de estados representacionales”, es decir, el conocimiento

y la acción se encuentran distribuidos en una red de personas y artefactos.

Esta perspectiva de la actividad humana tiene la ventaja de proporcionarnos una visión en conjunto de la situación de trabajo, introduciendo el contexto y explicando cómo los errores deben verse como una interacción del ser humano con el sistema complejo del que forma parte.

Teoría de la Actividad: cuatro generaciones de estudios

En nuestra exposición optamos por aglutinar una serie de desarrollos teóricos bajo el nombre de *Teoría de la Actividad*, dado que es el concepto de actividad el núcleo central de estos enfoques.

La Teoría de la Actividad constituye un enfoque íntimamente relacionado con el de la Ergonomía centrada en la Actividad, precediéndole en el tiempo. Los conceptos de este enfoque proceden de la Psicología Histórico-Cultural y desde este marco la Ergonomía puede definirse desde una óptica operativa como aquellos “conocimientos, tecnología y recursos encaminados al análisis, desarrollo y optimización de configuraciones de actividad humana” (Sebastián, 2006). En este sentido, entendemos como configuraciones de actividad, la disposición espacial y temporal de los componentes de actividad en un contexto cultural dado.

En lo que sigue recurriremos a la noción de actividad para definir un amplio conjunto de conceptos relacionados, no obstante, debemos tener presente, cómo señaló Lozares (2000) que “la polisemia y la sinonimia, ligadas a expresiones tales como práctica, acción, praxis, interacción, acto, actividad y actuación no son inocuas teórica ni pragmáticamente”.

Para una delimitación conceptual de los componentes de la actividad humana

podemos recurrir a la noción de *sistema de actividad* de Engeström (1987) que amplía las ideas previas de Vygotsky y de Leontiev (1981) sobre la teoría de la actividad, y a la péntada analítica de Burke (1945). Presentaremos esquemáticamente esta perspectiva basándonos en sus fases de desarrollo:

1. En un primer momento, Lev Semyonovich Vygotsky (“el Mozart de la Psicología” como le llamaría Stephen Toulmin) en los años veinte del pasado siglo propuso el concepto de *actividad mediada* del que destacamos dos aspectos:

- El sujeto humano actúa sobre la realidad para adaptarse a ella transformándola y transformándose a sí mismo a través de unos instrumentos psicológicos que denomina *mediadores*. Esta mediación instrumental es llevada a cabo a través de herramientas (como los recursos materiales) y de signos (como el lenguaje).
- La actividad es siempre inter-actividad, es decir, un conjunto de acciones culturalmente determinadas y contextualizadas que se lleva a cabo en cooperación con otros. La actividad del sujeto es una actividad mediada socialmente.

2. Desde estos presupuestos, Alexis N. Leontiev, discípulo de Vygotsky, realizó un análisis sistemático en torno a la idea de la actividad, dando lugar a la que se conoce hoy como Teoría de la Actividad. Leontiev divide la actividad en tres niveles interconectados que se diferencian por el grado de participación de la consciencia:

- Un primer nivel de planificación consciente sobre un motivo concreto (la actividad propiamente dicha).

- Un segundo nivel de acciones orientado a un objetivo.
- Un tercer nivel de operaciones bajo condiciones específicas.

Un ejemplo de este esquema de división Actividad/Motivo-Acción/Objetivo-Operación/Condiciones como lo designaría James Wertsch (1988) lo podemos encontrar en la siguiente escena propuesta por Álvarez, A. y Del Río, P. (1990). Es conveniente observar sus implicaciones para la comprensión de la situación de trabajo:

“Así, por ejemplo, la actividad de jugar un partido de baloncesto (motivo: ganar) supone la integración de acciones, como marcar sin tocar al adversario (meta: no cometer falta personal), puntuar el máximo en cada tiro (meta: tirar muchos triples), etc.; cada una de estas acciones está compuesta de operaciones específicas, de modo que la acción de tirar un triple implica las operaciones de hacer un reverso para desmarcarse, saltar en suspensión, apuntar y disparar, cada una de ellas sujeta a las condiciones que la presencia de otros jugadores, el lugar en el campo, etc., impliquen.”

3. Basándose en esta concepción global de la actividad, Yrjö Engeström (1987) amplía estos conceptos y desarrolla el modelo del *sistema de actividad* (ver figura 2) que es ampliamente utilizado en Ergonomía. En palabras de este autor, esta concepción de la actividad es “un enfoque multidisciplinar global de investigación, orientado cada vez más hacia el estudio del trabajo y las tecnologías”.

4. En nuestra opinión, existe una cuarta generación de estudios sobre la Teoría de la

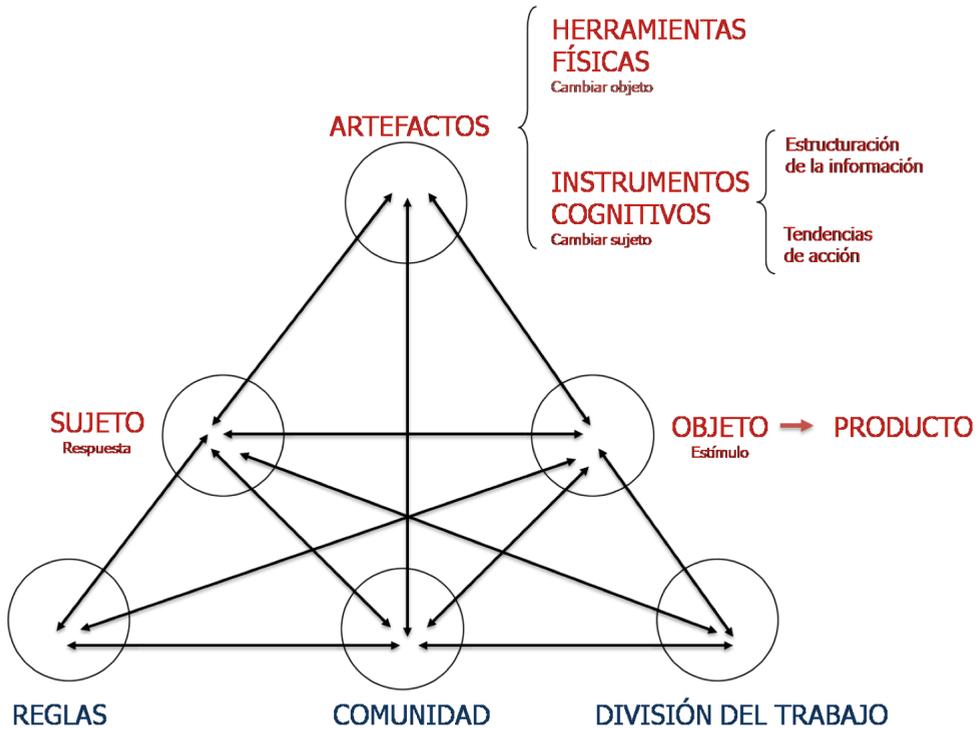


Figura 2. Sistema de Actividad (Sebastián, 2006, adaptado de Engeström, 1987).

Actividad establecida en la integración de los planteamientos de la *actividad situada* y del *conocimiento socialmente distribuido* (Lozares, 2000). Ambas líneas de estudio, tomadas desde un punto de vista global, se encuentran a caballo entre la Antropología Cognitiva, la Sociología y la Psicología Cultural y representan una nueva visión de la actividad humana.

Esta perspectiva, iniciada en 1987 con el trabajo de Lucy Suchman, *Planes y acciones situadas*, aparece ante hechos en los que:

“En situaciones en las que se resuelven problemas de la vida real y en otros contactos con el entorno social y tecno-

lógico... aparece un fenómeno bastante diferente: las personas parecen pensar en conjunción o en asociación con otros, y con la ayuda de herramientas y medios que la cultura les proporciona.” Salomon (1993).

Dicho de otro modo, tal y como venimos expresando en varios apartados de este artículo,

“La mente humana no puede ser estudiada por separado, tiene que ser entendida dentro de su contexto e interacción con otros humanos y con los artefactos del entorno.” (Hollan, Hutchins y Kirsch, 2000).

Desde este planteamiento, el sistema de actividad no consiste sólo en una serie de elementos interconectados, sino de elementos interactuantes (perspectiva dialéctica de Lave, 1988), de modo que ninguno existe por sí mismo:

“La mediación cultural implica la distribución de la cognición,... [Específicamente] la mediación de la actividad a través de artefactos implica la distribución de la cognición entre los individuos, el mediador y el entorno.” (Cole y Engeström, 1993).

Reduciéndolo quizá en exceso, una de las aportaciones principales que ofrece este prometedor enfoque es la de exigir un cambio en la unidad de análisis que supere al individuo, como nos recuerda Edwin Hutchins en su artículo de nombre tan sugerente: “Cómo recuerda la velocidad una cabina de avión” (Hutchins, 1995). Para tal fin se utiliza al sistema colectivo de actividad, y se buscan contradicciones internas como motor de perturbaciones e innovaciones.

Una línea de trabajo, que aporta a la vez una teoría, una metodología y un objeto de estudio es el *Análisis de Redes Sociales*. Desde esta línea, la unidad básica de análisis no es el actor individual (sea este individuo, organización, hecho, etc.) y sus atributos, sino la relación entre los actores, es decir, sus vínculos relacionales (Rodríguez, 2005).

Desde esta concepción, llamada *relacionista*, el Análisis de Redes Sociales aporta una metodología que posibilita al evaluador la comprensión de la situación de trabajo sin la necesidad de herramientas tradicionales como los cuestionarios. A pesar de que las experiencias en su uso han sido enormemente positivas, son necesarias más investigaciones que permitan su encaje definitivo en

el ejercicio de evaluaciones ergonómicas realizadas para evitar accidentes (entre los que se encuentran los relacionados con el fallo humano).

La Teoría de la Actividad aplicada a la sala de control del tráfico ferroviario

Podemos encontrar un ejemplo de actividad situada y cognición socialmente distribuida en el análisis ergonómico y psicosocial de una sala de control. Para situar el ejemplo describiremos brevemente en qué consiste una sala de control; concretamente, el caso de una RTC (*Railroad Traffic Control*) en el sector del transporte ferroviario.

Actualmente, multitud de países industrializados disponen en su sistema ferroviario del llamado control de tráfico centralizado (CTC o *Centralized Traffic Control*), un sistema que responde a la filosofía de conceder prioridad absoluta a la reducción de riesgos derivados de la intervención humana en la circulación de trenes. El CTC supone un sistema de control de la circulación ferroviaria desde un centro de operaciones por medio del intercambio continuo de información entre los aparatos de vía (por ejemplo, sobre el estado de un cambio o una señal), los trenes (su posición y sus condiciones de circulación) y este centro de operaciones o sala de control RTC.

En cada sala de control RTC, los controladores (*Railroad Traffic Controllers*) tienen asignada la gestión de una porción de la línea ferroviaria, un área geográfica. Esta porción de línea suele denominarse “banda de control”, y está formada por “*blocks*” (sección de una banda entre dos señales). En Inglaterra, por ejemplo, una banda puede llegar a medir cuatrocientos kilómetros con una ciudad importante como nudo principal.

Cada uno de los controladores de una sala de control, gestionan una “banda de regulación de tráfico”, de este modo la suma total de estas bandas constituirá la porción de línea ferroviaria, el área geográfica, asignada al centro de control (unidad de gestión donde se ubica la sala de control). En este sentido, los controladores suelen tener bandas contiguas a las de otros compañeros presentes en la misma sala, debiendo de coordinar sus actuaciones. Prácticamente en todos los países las operaciones que los controladores realizan sobre estas bandas son muy variadas y guardan relación con la gestión del tráfico en términos de seguridad y regularidad, como el establecimiento de itinerarios de las composiciones sobre la línea, el mantenimiento de la línea (que contempla la coordinación de trabajos en la vía) y el restablecimiento de las circulaciones en caso de incidencia, entre otras.

Aunque pueda parecer obvio, es necesario señalar que existen dos esferas de operaciones que se ejecutan al mismo tiempo: las operaciones sobre el software de la sala de control y las operaciones reales sobre el terreno. Esta últimas se coordinan y establecen por la sala de control pero superando ciertas restricciones circunstanciales (por ejemplo, una avería eléctrica).

Finalizamos esta breve descripción señalando que debemos analizar la gestión del tráfico ferroviario realizada por la sala RTC como una parte imprescindible del sistema ferroviario global, en este sentido, Slobodan Vukmirovic (2000) comentaba que:

“Si observamos el ferrocarril, en su conjunto, como una estructura funcional de elementos de un sistema conectados mutua y armoniosamente y agrupados lógicamente, con una coordinación óptima y objetivos claramente definidos,

entonces podemos decir que tanto las regulaciones ferroviarias como los correspondientes documentos del sistema indican directa e indirectamente las actividades necesarias; por ejemplo, para el desarrollo de cualquiera de las funciones definen qué, quién, cómo, cuándo, dónde y por qué debe estar haciendo algo y cómo ese proceso de trabajo debe realizarse de manera eficaz y eficiente.”

En lo que respecta a nuestro ejemplo, durante el análisis de una sala de control RTC tuvimos la oportunidad de observar un hecho inesperado: los controladores con mayor carga de trabajo (medible mediante el número total de operaciones efectuadas y su frecuencia de ejecución, así como mediante cuestionarios específicos), realizaban un comportamiento frecuente en tono de broma con el que, aparentemente, interrumpían el trabajo llamando la atención a algún compañero.

Desde una visión simplista de este hecho podríamos llegar a pensar en un gesto defensivo ante la carga de trabajo que debería ser sancionable en cuanto a la distracción que puede conllevar para el grupo de controladores. Nada más alejado de la realidad, este comportamiento en formato de broma, encerraba siempre una comunicación relevante sobre una operación realizada o por realizar del controlador y se transmitían a controladores que estaban en bandas contiguas (aunque en espacios de trabajo alejados unos de otros). Al realizar un análisis de redes sociales pudimos comprobar que los trabajadores emisores y receptores de este tipo de comunicaciones sostenían mayor carga de trabajo que el resto de controladores de la sala de control. Así mismo, un estudio mediante un instrumento para la evaluación de factores psicosociales,

nos desveló que la agrupación de los individuos que solían permanecer en esos puestos percibía un mayor apoyo social que el resto de compañeros.

El carácter instrumental de estas comunicaciones quedó patente tras la incorporación de un nuevo controlador a la sala de control que, tras un tiempo razonable, comenzó a realizar el mismo tipo de bromas que observaba, siendo reprendido durante una de ellas con un cortante “por favor no interrumpas, estamos trabajando” ante lo cual no pudo ocultar su asombro. Debemos señalar que, por un lado, aun cuando había controladores que solían operar frecuentemente en esos puestos, lo normal era que todos los controladores rotasen por todos los puestos de controlador y, por otro, que era el hecho de estar realizando las operaciones de control en las bandas de mayor carga de trabajo (y no el individuo concreto) el que se relacionaba con estas bromas recurrentes.

Entendemos que estas interacciones entre los individuos representan por un lado informaciones relevantes sobre el proceso de ejecución de la tarea y por otro el tejido social del grupo de trabajo donde se distribuye la acción y el conocimiento (la actividad). Es por ello que podemos utilizar a la propia sala de control como unidad de análisis para entender el comportamiento global del sistema de trabajo y de la carga de trabajo de los controladores, previendo por ejemplo lo que ocurrirá en caso de una incidencia.

Desde esta perspectiva la sala de control es un espacio de cognición distribuida, que se adapta como un todo a la cantidad y distribución de la información entrante, y a las exigencias de resultados precisos bajo presión temporal, todo ello mediante una red socio-tecnológica que es a la vez soporte y generadora de la acción (esa red es la propia sala de control).

Para analizar la actividad, en el contexto de una evaluación ergonómica, podemos diferenciar el Actor: La sala de control que se adapta a un entorno de información cambiante y con unas exigencias de regularidad y seguridad bajo presión temporal, relacionándose externamente con otras salas de control e internamente con sus componentes; y los actantes: operadores humanos y software que puede incluir algún tipo de *knowbot program*.

Un ejemplo de operador no-humano lo tenemos en los sistemas automáticos de gestión de rutas y prioridades (GRP) integrados en los RTC. Un gestor de rutas y prioridades (también conocidos como enrutador) genera automáticamente itinerarios a las composiciones que detecta en la línea. Este automatismo descarga al operador humano de ciertas acciones mecánicas y resitúa su papel en el sistema de la sala de control: Como supervisor de la actividad del GRP (cuando éste entra en funcionamiento), como sustituto del GRP (en caso de que falle) o como colaborador (si el operador y el GRP trabajan a la vez en el sistema). Las relaciones entre estos actantes (sean humanos o no-humanos) pueden esquematizarse mediante el modelo conceptual SHELL (Sebastián, 2008)

La idea de diferenciar los términos de *actor* (la sala de control) de *actantes* (componente humanos y no humanos) ha sido extraída de la *Teoría del Actor-Red* (también llamada ontología del Actante-Rizoma) creada por Bruno Latour y Michel Callon. Esta teoría presta atención a las redes que se establecen en la producción de conocimiento y señala la importancia del aspecto tecnológico tratándolo de una manera equivalente a la manera en que se trata el aspecto social (el sistema socio-técnico). De este modo, no se distingue entre humano y no-humano para identificar la *agencia*.

Según Latour, (1999), la teoría del Actor-red debería llamarse con mayor propiedad una Ontología del Actante-Rizoma, dado que, por un lado el término “actor” es uno de los términos de lo que se debe huir, por su tradición de vinculación a lo humano y porque el concepto red tiene muchos sesgos de jerarquías y por ello se propone el concepto “rizoma” a través de la tradición de Gilles Deleuze y Félix Guattari, un concepto que tiene que ver con el gran número de actantes descentralizados que pueden llegar a influir en la producción de conocimiento. Un *rizoma* es un modelo descriptivo (o epistemológico) en el que la organización de los elementos no sigue una subordinación jerárquica, sino en la que cualquier elemento puede afectar o incidir sobre cualquier otro (Deleuze y Guattari, 1972). *Actante* es un término creado por Lucien Tesnière y usado posteriormente por la semiótica para designar a un participante (persona, animal o cosa) en un programa narrativo. En el contexto del modelo presentado, el término actante es utilizado como una forma neutral de referirse tanto a humanos como a no-humanos.

Según Michel Callon (1992/1998), profesor de sociología en la Ecole des Mines de Paris:

“El actor-red no es reductible ni a un simple actor ni a una red. (...) Un actor-red es, simultáneamente, un actor cuya actividad consiste en entrelazar elementos heterogéneos y una red que es capaz de redefinir y transformar aquello de lo que está hecha.”

Es más,

“Ninguna versión del orden social, ninguna organización, y ningún agente resulta jamás completo, autónomo y final.” (Law, 1992).

Mediante esta concepción del operador humano integrado en una red, podemos entender a la organización como a un sistema complejo dinámico y en desarrollo. Desde esta visión, cada parte funcional de una organización, se debe entender como una determinada parte del medio y las personas que trabajan en esa área desarrollan un punto de vista cognoscitivo que refleja su adaptación particular a esa parte específica del medio. Este concepto se conoce como diferenciación en el enfoque de Lawrence y Lorsch (1967) y permite comprender por qué diferentes tipos de organización son más o menos efectivos en diferentes tipos de medio y con diferentes tecnologías. Desde esta perspectiva, un concepto relacionado con la diferenciación es el de integración, que hace referencia a la reunión de diversos estilos cognoscitivos y estrategias de resolución de problemas en un conjunto coherente de actividades orientadas hacia el logro de metas.

De este modo, mediante el análisis del Actor y los Actantes en su doble dimensión de integración y diferenciación en el sistema organizativo podremos comprender el proceso de adaptación de la sala de control a las necesidades del medio donde opera, así como los estilos cognoscitivos que promueve entre sus integrantes para satisfacer las exigencias derivadas de dicha adaptación. Por ejemplo, tramos de vía diferente provoca necesidades diferentes (tecnológicas y culturales) para llevar a cabo su gestión, entre ellas, diferentes modos de percibir lo que es peligroso y lo que no. Así la ejecución de un controlador que cambie su puesto de trabajo por otro en una sala de control diferente puede verse influenciada por una comprensión defectuosa de lo que representa un peligro y realizar (o no realizar) una acción con consecuencias desastrosas (por ejemplo ante sistemas de bloqueo diferentes). Para solventar esta posible

falla, se podría ejecutar un diseño homogéneo de las salas de control basado en modelos de *Cross Training* o protocolizar periodos de prácticas al cambiar de puesto y sala (aunque se desempeñen las mismas tareas) para evitar estas situaciones.

En resumen, en el análisis ergonómico de una sala de control hemos diferenciado una unidad de análisis o actor (la sala de control) de los actantes o componentes humanos y no-humanos. Esta diferenciación nos permite entender la distribución de conocimientos (de la cognición en suma) y predecir el comportamiento del sistema ante aumentos de carga de trabajo o incidencias. Bajo este modelo de análisis de “Actor-Actantes”, como lo hemos bautizado, los operadores (humanos y no-humanos) del sistema deben satisfacer las competencias del saber hacer situado y del saber hacer distribuido. Así mismo, el modelo “Actor-Actantes” nos permite aplicar una metodología para la comprensión de la situación de trabajo que facilita el análisis de accidentes por fallo humano.

En definitiva, existe una paulatina búsqueda hacia lo contextual (entender las claves contextuales) y hacia lo relacional (entender las claves de actuación como relaciones más que como atributos), en esta línea escribía Kenneth Gergen (1985) cuando comentaba que “el conocimiento no es algo que la gente tiene en su cabeza, sino más bien algo que la gente hace junta.”

Aunque una explicación más amplia de este enfoque relacional de la Teoría de la Actividad, donde el conocimiento y la actividad se entienden como habilidades distribuidas, excede de los objetivos de este artículo, el ejemplo de su aplicación al análisis de la sala de control del tráfico ferroviario quizás haya demostrado que provee a la Ergonomía de herramientas conceptuales y principios metodológicos relevantes para el diseño y análisis

de puestos de trabajo y para la realización de evaluaciones ergonómicas dirigidas a evitar accidentes por fallo humano.

Organización y cultura

Aunque se reconoce que los factores humanos están implicados en el 80-90 % de accidentes de trabajo (Hale y Glendon, 1987), en años recientes las investigaciones se han centrado sobre factores de organización y ambientales más que sobre variables de nivel individual. Un hito en esta línea ha sido la aparición del concepto de *cultura de seguridad*, definida como

“El producto de los valores, actitudes, competencias, y patrones de comportamiento que determinan el compromiso hacia, y el estilo y capacidad de, los programas de salud y seguridad de una organización. Las organizaciones con una cultura positiva de seguridad están caracterizadas por comunicaciones basadas en la confianza mutua, por percepciones compartidas de la importancia de seguridad, y por la confianza en la eficacia de las medidas preventivas.” (*Health & Safety Commission*, 1993, pág. 23).

En esta línea podemos destacar el trabajo de Ron Westrum (2004) sobre la tipología de las culturas organizacionales relacionadas con la seguridad y el trabajo de Charles Perrow (1984); para este autor, las organizaciones modernas son tan complejas y tan fuertemente integradas que los accidentes son inevitables, “o normales”, aun cuando se apliquen procedimientos de seguridad “apropiados”. De este modo, los desastres no pueden reducirse únicamente en “el error de operador,” como ha sido el acercamiento típico en el pasado. Estos fenómenos son el

resultado natural de los mismos sistemas organizacionales.

En este sentido, como señala Llory (1999), un abordaje que privilegie esencialmente el error humano como causa fundamental de los accidentes no esclarece sino que por el contrario oscurece la comprensión de cómo ocurren los accidentes. Para este autor el accidente debe ser designado como organizacional en la medida en que es, ante todo, el producto de una organización sociotécnica. No es solamente un resultado de una combinación azarosa de fallos pasivos y latentes con fallos activos y directos y tampoco es solamente el resultado de una combinación específica de errores humanos y fallos materiales. El accidente puede ser entendido como algo enraizado en la historia de la organización: una serie de decisiones o ausencia de decisiones que ha evolucionado desde los contextos organizacional, institucional y cultural con posibilidad de interferir en el futuro del sistema; que ha evolucionado, así mismo, de la degradación progresiva de las condiciones de factores internos de la organización y de algunos eventos particulares que tienen un impacto notable sobre la vida y el funcionamiento del sistema sociotécnico, generando una situación desfavorable: un terreno en el cual un accidente (o un incidente) podrá desenvolverse. En resumen, para este autor, un accidente incuba y el periodo de incubación puede ser largo.

La necesidad de analizar las causas remotas, unida a la visión sistémica de los accidentes y a la convicción de la implicación del contexto organizativo, han propiciado diversos modelos de análisis entre los que destaca el modelo conocido como del “patógeno residente” de James Reason (1990, 1997), por su profundidad teórica y su versatilidad práctica. Este modelo tiene la virtud de mostrar el modo en que los opera-

dores se relacionan con el fallo de sistemas complejos e interactivos, produciéndose así un accidente. Desde esta perspectiva, los accidentes son consecuencia de las interacciones de una serie de fallas o defectos ya presentes en el sistema, muchas de las cuales no son visibles y tienen serias consecuencias posteriores. Estas fallas pueden ser activas (error que tiene un efecto adverso inmediato) y latentes (decisión o medida adoptada tiempo antes de un accidente cuyas consecuencias pueden estar latentes durante largo tiempo). Estas fallas latentes aún cuando no causen daño, pueden crear una “ventana de oportunidad” para que se cometa una falla activa que, al interactuar con ciertas condiciones circunstanciales, rompa todas las defensas (elementos creados por las empresas para evitar los daños) y produzca un accidente. Estas fallas latentes o condiciones preexistentes en el sistema pueden ser problemas resultantes de elementos de la organización, como la cultura, procedimientos o decisiones de los directivos. En estos casos se las denomina como fallas organizacionales.

Un ejemplo de esta tipología de fallas (activas y latentes) lo tenemos en el informe CIRAS (*Confidential Incident Reporting and Analysis System*), del servicio de información de la industria ferroviaria británica y publicado en el diario *The Guardian* (reseñado en el diario *El País* el 13/3/2001), donde se reconoce que la fatiga de maquinistas y empleados en general contribuye a que las señales de peligro no suelen ser respetadas. Este estudio achaca estas anomalías a las presiones ejercidas por las distintas compañías que gobiernan el sector desde su privatización. Así, se comenta que alrededor de un 37% de problemas leves de seguridad (notificados en secreto) corresponde a violaciones del reglamento, mientras que un 24% de los incidentes

considerados como graves o muy graves se deben a la fatiga de los empleados.

Adaptando esta concepción de fallo humano propuesta por el modelo de James Reason, hemos elaborado un *Esquema de Control de Fallas* (Sebastián, 2006), que se muestra en la tabla 2. En los análisis de accidentes, el esquema de control de fallas permite mapear diferentes procesos intervinientes en el sistema (diagramarlos) y analizar la trazabilidad de un tipo de error de cara a su prevención.

Accidentología: la investigación de accidentes

Como hemos visto, la comprensión de la situación de trabajo incluye el análisis de las relaciones en las que los operadores humanos se encuentran inmersos. Dada esta complejidad, el error debe ser entendido como el resultado de las restricciones que el sistema impone sobre las conductas de los operadores. Es decir, en principio las personas tratan de hacer las tareas de forma correcta, pero por cuestiones contextuales su control para actuar correctamente está limitado. En palabras de Claus Jensen:

“Ya no tiene sentido apelar al sentido de responsabilidad, moralidad o decencia del trabajador, desde el momento que estamos trabajando en sistemas extremadamente grandes y complejos.” (Jensen, 1996).

Desde otro punto de vista, Charles Perrow señala que la insistencia en el error humano es siempre sospechosa, ya que facilita la ocultación de los demás factores de riesgo que pesan sobre la seguridad (Perrow, 1984).

Si el trabajo normalmente se realiza en entornos complejos donde la penetración de

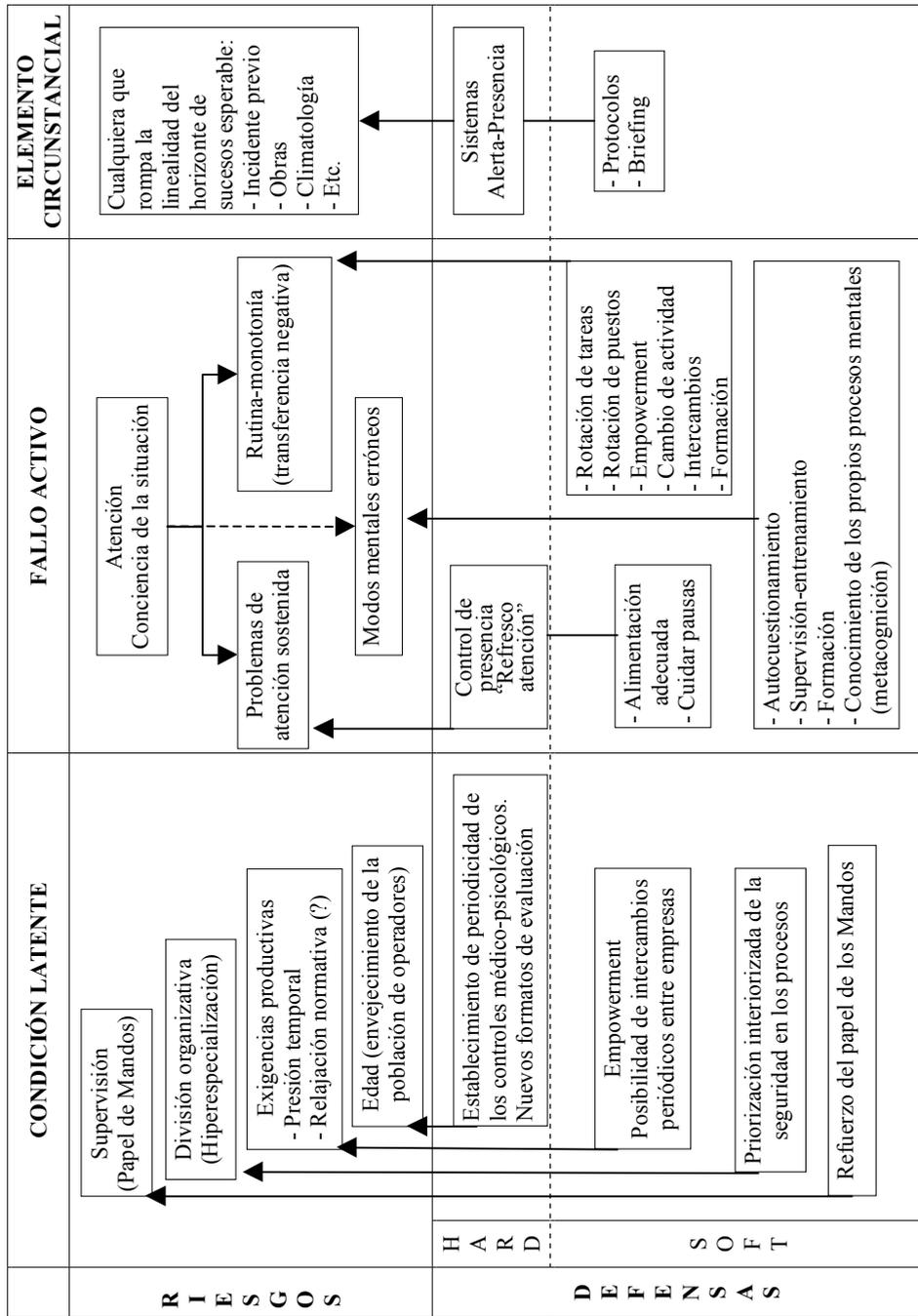
la tecnología es cada vez mayor, la pregunta relevante ya no es porqué existen los errores humanos, sino porqué ocurren los accidentes. La respuesta a esta última pregunta no es ni fácil ni única. Lo primero que debemos tener en cuenta es la gran cantidad de variables que pueden llegar a influir en la materialización de un accidente, tanto las que se relacionan con la situación, como las que tienen que ver con las personas implicadas y sus relaciones, como las relacionadas con los materiales y máquinas utilizadas, además de los modos de hacer (las normas, las reglas, los hábitos) y la organización (tal y como hemos visto en el modelo de análisis Actor-Actante).

Por si fuera poco, a este cajón de variables hay que añadirle las interrelaciones entre ellas, es decir no basta con analizar una situación y una persona, sino qué significaba esa situación para esa persona concreta y cómo eso se relaciona con las máquinas en el contexto de la organización. Una opción razonable desde este presupuesto (desde esta complejidad manifiesta) es la de investigar los accidentes de forma sistemática con el fin de que no vuelvan a suceder, estudiando sus causas y evitando la tentación de considerar sólo los hechos.

Desde esta concepción el accidente puede ser desprovisto del análisis del sistema de trabajo y evaluar, en exclusividad, la dualidad de conceptos tradicionales de Condición Insegura (aquella condición física, generalmente observable que hace posible la generación del accidente) y Acto inseguro, (acto efectuado por el trabajador, ya sea por acción o por omisión, que hace posible la ocurrencia del accidente).

Desde este punto de vista, lo importante es determinar la raíz de la ocurrencia del accidente y no buscar un responsable a quien culpar por dicha ocurrencia. El momento óptimo para investigar un accidente es tan

Tabla 2. Esquema control del fallo humano sobre un ejemplo real. (Sebastián, 2006, a partir del modelo de J. Reason).



pronto como sea posible tras su ocurrencia. Las acciones más importantes durante la investigación serán:

- Aplicar un cuestionario *ad hoc* a quien(es) estuvieron en el accidente, incluyendo lesionados y testigos.
- Inspección de las maquinarias, herramientas, equipos y materiales a efectos de encontrar signos de desgaste y deterioro, corrosión, desperfectos, falta de resguardos de protección, etc.
- Inspección de condiciones y medio ambiente de trabajo en (iluminación, temperatura, pisos, ruido, contaminantes, etc.).
- Investigación de la persona (posición, experiencia, estado de salud, destreza, fatiga).
- Investigación de la forma (uso de procedimiento correcto, respeto a normas de seguridad).
- Observación detallada de la escena y los daños producidos.
- Toma de fotos a efectos de determinar evidencias físicas.
- Análisis de las mediciones.
- Determinación de los eventos que precedieron al accidente.

Los instrumentos generalmente empleados en esta investigación, coherentemente con la perspectiva que venimos desarrollando, serán:

- Método del árbol de causas.
- Método del análisis de la cadena causal.
- Método SCRA (Síntoma – Causa – Remedio – Acción).
- Método del diagrama ISHIKAWA (diagrama de la espina de pescado).

El problema de la investigación de accidentes es que es un procedimiento esencialmente reactivo, primero ha de ocurrir el accidente, luego hemos de aprender de lo investigado y, por último, se han de tomar medidas para tratar de evitar accidentes similares. Esa es, en palabras de Hugo Oscar Leimann, una *tombstone prevention* o “prevención de las lápidas”, porque para reaccionar necesita lo que los norteamericanos llaman *blood priority*, es decir, la acción preventiva surge tras la toma de conciencia de que ha ocurrido una grave pérdida de vidas y/o dinero.

Análisis del fallo humano en algunos sectores

En el sector aeronáutico

El estudio de los factores humanos en la aviación descansa en el análisis de las relaciones que se efectúan entre la persona y las máquinas, procedimientos y ambientes que los rodean, así como, fundamentalmente sus relaciones con las demás personas. El objetivo es llegar al máximo nivel de relación entre las actividades y los sistemas de que forman parte, incluyendo a los grupos y a la organización misma.

Este campo de estudio de los factores humanos en la aviación se denomina CRM, que en un primer momento comenzó designando las siglas de *Cockpit Resource Management*, y actualmente, tras varias generaciones de estudios, designa el enfoque de *Crew Resource Management*. Este último apelativo, tal y como se conoce popularmente al CRM tiene su origen en una jornadas organizadas por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) en 1979 (Cooper, White y Lauber, 1980).

El concepto de CRM ha evolucionado desde una prioridad en mitigar las consecuencias del error a una prioridad en atrapar el error, y por último, una prioridad en evitar el error. Esta evolución del concepto de CRM ha constituido lo que se conoce como generaciones de CRM y que en la actualidad, se le conozca también como *Corporate/Company Resource Management*, haciendo referencia a la gestión de todos los recursos necesarios para evitar el error, incluyendo expresamente a la organización. Nótese la evolución desde *cockpit* (cabina), a *company* (compañía/empresa), pasando por *crew* (tripulación).

Podemos entender CRM como una forma de maximizar los recursos disponibles y las relaciones: persona-máquina-procedimientos-ambiente-relaciones personales de cara a evitar el fallo humano y los accidentes. Para ello se realizan actividades de la formación y mantenimiento del equipo de trabajo, en áreas como la transferencia de información, la resolución de problemas, la toma de decisiones, la conciencia situacional y la gestión de sistemas automatizados.

En el sector ferroviario

En el sector ferroviario se ha venido utilizando el método de los *puntos pivote* desarrollado por Cecilia de la Garza, del Laboratorio de Ergonomía Informática de la Universidad René Descartes de París y por Annie Weill-Fassina del Laboratorio de Ergonomía Cognitiva de la Escuela Práctica de Altos Estudios de París (De la Garza y Weill-Fassina, 1995). Este método adopta un enfoque de sistemas donde el análisis se ubica en las interacciones entre los disfuncionamientos y las causas y elementos implicados en dichos eventos. La hipótesis general es que todo proceso accidental o incidental resulta de interacciones no previstas en el proceso

laboral, conduciendo a situaciones en las que los operadores no podrán responder adecuadamente (a tiempo), o no tendrán los medios de construirse un diagnóstico adaptado a la situación actual. Se basa en ciertos modelos integrando la dinámica de los actores, así como la de la organización. Mediante el estudio de incidentes, se pueden identificar *fallas organizacionales*, *errores de diseño* o bien *errores latentes* como elementos que favorecen el sobrepaso de barreras de seguridad (modelo de Reason anteriormente descrito). Por último, en el método de los *puntos pivote* se considera tanto la gestión individual del riesgo laboral, como una gestión colectiva de la seguridad que se inscribe en una red organizacional (De la Garza, 2005).

“Un *punto pivote* se define como un elemento perturbador que, en interacción con otros puntos pivote y con el medio laboral, introduce un cambio de estado del sistema, el cual no podrá ser compensado. Los puntos pivote adquieren el estatus de punto pivote *a posteriori*, en función de las dificultades para el control de la situación por los actores implicados en el evento crítico y de las consecuencias en la dinámica de la situación. Así, la infracción de una regla podrá ser un punto pivote, pero no lo será de manera sistemática, ni será el único.” (De la Garza, 2005).

En España, a lo largo del año 2001 se realizó un entrenamiento a un grupo de maquinistas de una compañía ferroviaria sobre la concepción del modelo de Reason utilizando un modelo formativo que se bautizó como *EPS 360 grados* desarrollado por el autor de este artículo, desde el que se desarrollaban acciones dirigidas hacia el sistema de actividad global de los operadores (ver figura 3). Tras

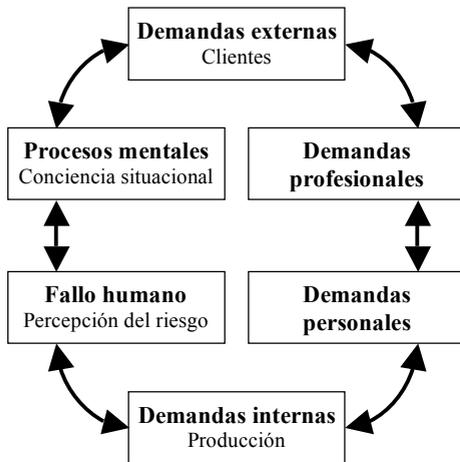


Figura 3. Modelo de entrenamiento EPS360.

dicha intervención se obtuvieron resultados significativos respecto a la disminución de accidentes por fallo humano.

En el sector marítimo

Para este sector, las investigaciones en España vienen reguladas por la Orden del Ministerio de Fomento de 17 de mayo de 2001 por la que se regula la composición y funciones de la Comisión Permanente de Investigación de Siniestros Marítimos (BOE 149, de 22/6/2001). En los apéndices de dicha orden se desarrollan y combinan, para la realización de investigaciones sobre el factor humano, el modelo SHELL (Hawkins, 1987) para la reunión de datos sobre el acaecimiento, y el modelo de Reason (1990) para determinar el desarrollo secuencial del siniestro.

Conclusiones

Como hemos visto a lo largo de este artículo, el modelo individualista e intrapsíquico de los factores humanos como causantes de

accidentes ha sido desarrollado y ampliado hasta generar nuevos enfoques que incluyen el contexto desde una perspectiva sistémica. Este giro paulatino hacia lo contextual y relacional, ha modificado la esencia misma del concepto de error humano resituándolo y quedando subsumido en la red de la que, inevitablemente, forma parte. De este modo, ante una simple equivocación en la que, en lugar de pulsar X se pulsa finalmente Z con consecuencia finalmente desastrosas, ya no es válido quedarnos en la descripción de lo ocurrido, o en establecer los procesos mentales implicados, ni siquiera en explicar el accidente, hemos de ir más allá y preguntarnos desde un modelo sistémico por qué, si era tan importante, no se incluyó un sistema tipo Bouré (una *force function*), qué formación tenía el operador, quién le supervisaba, cuál era la organización del trabajo...

Por otro lado, es necesario caminar hacia una seguridad ecológica entendiendo como Bourrier (1997), que muchas organizaciones sobreviven sólo porque toleran los desvíos por parte de los operadores dentro de ciertos márgenes o porque transforman las normas al ser cuestionadas desde lo operativo.

En resumen, ni la visión normativa (Aslanides y Poy, 2001) ni la individual de la seguridad y la fiabilidad humana son suficientes para lograr comprender y erradicar los accidentes, por ello necesitamos de una nueva visión de conjunto, que englobe desde el marco operativo hasta el organizacional; sólo así lograremos comprender para transformar las situaciones de trabajo previniendo con ello los accidentes por fallo humano. En nuestra opinión modelos de análisis como el de actor-actantes y acciones de entrenamiento como las englobadas bajo el modelo EPS360 pueden llegar a convertirse en herramientas útiles para el análisis y prevención de accidentes.

Referencias

- Adam, E.C. (1993). Fighter cockpits of the future. *Proceedings of 12th DASC, the 1993 IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference*, 318-323.
- AIRBUS (2007). *Flight Operations Briefing Notes - Human Performance - Enhancing Situational Awareness*. Flight Operations Support and Services. FOBN Reference: FLT OPS – HUM PERF – SEQ 06 – REV 01 – JUL. 2007
- Álvarez, A. y Del Río, P. (1990). Educación y desarrollo: la teoría de Vygotsky y la Zona de Desarrollo Próximo. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación. Vol. II*. Madrid: Alianza.
- Arango, G., Jaramillo C. y Restrepo C. (2005). *Competencias, saberes y herramientas para la intervención social de psicólogo*. Medellín: Fondo Editorial Funlam.
- Aslanides, M., Jollans, J.Y. y Amalberti, M. (2006). Prevención mediante el control de los desvíos a las normas: características y límites del análisis de las violaciones en las investigaciones de accidentes. *Primeras Jornadas latinoamericanas de seguridad de vuelo y factores humanos*, Aranjuez, España.
- Aslanides, M. y Poy, M. (2001). Ergonomía y Seguridad Aérea en una Organización Militar Argentina. *5º Congreso Nacional de Estudios del Trabajo*. Argentina.
- Burke, K. (1945). *A grammar of motives*. Berkeley: University of California.
- Caesar, H. (1988). International jet-loss statistics, update of airline safety. Records, lessons learned, and avoidance strategies. *Proceedings of FSF 41st Annual International Air Safety Seminar (IASS)*. Sydney, Australia.
- Callon, M. (1992/1998). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico. En M. Doménech y F.J. Tirado (Comps.), *Sociología Simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad* (págs. 143-170). Barcelona: Gedisa.
- Cañas, J. J. (2004). *Personas y máquinas: El diseño de su interacción desde la ergonomía cognitiva*. Madrid: Pirámide.
- Chuliá, V. (1992). Valoración del riesgo. Predicción y prevención. Análisis de la vulnerabilidad. En C. Álvarez, V. Chuliá y A. Hernando (Eds.), *Manual de asistencia sanitaria en las catástrofes* (págs. 29-35). Madrid: Ed. ELA.
- Cole, M. y Engeström, Y. (1993). A cultural-historical approach to distributed cognition. En G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations* (págs. 1-46). Nueva York: Cambridge University Press.
- Cooper, G.E., White, M.D. y Lauber, J.K. (1980). Resource Management on the Flightdeck. *Proceedings of a NASA/ Industry Workshop. (NASA CP-2120)*. Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- De La Garza, C. (2005). Aportes del método de los “puntos pivote” a un estudio prospectivo de seguridad en el campo de la interoperabilidad ferroviaria. *Laboreal, 1 (1)*, 16-25.
- De la Garza, C. y Weill-Fassina, A. (1995). Méthode d’analyse des difficultés de gestion du risque dans une activité collective: la maintenance des voies ferrées. *Safety Science, 18*, 157-180.
- Deleuze, G. y Guattari, F. (1972), *Capitalisme et Schizophrénie I. L’Anti-Œdipe*, París: Minuit.
- Di Sopra, L. (1983). Hypothesis for the construction of vulnerability tables.

- Third World Congress of Emergency and Disaster Medicine*. Roma.
- Duro, A. (2009). Modulación del trabajo: estrategias de adaptación del trabajador para regular las demandas de tarea y persona. *Psicothema*, 21 (1), 105-111.
- Edwards, E. (1972). Man and machine: Systems for safety. *Proceedings of the BALPA Technical Symposium*. Londres.
- Endsley, M.R. (2000). Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. En M.R. Endsley y D.J. Garland, (Eds.), *Situation Awareness Analysis And Measurement*. Mahwah, NJ: LEA
- Endsley, M.R., y Jones, W.M. (2001). A model of inter- and intrateam situation awareness: Implications for design, training and measurement. En M. McNeese, E. Salas y M. Endsley (Eds.), *New trends in cooperative activities: Understanding system dynamics in complex environments*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding; An activity theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Flight Safety Foundation (1998/1999). *Flight Safety Digest*. Vol. 17 (noviembre 1998) y Vol.18. (febrero 1999)
- Funke (1995). Experimental Research on Complex Problem Solving. En P. Frensch y J. Funke (Eds.), *Complex Problem Solving: The European Perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Gergen, K. (1985). The social constructionist movement in modern psychology. *American Psychologist*, 40, 266-275.
- Hawkins, F.H. (1987). *Human factors in flight*. Aldershot, UK: Gower Technical Press.
- Hale, A.R., y Glendon, A.I. (1987). *Individual behaviour in the control of danger*. Amsterdam: Elsevier.
- Hansen, C.P. (1988). Personality characteristics of the accident involved employee. *Journal of Business and Psychology*, 2, 346-365.
- Hansen, C.P. (1989). A causal model of the relationship among accidents, biodata, personality and cognitive factors. *Journal of Applied Psychology*, 74, 81-90.
- Health & Safety Commission (1993). *Organizing for safety (ACSNI Human Factors Study Group, Tercer Informe)*. Londres: HMSO.
- Hollan J., Hutchins, E. y Kirsch, D. (2000). Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research. *ACM Special Interest Group on Computer-Human Interaction*, 7 (2), 179.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speed. *Cognitive Science*, 19 265-288.
- Jensen, Claus. (1996) *No Downlink: A Dramatic Narrative about the Challenger Accident and Our Time*. Nueva York: Farrar, Straus, Giroux.
- Krause, T.R., Hidley, J.H. y Hodson, S.J. (1990). *The Behavior-Based Safety Process*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold.
- Latour, B. (1999). On recalling ANT. En J. Law y J. Hassard (Eds.), *Actor-Network Theory and After* (págs. 15-25). Londres: Blackwell.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Live*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Law, J. (1992). Notes on the Theory of the Actor-Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity. *Systems Practice*, 5, 379-393.
- Lawrence, P. y Lorsch, J. (1967). Differentiation and Integration in Complex

- Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 12, 1-30.
- Lechat, M. (1986). Planificación y gestión de las catástrofes. *Cuadernos de Protección Civil*, 2, 26-28.
- Leontiev, A. N. (1981). *Actividad, conciencia, personalidad*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Llano, M. y Sebastián, M.L. (2008). Neuroergonomía Cognitiva. En P. Mondelo, M. Mattila, W. Karwowski, y A. Hale (Comps.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Occupational Risk Prevention*.
- Llory, M.L. (1999). *Accident de la Central Nuclear de Three Mile Island*. Paris: L'Harmatan.
- Lozares, C. (2000). La Actividad situada y/o el conocimiento socialmente distribuido. *Papers, Revista de Sociología*, 62, 97-131.
- Maturana, H., y Varela, F. (1996). *El Árbol del conocimiento: Las bases biológicas del conocimiento humano*. Madrid: Editorial Debate.
- NASA (1993). *ASRS (Aviation Safety Reporting System)*.
- Perrow, C. (1984) *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Nueva York: Basic Books.
- Ramsey, J. (1985). Ergonomic factors in task analysis for consumer product safety. *Journal of Occupational Accidents*, 7, 113-123.
- Rasmussen, J. (1982). Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations. *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-333.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, knowledge: signals, signs and symbols and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions: Systems, Man and Cybernetics SMC*, 13, 257-267.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
- Rodríguez, J. A. (2005). *Análisis estructural y de redes*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas (*Cuadernos Metodológicos, N° 16*).
- Salomon, G. (1993). *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Sanders, M.M. y McCormick, E.J. (1993) *Human Factors in Engineering & Design (7th Ed.)*, Nueva York: McGraw-Hill.
- Sebastián, M.L. (2002). Fallo humano: evitando el error. *Líneas del Tren*, 278, 22-23.
- Sebastián, M.L., Blanco, I. y Quintana, T. (2003). *Procesos mentales implicados en el fallo humano durante la conducción de trenes*. Madrid: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE). Departamento de Formación de la Unidad de Negocio de Regionales. (Edición interna).
- Sebastián, M.L. (2006). Ergonomía en las cabinas de trenes de Alta Velocidad: clave de análisis. *Actas del primer Simposium Iberoamericano de Ergonomía y Psicología: "Facilitando a atividade e melhorando o trabalho"*. Avilés: 30 de Septiembre - 01 de octubre.
- Sebastián, M.L. (2008). *Ergonomía: pautas de actuación*. Sevilla: Colegio Oficial de Psicología de Andalucía Occidental.
- Suchman, L. (1987). *Plans and Situated Action: The problem of Human-Machine Communication*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Swain, A.D. y Guttman, H.E. (1983). *Handbook of Human Reliability Analysis*

- with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*. N.U.R.E.G./C.R.- 1278. Albuquerque N.M.: Sandia Nuclear Laboratories.
- Vukmirovic, S. (2000). Railway regulations in the function of railway traffic management. *Proceedings of the 7th International Scientific Conference of Railway Experts*. Belgrado: Zelnid.
- Westrum R. (2004). A Typology of Organizational Cultures. *Quality Safe Health Care*, 13 (2), 22-27.
- Wickens, C.D. (1984). Processing resources in attention. En R. Parasuraman y R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. Nueva York: Academy Press.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. Nueva York: Harper Collins.
- Wisner, A. (1987). *Por dentro do trabalho*. São Paulo: Editora FTD/Oboré,
- Wioland, L. y Amalberti, R. (1996). When errors serve safety: towards a model of ecological safety. *Proceedings of the First Asian Conference on Cognitive Systems Engineering in Process Control (CSEP 96)* (págs. 184-191). Kyoto, Japón, 12-15 de Noviembre.

