



# Modelos conceptuales clásicos para la mejora de la seguridad aérea

<b>Apellidos, nombre</b>	Mateu Céspedes, José María (jomaces1@tra.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
<b>Centro</b>	ETS de Ingeniería del Diseño. Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen de las ideas clave

Presentamos en este artículo dos modelos ampliamente utilizados en el ámbito de la seguridad aérea.

El **modelo SHELL** fija nuestra atención en los componentes del sistema de transporte aéreo, esto es: el **Software**, entendido como el conjunto de políticas, procedimientos, listas de comprobación, procesos formativos, etc., el **Hardware**, entendido como el conjunto de máquinas, equipos, instalaciones, etc., el entorno de trabajo (**Environment**), entendido aquí como las condiciones operativas en que se desarrollan las actividades, y, finalmente, el factor humano (**Liveware**), integrado por todas las personas que intervienen en los procesos integrantes o relacionados con el transporte aéreo. Pero sobre todo incide en la interacción entre estos elementos, y como gestionar esa interacción para reducir los riesgos.

El **modelo de Reason**, también llamado del **Queso suizo**, muestra por su parte el sistema de seguridad como un conjunto de barreras configurado para evitar accidentes. Un adecuado diseño y gestión de estas barreras impedirá que una amenaza a la seguridad acabe produciendo un accidente. Los errores en la definición de estas barreras, la inobservancia de los procedimientos de seguridad establecidos en las mismas y otras causas se pueden visualizar como agujeros en esas barreras de seguridad. Un alineamiento de agujeros, es decir, una concatenación desafortunada de causas, podría producir un accidente.

## 2 Introducción

Entendemos por **modelo**, a los efectos que nos interesan en este texto, una representación conceptual y simplificada de la realidad. Esta realidad suele ser intrínsecamente compleja, de manera que los modelos nos sirven para comprender esa realidad compleja. Más concretamente, los modelos nos sirven para comprender los elementos o factores que la componen, y para entender su comportamiento y otras dimensiones significativas. Esa comprensión nos permitirá a su vez prever su evolución, intervenir sobre ella o, en general, adoptar medidas que nos acerquen a una situación deseada relacionada con esa realidad.

Esta serie de ventajas tienen no obstante una contrapartida negativa. Toda simplificación conlleva la renuncia al conocimiento de determinados elementos de la realidad modelada. Por ello es fundamental acertar en el diseño o la elección de los modelos a emplear. Este diseño o elección deberá tener en cuenta por ejemplo el objetivo perseguido. Un modelo útil para según qué interés puede no resultar conveniente para otros objetivos.

Las realidades que desembocan en accidentes aéreos suelen ser realidades extraordinariamente complejas. Describir esas realidades, analizarlas, es en cualquier caso necesario para mejorar la seguridad aérea, reduciendo el número de accidentes y sus consecuencias sobre personas y bienes. Una acertada modelización puede ayudarnos en este objetivo. Determinados modelos muestran la relación entre las potenciales circunstancias de riesgo, la respuesta de los diversos componentes del sistema de transporte aéreo y la eventual ocurrencia de accidentes. Esos mismos modelos pueden asistirnos en la mejora del sistema, haciendo que se reduzcan las ocurrencias o, al menos, limitando sus consecuencias.



### 3 Objetivos

El objetivo de este artículo es en primer lugar argumentar sobre la utilidad del uso de modelos en el ámbito de la seguridad aérea. Se presentan además dos modelos clásicos y ampliamente utilizados en este ámbito.

El lector podrá tras la lectura de este texto:

- Describir los modelos presentados.
- Aplicar estos modelos en situaciones concretas dentro del ámbito del transporte aéreo.
- Extraer consecuencias relativas a la gestión de la seguridad en esas situaciones concretas del ámbito del transporte aéreo.

### 4 Desarrollo

Con estos objetivos en mente presentamos dos modelos que gozan de gran reconocimiento en el ámbito de la seguridad en el transporte aéreo. Ambos han sido adoptados por la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO por sus siglas en inglés), y usados para el desarrollo de sus recomendaciones en materia de seguridad.

#### 4.1 El modelo SHELL

Propuesto en los años setenta, el modelo SHELL trata de orientar los esfuerzos desplegados en pro de la seguridad, enumerando los ámbitos de atención más relevantes. Las letras del acrónimo (procedentes del inglés) se refieren a:

**S (Software):** conjunto de políticas, procedimientos, listas de comprobación, procesos formativos, etc.

**H (Hardware):** máquinas, equipos, instalaciones, etc.

**E (Environment):** condiciones operativas en que se desarrollan las actividades

**L (Liveware):** las personas que intervienen

La disposición de las cajas en la representación gráfica del modelo (ver imagen 1) pone el foco en la interacción del factor humano con los demás elementos y con las propias personas. De ahí su posición central en la representación gráfica del modelo.

Apliquemos el modelo, a modo de ejemplo, a un ámbito clave, la cabina de pilotaje del avión:

- ✓ Interacción entre el factor humano y las condiciones del entorno. Por ejemplo, ¿están los pilotos preparados para tomar decisiones bajo condiciones climatológicas exigentes?
- ✓ Interacción entre el factor humano y el hardware. Las cabinas de las aeronaves han ganado en sofisticación a lo largo de las últimas décadas. ¿Cómo preparar a las tripulaciones para que puedan gestionar la creciente complejidad?

- ✓ Interacción entre el factor humano y el software. ¿Están los distintos procedimientos establecidos de forma que faciliten el trabajo de la tripulación?
- ✓ Interacción entre las personas. ¿Se dan las condiciones para fomentar el trabajo colaborativo y eficaz entre los distintos miembros de la tripulación?

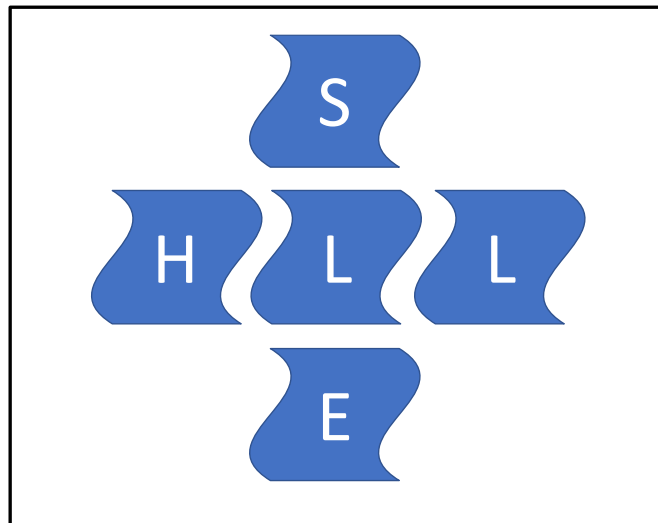


Imagen 1.- Representación gráfica del modelo SHELL

Debemos tener en cuenta que las personas son algo más que sistemas complejos en sí mismos. Conviven en ellas factores de muy diversa naturaleza que afectan a su rendimiento: físicos (temperatura, presión, otras condiciones del entorno), fisiológicos (salud, estrés), psicológicos (motivacionales, familiares, de estado de ánimo), psicosociales (relación con los demás).

El 12 de febrero de 2009 un Bombardier Dash 8 de la compañía Colgan Air se estrellaba en su aproximación al aeropuerto de Buffalo, en Estados Unidos, produciendo 49 muertes. La investigación reveló que la tripulación respondió de manera errónea a las condiciones atmosféricas y las señales de alerta, y que no respetó las normas de comportamiento en cabina. La falta de preparación fue evidente, pero la investigación mostró además otros factores que coadyuvaron a la desgracia. La grabación de bostezos puso de manifiesto el cansancio de la tripulación, que a la postre se averiguó no provenía de un exceso de horas de pilotaje, pero sí de otras circunstancias, como horas en vuelos de conexión y otros factores motivados en última instancia por las condiciones de trabajo.

## 4.2 El modelo de Reason, o del queso suizo

El modelo propuesto por James Reason ha sido ampliamente seguido y recomendado a lo largo de sus treinta años de existencia, debido tanto a su simplicidad como a su capacidad didáctica para mostrar cómo los factores de riesgo pueden derivar en incidentes de seguridad y en accidentes. Es importante reseñar aquí que esos factores de riesgo, las causas remotas,

pueden preceder ampliamente en el tiempo al momento de producirse el accidente.

Reason representa el sistema de seguridad como una serie de barreras de defensa configuradas en principio por todo el conjunto de decisiones adoptadas por todos los que participan en el proceso de transporte aéreo.

- La primera barrera está configurada por todo el conjunto de decisiones y procedimientos establecidos por la dirección de la organización para garantizar una operativa segura. La dirección juega además aquí un rol decisivo, mostrando explícita e implícitamente su observancia de la seguridad como principal prioridad, lo que a la postre puede generar una cultura claramente orientada a la seguridad.
- La segunda barrera se refiere a las condiciones efectivas en el puesto de trabajo. Las condiciones del entorno pueden, como vimos con anterioridad, dificultar estas condiciones, pero también las políticas inadecuadas o poco vigilantes de la seguridad.
- La tercera barrera tiene que ver con las actuaciones concretas de las personas en el momento concreto, su atención continua a las circunstancias, su cumplimiento de los procedimientos establecidos, etc.

Estas barreras pueden no ser efectivas si se cometen errores, o no se respetan los procedimientos establecidos. Cada uno de estos errores o incumplimientos se puede visualizar como un agujero en la barrera de defensa. Esto es lo que da al modelo el nombre, por el aspecto de loncha de queso suizo que acaba ofreciendo cada barrera. Se trata en realidad de errores latentes, errores que, en general, no pondrán en riesgo la seguridad por sí mismos, pero sí en concurrencia con otros errores de ejecución más concretos (errores activos) y/o circunstancias particularmente adversas (meteorológicas, de funcionamiento atípico, etc.).

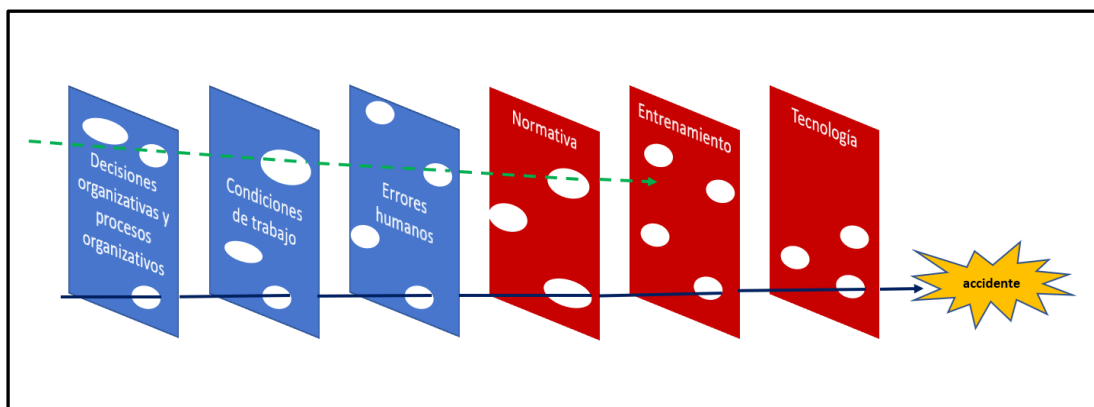


Imagen 2.- Representación gráfica del modelo de Reason

Las circunstancias concretas pueden representarse como una flecha que impacta en la primera barrera. Si en su trayectoria la flecha encuentra suficientes agujeros alineados progresará hasta producirse un riesgo inminente. El modelo muestra no obstante tres barreras adicionales que pueden evitar también el accidente:



- La barrera configurada por la normativa.
- La barrera establecida por un entrenamiento adecuado y suficiente de las personas para reaccionar ante potenciales incidencias.
- La barrera configurada por la tecnología, con sus alertas, respuestas automáticas, etc.

Estas barreras pueden también interponerse en la trayectoria de la flecha, activando planes de contingencia. Así, la pericia de un piloto bien entrenado puede salvar una situación comprometida, especialmente si una alerta se activa para avisarle del peligro. La mayor parte de las situaciones comprometidas no se traducirán pues en accidentes (sería el caso de la flecha de guiones de la imagen 2), gracias a que alguna de las barreras se interpondrá en su trayectoria. Pero en el peor de los casos (flecha negra), si la flecha atraviesa todas las barreras, se producirá el accidente.

El modelo ilustra, al igual que el modelo SHELL, la trascendencia del factor humano en el sistema de gestión de la seguridad. Muestra además otro hecho importante, que los incidentes y accidentes rar vez tienen una causa única, más bien son la consecuencia de una concatenación de causas. Algunas de esas causas son circunstancias difícilmente evitables, pero otras son en realidad claramente evitables. Finalmente, sugiere que una buena gestión de la seguridad puede crear un sistema robusto, blindado ante la mayor parte de los errores.

## 5 Cierre

La seguridad aérea debe ser la principal prioridad para todos aquellos que participan en el transporte aéreo, desde los fabricantes de aeronaves hasta los propios pasajeros, pasando por todos los involucrados en la organización y prestación del servicio de transporte aéreo en aerolíneas, aeropuertos, control aéreo, proveedores de combustible y otros productos y servicios, etc.

Para mejorar la seguridad resulta útil trabajar con modelos que describan de manera simplificada, pero a la vez descriptiva y didáctica, la forma en que abordamos.

Los principios presentados en este artículo sirven de inspiración, a la par que garantizan el progreso y mejora continua de todo el sistema de seguridad en el ámbito del transporte aéreo.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

Cordero, C. y López, I. **Descubrir la seguridad aeroportuaria**. AENA (Madrid), 2012.

Cusick, S.K., Cortés, A.I. y Rodrigues, C.C. **Commercial Aviation Safety** (6<sup>th</sup> Edition). McGraw Hill Education, New York (USA), 2017.

Griffin, T.G.C., Young, M.S. y Stanton, S. **Human factor models for aviation accident analysis and prevention**. Ashgate, Farham (England), 2015.



## 6.2 Información en web:

International Civil Aviation Organization (**ICAO**). Safety:

<https://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>

European Union Aviation Safety Agency (**EASA**). Safety promotion:

<https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/safety-management/safety-promotion>