

En ciencia y técnica, las construcciones pueden ser representaciones teóricas o estructuras materiales. Ambas reflejan productos del pensamiento y la acción humana, orientados a comprender o transformar el mundo. Pueden ser verdaderas o erróneas, funcionales o fallidas. Este texto examina cómo se entienden los errores en estas construcciones y sus implicaciones epistemológicas y prácticas.

Palabras clave: Imaginarios sobre la realidad. Lidiando con la complejidad. Características del riesgo. Perspectivas para la conformación.

Zientzian eta teknikan, errepresentazio teorikoak edo egitura materialak izan daitezke eraikuntzak. Biek ala biek, mundua ulertu edo eraldatzera bideratutako giza pentsamenduaren eta ekintzaren emaitzak erakusten dituzte. Egiazkoak edo okerrak izan daitezke, funtzionalak edo alferrikakoak. Testuan, eraikuntza horietan akatsak eta haien inplikazio epistemologiko eta praktikoak nola ulertzen diren aztertuta da.

Giltza-Hitzak: Errealitateari buruzko iruditeriak. Konplexutasunari aurre eginez. Arriskuaren ezaugarriak. Konformaziorako perspektibak.

En sciences et en technique, les constructions peuvent être des représentations théoriques ou des structures matérielles. Les deux reflètent des produits de la pensée et de l'action humaines, cherchant à comprendre ou à transformer le monde. Elles peuvent être vraies ou fausses, fonctionnelles ou défailantes. Ce texte examine la manière dont sont comprises les erreurs dans ces constructions, ainsi que leurs implications épistémologiques et pratiques.

Mots clés : Imaginaires sur la réalité. Appréhender la complexité. Caractéristiques du risque. Perspectives de réalisation.

Las trampas del error – Consecuencias de las construcciones defectuosas en la ciencia y la técnica

(The Pitfalls of Error – Consequences of Faulty Constructions in Science and Technology)

Metzner-Szigeth, Andreas

Libera Università di Bolzano. Facoltà di Design e Arti. piazza Università, 1
39100 Bolzano (Italia)

andreas.metzner-szigeth@unibz.it

doi.org/10.61879/riev701zkia202506

Recep.: 10-07-2024

Acep.:05-06-2025

BIBLID [EISSN: 2952-4180 (2025), 70: 1]

1. Introducción

¡Resulta más fácil decirlo que hacerlo! Con esta idea en mente, pasamos ahora a la tarea de reflexionar sobre las “construcciones” incorrectas en ciencia y tecnología. Sea como sea, ¿qué son “construcciones”? Y, ¿por qué lo ponemos entre comillas? Y el sorprendente predicado de “incorrectas”, ¿por qué no hablar sin más de “fallos” en la ciencia y en la técnica? ¿O de “errores”? ¿O sencillamente de construcciones “falsas”? ¿O mejor incluso de “construcciones fallidas”? Así y todo, “ciencia” y “técnica”. Ambas prometen algo de luz. En todo caso da la impresión de querer ocuparse de algo más que de “arte” (libre). Pero ¿no se dan “errores” también en la “naturaleza”? Por ejemplo, en la reproducción y en la réplica de codificadas informaciones moleculares hereditarias. ¿O en la técnica? Cuando, por ejemplo, no funciona el semáforo o simplemente no cambia. Aunque parezca fácil la discusión sobre “malentendidos” y “errores” en nuestra disciplina, bastan unas pocas preguntas para darnos cuenta de los verdaderos problemas. En general he podido constatar que introducir “ejemplos”, que son siempre algo concreto a lo que podemos agarrarnos sólo produce inseguridades que vienen ligadas al tema. En todo caso esto ocurre con un cierto retraso temporal. En concreto, cuando un limitado abanico de un único caso nos permite ver claramente de un modo inconfundible que no sirve para ejemplificar todo el amplio espectro, por ejemplo, porque se confronta con ejemplos distintos que exigen argumentaciones de índole totalmente diferente. Para no perdernos, como en una caravana en el desierto, me voy a centrar en tomar un par de medidas aclaratorias y hacer algún que otro intento por orientarnos con éxito. Para ello me tomo la libertad de proceder de un modo un tanto arbitrario (desde el punto de vista sistemático), lo que me llevará (desde el punto de vista del contenido) a un desarrollo versátil de mi explicación (en contraste con Metzner 2002).

2. Las construcciones como representaciones y estructuras

Las “construcciones” conllevan un significado doble, cambiante (dicho de paso, por ello lo pongo entre comillas en el título de mi artículo).

Las construcciones designan por un lado *representaciones*, que han sido elaboradas por seres humanos (presentan por tanto un producto del pensamiento humano), en forma de tesis, modelos y teorías (al menos en las ciencias). Como muestran las figuras 1 y 2, dicen algo sobre la estructura y la dinámica de una parte concreta del mundo, o simplemente sobre cómo está constituida¹.

¹ Dicho de otro modo: Construcciones científicas no sólo dicen algo de las circunstancias reales, sino también sobre las circunstancias posibles. Tratan no sólo de eventos reales, sino también eventuales. No imaginan lo que es, sino representan un cierre simbólico de lo que mueve la realidad, es decir de lo efectivo.

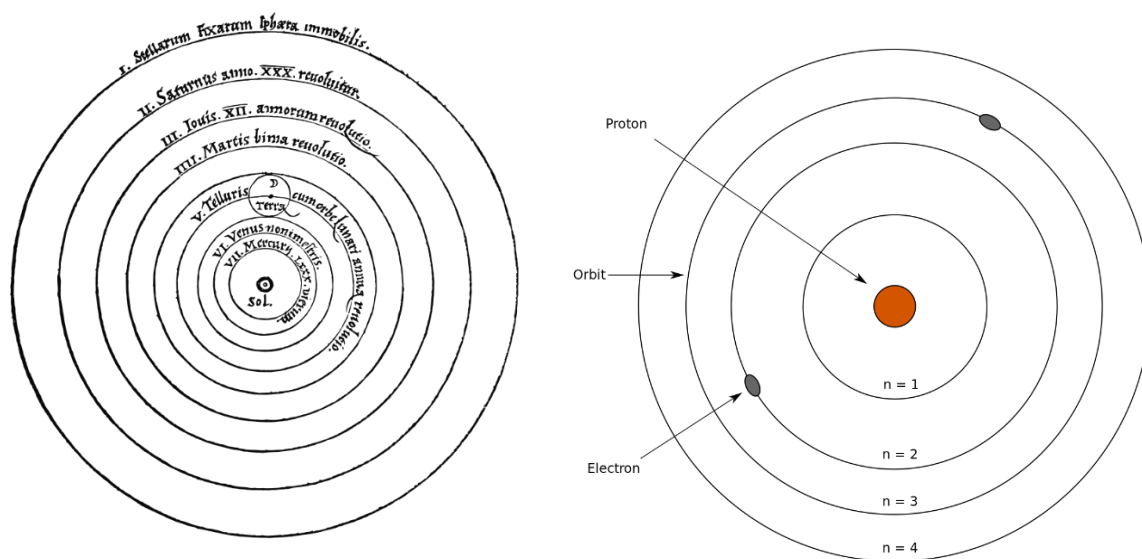


Fig. 1: (izquierda) Ilustración del sistema heliocéntrico del astrónomo Nicolás Copérnico, de su escrito *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre las revoluciones de las orbitas celestes) publicado en 1543, tomado de https://es.wikipedia.org/wiki/De_revolutionibus_orbium_coelestium; dominio público.

Fig. 2: (derecha) Representación esquemática del modelo atómico de Niels Bohr, creado por Sharon Bewick, tomado de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bohr%27s_model.svg; CC BY-SA 3.0.

Esta se diferencia del resto del mundo en cuanto que le adscribe un “ámbito (específico) de objetos” de una ciencia (cualquiera) —y ya esta expresión sugiere algo ontológico. Este tipo de construcciones, en cuanto productos de las ciencias, o bien definen este espectro del mundo, es decir, el ámbito de objetos de una disciplina completamente, es decir, con pretensión de totalidad. Entonces se las considera como una superteoría que constituye la disciplina (como por ejemplo la teoría de la evolución en el caso de la biología). O bien definen sólo una parte de este ámbito del mundo, en cuyo caso hablamos de teorías de alcance medio o que abordan regiones especiales. Por otro lado, como se muestra en las figuras 3 y 4, las construcciones hacen referencia a *estructuras*, construidas por seres humanos (que representan un producto de la acción humana), es decir, aparatos, máquinas y sistemas o también materiales y compuestos, así como edificios de todo tipo². Este tipo de construcciones, en cuanto productos de la técnica, pretenden configurar un pequeño corte concreto del mundo y controlar lo que sucede en su interior o sea en los límites de su entorno³. Se trata de cumplir una función concreta, de perseguir precisamente con estas “construcciones” una meta concreta que transforme no sólo las circunstancias epistémicas, sino el mundo óntico (a saber, poner algo en movimiento, transformar materiales y energías, etc.)⁴. Como productos del pensamiento humano y de la acción humana (véanse también las figuras 6 y 7) las construcciones actúan en el medio del lenguaje o en el medio de la técnica. Ahora bien, en ambos casos se pueden entender como complementos de la autorrealización humana en el mundo (ver sobre todo Leroi-Gourhan 1988 así como Metzner-Szigeth 2023).

² Y no en última instancia entran entre las construcciones significativas las máquinas transclásicas, es decir, la combinación de hardware y software.

³ Luhmann (1991, pág. 108 entre otras) habla en este contexto de “causalidad controlada”.

⁴ No en último término juega aquí un importante papel la transmisión de noticias y la elaboración de datos — especial relevancia en el caso de las máquinas transclásicas.

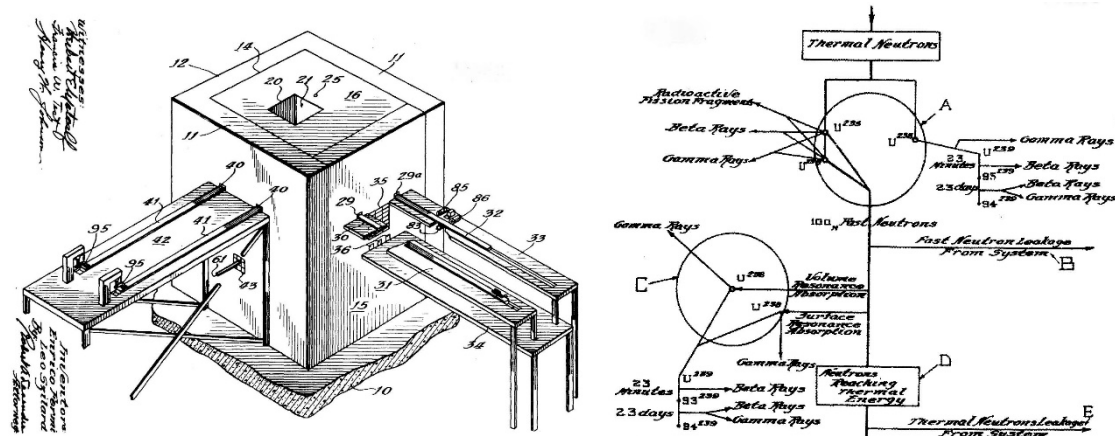


Fig. 3: (izquierda) Dibujo del reactor neutrónico de Enrico Fermi y Leo Szilard. Extracto de la solicitud de patente fechada en 1944, tomado de <https://patents.google.com/patent/US2708656A/en>; dominio público.

Fig. 4: (derecha) Diagrama del flujo de rayos y partículas. Extracto de la solicitud de patente fechada en 1944, tomado de <https://patents.google.com/patent/US2708656A/en>; dominio público.

2.1 Falso o correcto: El papel de las razones sociales

En este contexto, Trevor Pinch y Wiebe Bijker han llamado la atención en su artículo, aparecido en 1987, “The Social Construction of Facts and Artifacts. Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other” sobre un interesante paralelismo entre los conocimientos científicos y los artefactos técnicos. Su quintaesencia: no sólo para aferrarse a conocimientos, errores y dogmas científicos “falsos” hay razones sociales que es preciso comprender; también los conocimientos científicos “correctos”, las teorías válidas y el saber reconocido tienen raíces sociales, que vale la pena reconstruir⁵.

Pero el quid de sus reflexiones se halla allí donde hasta ahora también en la sociología técnica se parte de que el funcionamiento de una técnica es evidente, por tanto, no sería necesaria ninguna explicación ulterior, mientras el fracaso de una técnica —o la elección o implementación de una alternativa técnica que funcione no tan bien— chocaría con la “natural” tendencia al optimismo del progreso técnico, para lo cual habría que aportar razones (implícitamente: impedimentos) sociales.

Pero si tanto en las ciencias como también en la técnica juegan un papel definitivo las razones sociales para la verdad de los datos y el funcionamiento de los artefactos, entonces tiene sentido

⁵ Sin poder entrar aquí en los problemas relacionados con ello en relación con la génesis y validez (ver sobre ello Metzner 2002, 58ss.), quisiera notar que en esta tesis sociológica de un tratamiento simétrico de errores y verdades hay algo específico. Ella es tanto metodológicamente relevante como claramente instructiva cuando se trata de propuestas para un análisis crítico del papel de la ciencia y la técnica en procesos sociales de discusión y decisión, especialmente cuando se trata de configurar el “progreso” científico-técnico.

y es aconsejable analizarlos —así es la propuesta de “Social Construction of Science and Technology”.

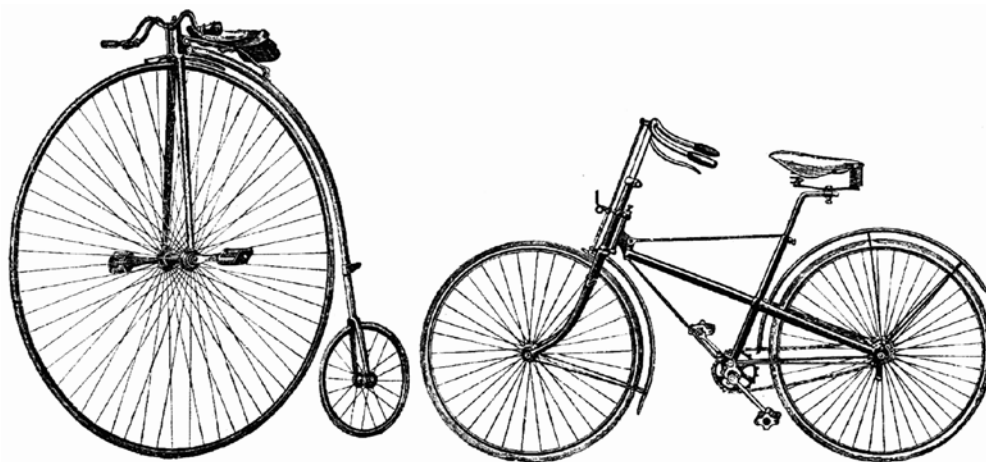


Fig. 5: Dibujos de un biciclo de 1880 (izquierda), y la primera bicicleta moderna, una Rover de 1885, diseñada por J. K. Starley (derecha). Gráfico tomado del artículo <https://es.wikipedia.org/wiki/Biciclo>; dominio público.

Si uno desea desplazarse en bicicleta, ¿cuál es el diseño más adecuado? La figura 5 presenta dos alternativas ampliamente reconocidas. No obstante, cabe preguntarse si realmente existe una única solución que pueda considerarse “correcta” o “óptima”. En la medida en que la configuración de la técnica hay que entenderla como un hecho intencional que elabora medios para conseguir metas (cubrir necesidades, solucionar problemas, satisfacer deseos, etc.), la acción técnica es una acción social. A la hora de configurar una técnica (es la propuesta de la “Social Shaping of Technology”; ver MacKenzie/Wajcman 1985, Rammert 1992) juegan un papel también una gran cantidad de criterios extratécnicos, por encima de todo económicos, políticos, culturales e históricos. Configurar una técnica es pues, visto así, un proceso social complejo, cuyo éxito no depende de ningún modo sólo de las reglas de la técnica que resultan del empleo de regularidades naturales científicamente reconocidas. En este proceso se entremezclan el mundo intersubjetivo de la acción y el mundo interobjetivo de las cosas, sin el cual no podría jugar ningún papel epistemológicamente constructivo la habitual frontera entre lo “social” y lo “técnico”. Lo que se manifiesta materialmente, son entonces —dicho con Bruno Latour (1992/93)— “hechos” (híbridos), que deben ser inscritos, es decir, enmarcados y tenidos en cuenta en la elaboración de metas sociales, en la elección de medios, en la elaboración de formas y otros⁶.

2.2 Entre complejidad, cognición y mundo: La incógnita y su fuerza

Pasemos ahora —como se muestra en las figuras 6 y 7— a un análisis sistemático. ¿En qué se diferencian las características de “construcciones” científicas y técnicas como ideas y estructuras?

⁶ Sobre el “Actor/Network-Approach” (ver entre otros Latour 1993, Law 1987) desgraciadamente no podemos entrar aquí más en detalle.

En relación con las ciencias, el problema que quisiera plantear ahora hace referencia a una relación incierta, a saber, a la cuestión de la extrapolación de contextos por medio de la diferenciación.

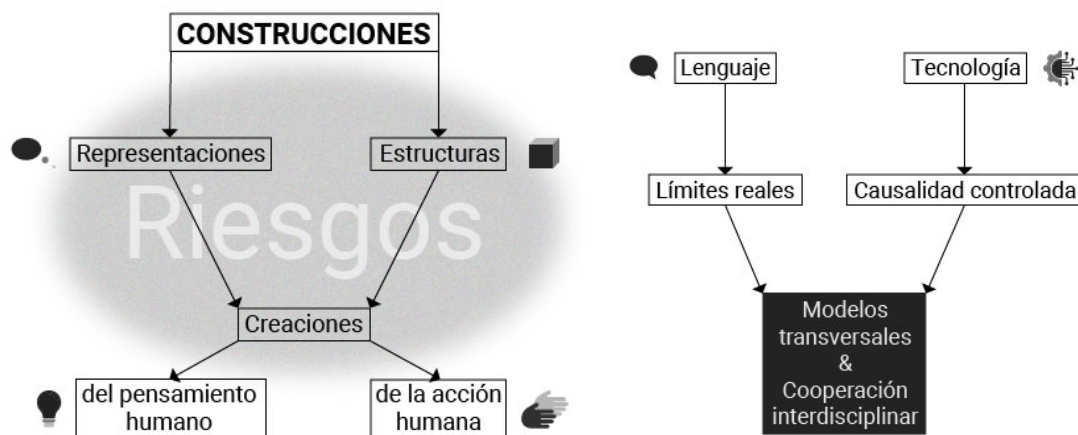


Fig. 6: (izquierda) Construcciones (defectuosas) – Características y problemas I.

Fig. 7: (derecha) Construcciones (defectuosas) – Características y problemas II.

Que a las citadas distinciones que se pretenden ontológicas (es decir, *como si* se tratara de ámbitos de objetos diferentes en el mundo)⁷ les correspondan límites reales que contornan el mundo, es algo incierto⁸. Esto vale en la medida en que estas fronteras (es decir, su establecimiento) puedan ser entendidas epistemológicamente. Entendidas de este modo representan una secuencia de distinciones que nosotros establecemos para poder dirigir nuestra atención hacia algo: y en la medida en que nos concentramos en algo, desatendemos en ese mismo momento otra cosa que queda excluida. Visto de este modo, nuestros intereses representan el punto de vista que guía nuestra organización del mundo, incluso a la hora de delimitar los ámbitos científicos de objetos. Ella resulta en interés de la elaboración simbólica de contextos complejos cuya disposición práctica se pretende lograr. Con respecto a la complejidad del mundo (ver Dörner 1981, 1989) se “interrumpen” así contextos continuos (relaciones de interacción, interdependencias, interacciones) en la estructura y la dinámica en la medida en que se contemplan y se tratan *como si* (en la que medida en que son contextos continuos) no existieran (o incluso como si no pudieran existir) más allá de su separación analítica.

⁷ Una primera diferenciación plausible a primera vista —aunque en una segunda mirada (en el sentido citado arriba) es ya insostenible— hace referencia al reino animal en oposición al reino vegetal. Pues: ¿Qué pasa por ejemplo con los hongos? Lo mismo ocurre con la diferencia entre naturaleza y cultura, la cual fundamenta el dualismo de las ciencias. Pero, en el mundo encontramos por el contrario también en los animales modos de comportamiento heredados culturalmente; y disposiciones genéticas pueden aparecer también en la acción humana, como muestra la psicología evolucionista. No menos interesantes son además las unidades, que se consideran normalmente como separadas, de técnica y sociedad. Pues: no hay ni ha habido nunca una sociedad humana sin técnica, pues ésta es, así como el lenguaje, algo constitutivo de ella (Leroi-Gourhan 1971). Y al revés podemos decir: no hay técnica sin sociedad. Técnica y sociedad se hallan intrínsecamente unidos, muy al revés de cómo se les ha considerado normalmente, es decir, como si fueran ámbitos mutuamente separados.

⁸ El punto crítico a la hora de definir la información según Bateson (1991/1972), como “una diferencia que marca una diferencia”, puede ahora entenderse perfectamente en la medida en que algo externo se halla ligado a algo interno, un entorno ligado a un organismo que reacciona a un acontecimiento que percibe y procesa.

Construcciones erróneas son por tanto (junto a otras razones posibles) el resultado que resulta necesaria e inevitablemente de la división científica del trabajo. Son “contingentes”, aparecen “así” o “de otro modo”, y en ningún caso aparecen “de ningún modo” o “siempre”.

En relación con la técnica, el problema que quisiera plantear ahora hace referencia a un conjunto indefinido, a saber, a las preguntas sobre la interconexión de elementos y de la completad de su planteamiento.

Es decisivo para que “funcionen” del modo deseado y pretendido las “construcciones” técnicas (= estructuras) el acuerdo y la calidad de aquellas “construcciones” (= representaciones), que sus constructores y usuarios elaboran, implementan y emplean sobre los principios “internos” de acción y la dinámica de interacción de todos los elementos. No menos decisivos son también el acuerdo y la calidad de las “construcciones”, que se hallan relacionados con las interacciones “externas”, y la interacción de componentes internos y elementos externos.

Ambos problemas nos conducen, con respecto a los errores técnicos, de un modo totalmente necesario, a una reflexión: O la dinámica interna de los elementos procede de un modo distinto al imaginado, y ello (i) regularmente o (ii) en casos excepcionales, y/o la interacción con los elementos externos procede de un modo distinto al imaginado, y ello (i) regularmente o (ii) en casos excepcionales. En el caso (i) resulta que la función deseada no se cumple para nada o sólo de un modo no deseado. En el caso (ii), por el contrario, la función deseada se cumple regularmente del modo deseado, pero no en casos excepcionales. A partir de aquí, queda claro que el “éxito” de la ciencia y de la técnica se vuelve un problema, por cuanto se potencia por medio de él la eficacia exitosa de la acción humana, no sólo en el sentido del resultado pretendido, sino también en el sentido de la pretendida eficacia colateral y consecuente, de la secuencia de las consecuencias y de los riesgos. Disfunciones, accidentes y catástrofes —supuestos los esfuerzos correspondientes— se pueden disminuir en cuanto a su probabilidad, se pueden limitar en cuanto a su magnitud destructiva, pero no pueden nunca excluirse del todo, pues no todas las interacciones pueden siempre ser tenidas en cuenta de antemano ni reguladas técnicamente ni dominadas prácticamente.

Antes de pasar (en el capítulo 4) de las “construcciones” (erróneas) citadas a los errores (“reconstruidos”) que debemos discutir inevitablemente, es ahora el momento de confrontar el tema de los riesgos.

3. De los constructos de riesgo a las realidades de riesgo

“Riesgos” no son sólo —como se entiende cotidianamente— algo negativo, sino son una forma del cálculo de las expectativas, es decir, del provecho y de los daños de los sucesos futuros que se anticipan de cara a la probabilidad de que ocurran y de la medida de sus consecuencias. “Constructos de riesgo” no son sólo —como se entiende normalmente— algo ficticio o, irreal; e incluso el uso científico-social de este instrumento conceptual no lleva necesariamente a negar peligros o problemas auténticos en el trato con ellos. Cualquier percepción social del provecho y del perjuicio, de posibilidades y riesgos se produce en forma de constructos simbólicamente organizados (de comunicación social), los cuales pueden ser más o menos ajustados a la realidad

o también inadecuados (ficticios). La discusión no es, por tanto, tanto si los riesgos son constructos, sino con qué criterios se debe decidir, cuáles son los constructos que mejor se adaptan a las realidades de riesgo, es decir, cuáles pueden pronosticarse como mejores, en razón a la probabilidad y a la magnitud en vistas al provecho y a los perjuicios.

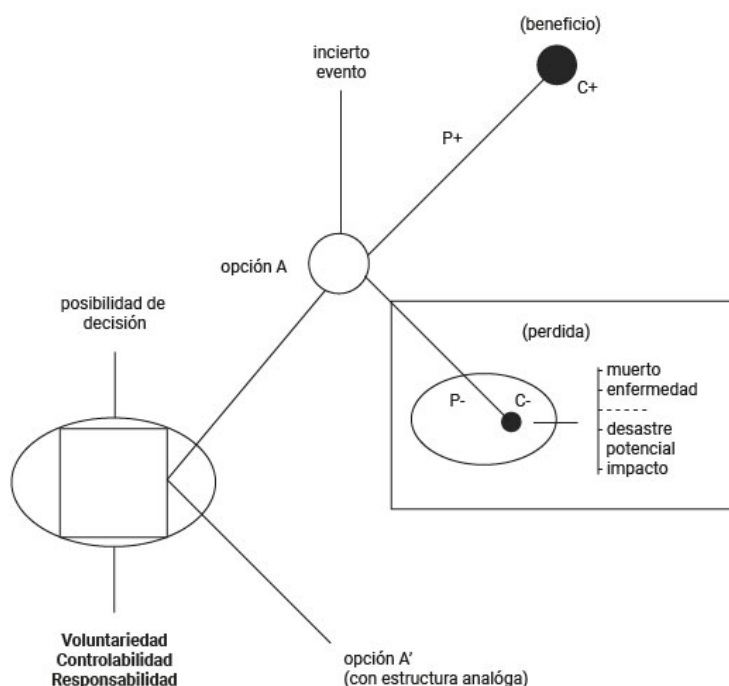


Fig. 8: El riesgo en función de la probabilidad y el valor de las consecuencias y de diversas características.

Siguiendo la fórmula convencional sobre riesgos, que determina el riesgo como un producto de la probabilidad de que ocurra, multiplicado por la medida de los daños, un descubrimiento esencial de la investigación psicológica sobre riesgos puede representarse teniendo en cuenta los contextos, que son cruciales en los procesos paralelos y consistentes del conocimiento y valoración de riesgos.

3.1 Tomar decisiones apoyados por calculaciones: La lógica del riesgo

La figura 8 se basa, en principio, en la descripción ideal-típica del proceso de decisión calculada de riesgos. Partiendo de una situación de decisión en la que se decide por una opción A o A', puede ocurrir que el proceso no se desarrolle en la dirección pretendida (ganancia) porque la posibilidad de un acontecimiento incierto cambia su curso (pérdida). Los parámetros C (=consecuencia) y P (=probabilidad) se hallan, según el caso, marcados con el signo positivo o negativo. Para la opción A' vale una estructura análoga. Que uno prefiera la opción A o A', depende, visto así, fundamentalmente de si las probabilidades de que ocurra un acontecimiento improbable y sus consecuencias para estas opciones de intervención son igualmente grandes o no. Suponiendo que los valores de expectación de provecho ($C+ \times P+$) sean iguales para ambas opciones, la elección de la opción de intervención con respecto al riesgo más racional sería aquella en la que es menor

el C- x P- (el valor de expectativa del perjuicio), que la elección de otra opción. Si cambian también las funciones del provecho (C+ y P+), se puede establecer una equivalencia diferencial y decidirse por la alternativa más provechosa con relación a las posibilidades (= valores de expectativa para el correspondiente provecho) y a los riesgos (= valores de expectativa para el correspondiente perjuicio).

Siguiendo la doctrina de la investigación psicológica sobre riesgos, la gráfica muestra que los momentos efectivos en un proceso de decisión no son solamente aquellos que se limitan a comparar los valores para P y C, sino que es más importante, en primer lugar, cómo interpretar los valores para P y C en el contexto de las condiciones de las situaciones que pueden resultar como consecuencia de la decisión (entre otros: C+/P+ representan una ganancia normal o un éxito decisivo y C-/P- significan una pérdida habitual o una catástrofe) y cómo, en segundo lugar, debe interpretarse la situación de decisión misma junto a las condiciones locales (entre otras: se decide libremente o se está obligado a elegir; ver también Jungermann/Slovic 1993a).

3.2 Construcciones imperfectas y su potencial: Expectativas y cursos

La capacidad de los constructos de riesgo para hacer concordar las expectativas con los acontecimientos es —según mi tesis— igual a su potencial para regular el trato con las realidades. Si los acontecimientos que son realmente una amenaza, como por ejemplo la aparición de una epidemia, no se enfrentan adecuadamente por medio de los correspondientes constructos de riesgo, entonces las posibilidades prácticas de un tratamiento exitoso con estos peligros son proporcionalmente limitadas. Si se interpreta por ejemplo la aparición del cólera culturalmente como la consecuencia de un comportamiento normativo erróneo y no en base a causas de higiene, entonces puede hacerse frente a la amenaza de estabilidad cultural debida a esta enfermedad acusando a un brujo como el supuesto responsable de un acontecimiento — pero esto no cambia nada que la capacidad para superar la amenaza existencial por el cólera sería muy superior si codificamos de otro modo el riesgo de la enfermedad. Podemos pues decir que la *validez social* de un constructo de riesgo depende de su peso cultural, de su capacidad de mantener un orden determinado de acción social o (en los tiempos de convulsión) de transformarlo en el modo deseado, mientras su *validez fáctica* depende de su potencial práctico para tratar con las realidades (ver Metzner 2002, pág. 199ss. y Metzner-Szigeth 2009 para el desarrollo y las consecuencias de esta argumentación).

4. Sobre la determinación constructiva de errores

Después de haber esbozado la esencia de la construcción de errores, podemos ahora plantearnos, cómo ocurren los errores. Los conocimientos sobre cómo se halla constituido el mundo (o el modo y manera en que nos las vemos con él), aparecen formulados en proposiciones que pretenden ser verdaderas. Pero con las proposiciones, que siempre se formulan lingüísticamente, surge implícitamente la posibilidad de que estas proposiciones puedan ser falsas total o parcialmente (ver también Habermas 1987a, b). Lo mismo ocurre a la hora de reconocer los errores que formulan enunciados sobre el desacuerdo con otros conocimientos. Tratan de ser proposiciones verdaderas, es decir, de mostrar que otro conocimiento es con toda seguridad falso o erróneo o incompleto. Pero al mismo tiempo con esta pretensión queda abierta la posibilidad de que ella

misma sea falsa, es decir, de afirmar que algo sea falso, erróneo o incompleto, aunque no lo sea para ella. No menos compleja es esta circunstancia cuando en nuestra observación involucramos conocimientos que afirman que es erróneo un procedimiento o un comportamiento (incluso una “construcción” en sentido estricto) de artefactos, procedimientos y sistemas técnicos.



Fig. 9: (izquierda) Fotografía que muestra el primer vuelo propulsado y controlado de los hermanos Wright, 17 de diciembre de 1903; tomado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Aviation>, dominio público.



Fig. 10: (derecha) Foto de presentación del LZ-129 Hindenburg, el famoso Zeppelin, en la Estación Aeronaval de Lakehurst el 25 de enero de 1937; tomado de <https://en.wikipedia.org/wiki/Aviation>, dominio público.

“Pero se puede probar si esto funciona o no”, podría decir el ingeniero o la ingeniera. “Y por qué no deberían reafirmarse o negarse también las teorías por medio de experimentos”, respondería el científico o la científica. Pero no es tan fácil en ninguno de ambos casos. La tesis de que el surgimiento de úlceras gástricas podría deberse a una bacteria (como la *Helicobacter pylori*), la cual sería capaz de sobrevivir en el medio más ácido de nuestro órgano digestivo, se ignoró durante casi 30 años, porque no se adecuaba al estándar seguro de conocimiento (decir la “opinión científica” suena negativo), a pesar de los descubrimientos experimentales (ver Bürgin 2007). La resolución de la controversia sobre “más o menos pesado que el aire” en la historia de la técnica de la aviación (como se muestra en las figuras 9 y 10), no se basó en la imposibilidad de que los globos volaran o en la posibilidad de que los aviones cayeran si se quedaban sin combustible, sino en una serie de criterios adicionales (ver Hoffmann 1992, entre otros). A lo que apunto debe quedar claro en la siguiente recapitulación, sobre todo con la reflexión subsiguiente.

La problemática de reconstrucciones como representaciones del pensamiento en el medio del lenguaje se halla —como acabamos de mostrar— allí donde la intención de abrazar la complejidad del mundo a base de diferenciaciones interrumpe contextos objetivos o posibles (“fronteras reales”). La problemática de las construcciones como formaciones de la acción en el medio de la técnica se halla —como acabamos de mostrar— allí donde la intención “de controlar la causalidad” se convierte en una tarea perenne, en la medida en que el conjunto de todas las posibles interacciones entre todos los elementos relevantes nunca se puede anticipar, regular y dominar en su totalidad, a pesar de todos los acercamientos a esa meta. Dos propuestas de solución son la “cooperación interdisciplinaria” para hacer justicia a la problemática de la disección de las partes del mundo y los “modelos que van más allá de las especialidades” para hacer frente a la problemática de la comprensión de interacciones (ver entre otros Thompson-Klein et al. 2001, Haken 1984).

4.1 Errores: ¿Qué son? o ¿Cómo se construyen?

“Errores” se constituyen al interior de los discursos que se dan en los ámbitos científicos, profesionales, políticos y públicos. Sólo por medio de ellos se identifican como tales, se anotan en la agenda y así se ponen a disposición, es decir, se pueden transformar socialmente (como por ejemplo también los “problemas del medio ambiente”; ver Metzner 1998). Necesariamente deben representarse, diseccionarse, elaborarse en el medio del lenguaje, antes de poder ocuparse de ellos. Así, finalmente, se cumple la condición de posibilidad de “acabar con ellos”, es decir, de superarlos tanto teórica como prácticamente.

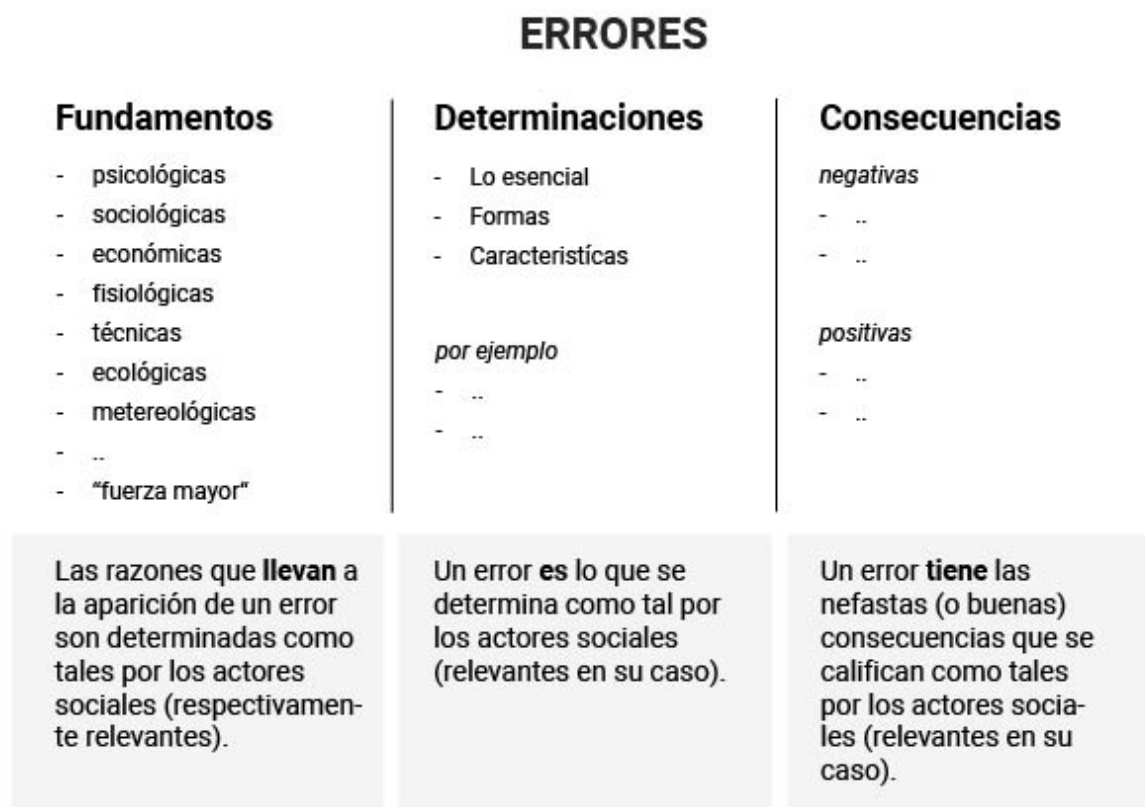


Fig. 11: Tres componentes de la reconstrucción de errores: Fundamentos, determinaciones y consecuencias

Tal como se observa en la figura 11, este procedimiento se compone de tres elementos fundamentales, los cuales se relacionan con la determinación, los fundamentos y las consecuencias de los errores.

- “Determinaciones”: “Determinar” los errores quiere decir diferenciarlos y juzgarlos con relación a su esencia, a sus formas, y diferenciar y juzgar sus manifestaciones. Así, por ejemplo, se califican de dejaciones crasas, paso en falso, faltas de atención, de negligencia profesional, de errores inevitables, errores de manejo o errores del operador, de mala decisión, mal procedimiento etc.
- “Fundamentos”: “Fundamentar” errores significa retrotraer la aparición de errores (o la posibilidad de su aparición) a causas, condiciones marginales, etc. Entonces se habla de decisión errónea, planificación o construcción errónea, de condiciones imprevistas,

coincidencias inesperadas o una cadena (“desgraciada”) de circunstancias, de fracasos técnicos, dejaciones humanas, averías operacionales, debilidades de organización o pasividad de los órganos de vigilancia.

- “Consecuencias”: “Consecuencias” erróneas significa no sólo detectar sus consecuencias (o posibles consecuencias), sino mostrar algo como consecuencia de un error, con lo cual se convierte en una (más o menos directa) consecuencia de este. En su cualidad de consecuencia (de un error) se consideran entonces (en la medida en que la pretensión de validez de que lo sean se suponga del lado de la dirección) como irrelevantes, cargadas de consecuencias, devastadoras, como descubrimiento accidental, circunstancia feliz, etc. Fundamentalmente no se debe dar por hecho que errores siempre conducen a consecuencias negativas, pero sí el que las consecuencias no fueron buscadas y que no hubieran aparecido, si no se hubiera dado el error (ver entre otros Schneider 2006, el cual retrotrae una larga lista de importantes descubrimientos a hallazgos casuales o a secuencias erróneas).

Así, acontecimientos, observaciones y hallazgos se evalúan, califican y juzgan. Y así, es decir en el camino de desarrollo de este proceso de constitución se mezclan —con una participación distinta de los tres componentes— proposiciones de ser y de deber ser, de juicios objetivos y valorativos. Y está bien así, pues la función principal de este proceso es preparar decisiones⁹.

En todos los tres componentes cuenta naturalmente la experiencia de las disciplinas científicas¹⁰:

- Esta destaca —con respecto a los “fundamentos”— en el aspecto psicológico (sobrecarga sensorial, atención embotada), sobrevalora los resultados sociológicos (poca cooperación debido a la concurrencia, ocultación de información debido a la concurrencia, ocultación de información por miedo a la administración), identifica puntos económicos (equipamiento deficitario con recursos necesarios debido a problemas de liquidez, con una alta presión temporal debido a las exigencias del “centro de beneficio” (“profit center”), da fundamentos fisiológicos (cansancio excesivo en los relevos, reacción lenta debido al momento de conmoción), fundamentos técnicos (errores de producción, fatiga de materiales, mantenimiento), fundamentos ecológicos (obstrucción de una válvula de salida por algas, infestación del casco de un barco por gusanos barrenadores, una manada de gansos tras el despegue de un avión), fundamentos meteorológicos (presión del viento, nevadas fuertes, heladas) etc. hasta una (incondicional) “fuerza mayor”, que se produce en los terremotos, los tsunamis o en los huracanes¹¹. Y a esta serie pertenece, por último, pero no por eso menos importante, también una variante que aparece siempre y que consiste en la confabulación de fuerzas más o menos conocidas u oscuras¹².

⁹ Ver sobre los paralelos aquí citados con relación a la investigación sobre riesgos Rosa (1988) así como Metzner (2002, pág. 58ss.)

¹⁰ En Funtowicz/Ravetz (1992) se pueden encontrar más reflexiones al respecto.

¹¹ La “fuerza mayor”, mejor conocida como “poder superior”, no es sólo algo incondicional (es decir, algo que ocurre sin concurrencia humana), sino también como emanación de una poderosa fuerza ante la que el ser humano se halla impotente, contra la que nadie puede hacer nada. Sin embargo, el hecho de que los fenómenos descritos se introduzcan en el cálculo de las actividades humanas (por ejemplo, en forma de cláusulas de exclusión en los contratos o en los seguros, o en forma de elementos preventivos en la conformación y planificación de infraestructuras estructurales o de “sistemas técnicos de alto riesgo” hace pensar en una compleja interdependencia de factores incondicionales y condicionales.

¹² Ahora bien, esta pertenencia es limitada por cuanto no se recurre a errores propios o de otros actores, sino que la base se halla en las intenciones de otros actores, fuerzas o poderes que emprenden actos de sabotaje intencionados o influencias subversivas.

- Con respecto a las “consecuencias” hay que partir de que las diversas disciplinas ven la cosa de forma diferente. Como consecuencia primaria o decisiva o la más importante, se toman en cuenta, se cuantifican, se comparan y se juzgan los procesos que en determinadas circunstancias (objetivamente) poco más tienen en común que su origen (putativo). Por el contrario, tienen un telos común: a saber, el concurrir en la forma de (un conjunto de) secuencias primarias putativas (traídas a discusión y defendidas argumentativamente desde diferentes lugares) tratando por conseguir atención y reconocimiento en el discurso público. Ahora bien, pueden surgir aquí nuevas complicaciones, y tanto más cuanto más se dan consecuencias escalonadas en el tiempo y cambiantes en el espacio, cuya posterior repercusión y secuencia de consecuencias deban ser tenidas en cuenta, así como posiblemente secuencias medioambientales o infraestructurales de series combinadas con las que se desarrollan a lo largo de las cadenas sociales de actuación.
- Con respecto a la “determinación” conviene recordar en primer lugar que los errores frecuentemente nos parecen no atribuibles a ninguna otra causa. Precisamente esta tendencia muestra qué fuertemente preformada se halla nuestra percepción por medio de los principales datos de los sentidos y por los procesos de construcción. ¿Una lámpara roja es una señal de peligro? En general, se toma como tal. Pero también puede interpretarse como la consecuencia sin importancia de una avería electrónica. Ello se debe a lo mejor a que anteriormente ha habido muchas falsas alarmas. Y estas han tenido como consecuencia que la interpretación habitual (de la realidad) se ponga en duda. Pero además de inseguridades de este tipo podemos encontrar además desenfoques básicos. ¿Es esto un error? Pensemos por ejemplo en el chisporroteo de un motor, la avería ocasional de la electrónica del coche, el tedioso arranque de una computadora o el retraso de un tren. ¿O se trata de otra cosa, algo totalmente normal? Que algo se interprete como un error o no, va a ser de importancia fundamental para proceder posteriormente: Si algo no es reconocido como un error, entonces no se actúa, sino que se acepta. Pero no por ello es menos decisivo este acto porque se atribuya la responsabilidad a otro o a uno mismo, o precisamente a la negación de tales atribuciones (ver Metzner-Szigeth 2004).

4.1.1 Un excursio actual: El gran apagón en la Península Ibérica

En este punto, resulta pertinente subrayar la relevancia del concepto previamente expuesto, tomando como referencia las reacciones generadas por el gran apagón, el cual paralizó la red eléctrica ibérica (como se ilustra en la figura 12). Siguiendo la consideración de la construcción social de los errores, conviene explicar brevemente que la construcción social de los fundamentos, determinaciones y consecuencias del gran apagón tiene características paralelas.

Recurriendo a Wikipedia¹³ se puede hacer el siguiente resumen: El evento analizado corresponde a una interrupción masiva del suministro eléctrico ocurrida el lunes 28 de abril de 2025 a las 12:33 horas (CEST). Esta afectó de manera significativa a la España peninsular, Portugal continental y Andorra, así como, en menor medida, a regiones del sur de Francia (como lo muestra claramente la figura 13). Se estima que más de 50 millones de personas se vieron afectadas por

¹³ Compara

https://es.wikipedia.org/wiki/Apag%C3%B3n_en_la_pen%C3%ADnsula_ib%C3%A9rica_de_2025 (fecha de acceso más reciente 27.05.2025).

este apagón, el cual generó interrupciones severas en los sistemas de telecomunicaciones y transporte, y afectaciones moderadas en otros sectores esenciales.

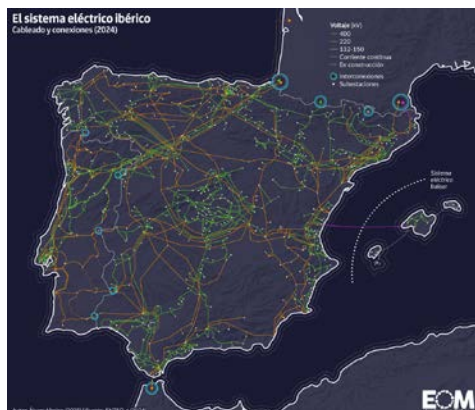


Fig. 12: (izquierda) El mapa del sistema eléctrico ibérico, generado por Álvaro Moreno a partir de fuentes del L'ENTSO-E (acronimo di European Network of Transmission System Operators for Electricity), descargado de <https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-sistema-electrico-iberico/>, CC BY-NC-ND.

Fig. 13: (derecha) Imagen satelital de la Península Ibérica durante el gran apagón de 2025, obtenida por la ESA y capturada por los satélites Suomi-NPP, NOAA-20 y NOAA-21 (noche del 28-29 de abril). La única fotografía seleccionada aquí es de una serie que muestra las áreas afectadas por el corte de energía y aquellas donde la electricidad se restableció gradualmente. Licencia ESA estándar, descargado de https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2025/05/Nighttime_light_emissions_during_blackout_in_Spain_and_Portugal.

Naturalmente, este suceso fue objeto de una cobertura inmediata por parte de los medios de comunicación a nivel global. De forma paralela, surgieron rápidamente diversas especulaciones en torno a las posibles causas del incidente. En particular, en redes sociales se difundió la hipótesis de un ciberataque, una narrativa que podría haber sido promovida por actores con intereses específicos. Entretanto, la situación se ha normalizado, pero el debate en torno al acontecimiento persiste.

A continuación, se presenta una recopilación de preguntas típicas que han sido abordadas en relación con las determinaciones, fundamentos y consecuencias del gran apagón:

- Determinaciones: ¿Qué era el gran apagón antes de que ocurriera? ¿Una posibilidad teórica, como el virus Y2K? ¿O se trataba de un evento de alta probabilidad, como la ampliamente anticipada pandemia que finalmente se manifestó como la COVID-19? Entonces, ¿cuál es la naturaleza de este fenómeno? ¿Se trata de un acontecimiento excepcional aleatorio? ¿O era de esperar, sólo cuestión de tiempo? ¿Se trata simplemente de un acontecimiento sencillo, del estilo de “pequeña causa con grandes efectos”? ¿O hablamos de cadenas de causa y efecto interconectadas que permiten que las contingencias se propaguen rápidamente, como “millones de fichas de dominó que se derrumban en una reacción en cadena ramificada”? Fundamentos: ¿Ha sido un ciberataque? ¿Fue provocado por un error de un operario? Y en caso contrario, ¿cuáles son las razones principales? ¿Podría ser responsable una tormenta solar electromagnética? ¿O una inversión de polaridad en el campo magnético terrestre? ¿Puede atribuirse a una insuficiente inversión en el mantenimiento de la infraestructura de

red? ¿No está diseñada la red para compensar las fluctuaciones provocadas por el uso de energía solar y eólica?

- Consecuencias: ¿Cómo se pueden resumir las consecuencias? ¿Con qué términos? ¿Cabe realmente calificarlo de *catástrofe*? ¿O se trata más bien de un *accidente* con consecuencias de gran alcance? ¿O, en última instancia, no es sino una *perturbación* transitoria?

Vinculada estrechamente a estas cuestiones se encuentra también la atribución de responsabilidad: ¿Es culpa de las compañías eléctricas, del operador de la red, del Gobierno Español o de los eurócratas de Bruselas? ¿O se trata, sencillamente, de una consecuencia del capitalismo?

Sea como fuere, en los discursos públicos y profesionales se elabora lo que acontece. Desde diversas perspectivas se formulan proposiciones cuyos respectivos reclamos de verdad son objeto de negociación, examen crítico y evaluación dentro de los propios discursos. De este modo, se activa y procesa una pluralidad de posibles fundamentos, determinaciones y consecuencias reales. A diferencia del “constructivismo radical” (Schmidt 1987), que se limita a relativizar epistemológicamente todos los reclamos de validez, mi enfoque —un “constructivismo pragmático” (Metzner-Szigeth 2009)— va más allá, al vincular la verdad de dichos reclamos con su potencial para configurar exitosamente la práctica. Por tanto, cuanto más eficaz sea este procesamiento en los discursos públicos y profesionales distribuidos socialmente, mayor será la capacidad para afrontar lo que acontece, en nuestro caso, la contingencia de un apagón eléctrico de gran escala con efectos sistémicos.

Curiosamente, en el debate público apenas se mencionan efectos positivos, como la ayuda mutua espontánea, un aumento de la demanda de generadores portátiles, las conversaciones serias entre personas que de otro modo no se habrían conocido, una ocasión excepcional para observar las estrellas más clara de nunca, la posibilidad de un aumento de la natalidad española a finales de enero de 2026.

En cualquier caso, hay buenas razones para afirmar que el gran apagón fue una alerta temprana de la que, si se aprende, se pueden evitar males mayores. Para lograrlo, sin embargo, hay que utilizar toda la gama de procesos de aprendizaje social, no sólo los que se centran en la tecnología.

4.2 Vinculaciones importantes: Responsabilidad, errores y riesgos

En el contexto de los aspectos que acabamos de tratar vale la pena ciertamente recurrir de nuevo a los riesgos, aunque ahora con relación a la pregunta por la responsabilidad. Los riesgos se definen por dos juicios (analíticamente independientes entre sí): primero, por un juicio sobre la probabilidad de que aparezcan las consecuencias y, segundo, por un juicio sobre la valoración de las consecuencias posibles de una actuación. Según se quiera asumir la responsabilidad por los riesgos, o se quiera traspasarla o adscribirla a otra persona o a alguna institución; y en función de si se niega o acepta esta responsabilidad, los procesos de definición de los riesgos procederán de distinto modo y el resultado será distinto. Esto se refiere posiblemente al estatuto ontológico de los riesgos (“¿existen realmente?” “¿representan realmente un peligro?”) o la probabilidad de que aparezcan (“¿estamos exagerando o rebajando la probabilidad de que ocurra un riesgo?”) o la identificación y valoración de las consecuencias (“¿no son las consecuencias bien distintas?” “¿no son los daños mayores o menores que los imaginados?”). Finalmente, la decisión del posible

provecho y daño de una acción arriesgada depende de hasta qué medida se calcula que se le haga a uno mismo responsable de las consecuencias de su acción, o en qué medida a un actor (o a una institución) le es posible externalizar las consecuencias de su actuación, es decir, desentenderse de las consecuencias.

Es de suma importancia la correlación en que se hallan la atribución y las funciones de responsabilidad. Que los humanos tengan que proceder con responsabilidad, es algo indiscutible en nuestra cultura a pesar del pluralismo y del relativismo. “Los científicos deben ser responsables de las consecuencias de sus descubrimientos, el gobierno de las consecuencias de su política, los médicos de las consecuencias de sus intervenciones y los empresarios de las consecuencias de su producción” (Kaufmann 1995, pág. 75). Básicamente se puede decir: la responsabilidad es posible donde las consecuencias de una actuación deban ser atribuibles a un actor (sea por sí mismo o por otro). El hecho de adscribir responsabilidad tiene retrospectivamente el sentido de sancionar a los que dañan y/o compensar a los dañados. Prospectivamente esta acción tiene el sentido de exigir que se impida una acción perjudicial (o su dejación). Por ello, se ve claramente que sólo tiene sentido hacer responsable de algo a alguien que sea el causante de la cosa. De otro modo sería injusto para con él y él se negaría a asumir responsabilidad por algo que no ha hecho, por tanto, se opondría a la responsabilidad que se le atribuye socialmente. Pero es más importante que una adscripción de responsabilidad “atribuida de modo erróneo” debe quedar preventivamente sin efecto. La función de tal atribución a alguien que no tenga ninguna participación en la causa de tal efecto puede servir para estabilizar el orden social (Douglas/Wildavsky 1982). Esto funciona porque otros acusados son liberados de su responsabilidad, bien sea individual o colectiva o también instituciones colectivas, que así se ven protegidas. Así, el problema no se plantea, sino que se continúa como hasta ahora, a sabiendas de que se ha creado la falsa idea de que se ha eliminado el peligro porque se ha encontrado al chivo expiatorio al que se le carga la culpa de ello proyectivamente (ver Girard 1988).

Faltas y errores son —desde el punto de vista constructivista— construcciones socioculturales (lo mismo que los riesgos, los conocimientos, los problemas y muchas cosas más; ver entre otros Knorr-Cetina 1982, 1989, Krohn/Krücken 1993, Rayner 1993, Metzner-Szigeth 2009). O sea, dependen de los actores que a través de las condiciones socioculturales bajo las cuales interactúan, construyen su realidad. Como elementos interdependientes de la realidad los errores no se conciben como algo objetivamente existente. En vez de ello, se parte de que se “construyen” en sus características como tales. También disciplinas científicas y campos profesionales de acción son aquellos contextos, con una historia propia, estándares desarrollados, etc. que determinan cómo y con qué resultados se desarrolla una reconstrucción de errores surgidos, en la medida en que se lleva a cabo por actores que pertenecen a estas disciplinas o profesiones.

Con la intención de repasar una discusión sobre la naturaleza de los errores, quisiera ahora —en conexión con la posición antes esbozada— presentar tres agudas tesis:

- I.) Un error “es” lo que se determina como tal por los actores sociales (relevantes en su caso).
- II.) Los fundamentos que “conducen” a que surja un error, se determinan como tales por los actores sociales (relevantes en su caso).
- III.) Un error “tiene” las nefastas (o buenas) consecuencias que se califican como tales por los actores sociales (relevantes en su caso).

4.3 Estudio de ejemplos fatales

Dos casos prototípicos en muchos aspectos, a la vista de los cuales se puede ilustrar muy bien lo que se quiere ilustrar con estas tesis y cuánta fuerza contienen —en todo caso de cara a los componentes de los “fundamentos”¹⁴— son los sucesos espectaculares de “pérdida total”¹⁵ que ocurrieron en la aviación espacial y que se conocen (o mejor conocemos) como Challenger en el año 1986 y el Columbia en el año 2003. Recordemos lo que ocurrió recurriendo a Wikipedia:

- El 28 de enero de 1986, 73 segundos después del despegue de la misión STS-51-L, explotó el Challenger a unos 15 kilómetros de altitud. Era el mayor accidente hasta la fecha en la historia de la aviación espacial de USA. Murieron todos los siete astronautas. La catástrofe condujo a un paro provisional del programa Shuttle de la NASA. La falla de uno o de varios anillos de sujeción en uno de los cohetes laterales de combustible sólido (Booster) fue aducido como la causa¹⁶.
- El Columbia —como se muestra en la figura 14 durante su exitoso lanzamiento— se encontraba de regreso de su vigésima octava misión (STS-107), cuando explotó el 1 de febrero de 2003 hacia las 9 hora local a aproximadamente 60 kilómetros de altitud sobre Texas a una velocidad de aproximadamente 20.100 km/h. La causa fue un recalentamiento del interior del ala hasta el debilitamiento del material, producido por un agujero en el escudo térmico, el cual fue causado por un trozo de espuma que se desgajó en el despegue. Perdieron la vida los siete tripulantes¹⁷.

Uno se puede imaginar cuántas tesis maneja una comisión de investigación exhaustiva, antes de aferrarse a una sola, como por ejemplo en el Challenger a la “falla de uno o de varios anillos de sujeción en uno de los cohetes laterales de combustible” (Rogers Commission 1986, traducción del autor) o en el caso del Columbia al “agujero en el escudo térmico, el cual fue causado por un trozo de espuma que se desgajó en el despegue” (CAIB 2003, traducción del autor).

Sea como fueren las “causas” aducidas oficialmente, está claro que se encuentran en concurrencia con otras tesis, que deben ser tenidas en cuenta en esta discusión si queremos ser serios. En segundo lugar, que las “causas” aducidas reflejan en todo caso las normas, los estándares, los puntos fundamentales de atención, las costumbres mentales y las orientaciones culturales de una (posiblemente plural) sociedad de expertos (es decir, de mediadores). En principio, lo mismo vale para otras tesis distintas que afirman causas alternativas para uno, el otro o ambos desastres.

Por ejemplo, la tesis de Edward Tufte (2005; ver también Holmes 2007) bajo el lema “PowerPoint mata”, de que la tecnología medial, que reduce la comunicación entre expertos técnicos y los que deciden, ha sido decisiva, en la medida en que el desgajamiento de un trozo de espuma en el despegue podría haberse evitado o al menos antes de que se produjera la avería causada podría haberse identificado y reparado. O la tesis planteada por Philipp Schaumann (2006), de que en

¹⁴ Las “determinaciones” y “consecuencias” las dejamos aquí fuera ya que se pueden ilustrar mucho mejor con otros ejemplos.

¹⁵ En la jerga de la NASA se habla, de un modo escueto, de una LOV, es decir de una “pérdida de vehículo” (“Loss of Vehicle”).

¹⁶ Otros detalles sobre esta misión se encuentran en <http://de.wikipedia.org/wiki/STS-51-L>.

¹⁷ Otros pormenores sobre esta misión se encuentran en <http://de.wikipedia.org/wiki/STS-107>.

ambos casos habrían sido decisivos los problemas y la cultura de la comunicación - la relación entre el nivel de la organización y el plano técnico de la NASA.



Fig. 12: Fotografía que muestra el transbordador espacial Columbia unos 30 segundos después de su exitoso lanzamiento el 16 de enero de 2003, a las 10:39 a.m. EST; captura de pantalla del vídeo Full Launch - STS 107 de la NASA, publicado en YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=rAisCABKlsg>.

La propuesta, más comprehensiva, que quiero esbozar aquí, ya que va más allá sistemáticamente de la identificación de causas individuales como fundamento (decisivo), procede de Charles Perrow. Este fue miembro de la comisión de investigación en la aclaración de la parcial fusión del núcleo y casi catástrofe en la central nuclear Three Mile Island, Harrisburg, USA, ocurrida en 1979 (ver también President's Commission on the Accident at Three Mile Island 1979). La propuesta se centra en una investigación cualitativa de la complejidad estructural de los sistemas técnico-industriales y tiende a entender las causas del riesgo y las potenciales catástrofes. La diferencia entre sistemas que interactúan linear y complejamente, así como entre aquellos con un acoplamiento más o menos estrecho de sus elementos. Si se combinan ambas diferenciaciones, resultan cuatro tipos de sistemas de riesgo, que se pueden ordenar sinópticamente en un esquema de cuatro campos (ver figura 15).

4.4 Entender catástrofes normales

La probabilidad de interacciones imprevistas es mucho mayor en sistemas con acoplamiento fijo y complejas interacciones, en comparación con sistemas con menor acoplamiento. Perrow (1992, pág. 12ss.) calcula esta diferencia con un factor exponencial de 10 y denomina a estos sistemas “de alto riesgo”.

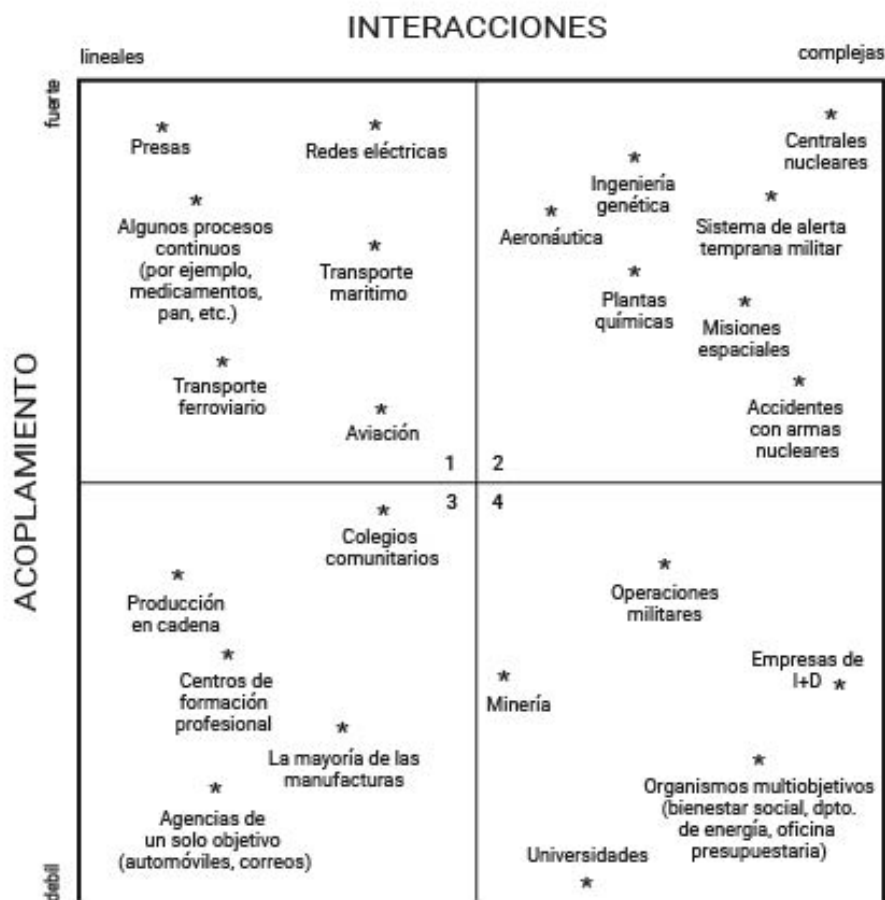


Fig. 13: Grado de interacción y acoplamiento entre diferentes industrias e instituciones (Perrow 1984/2009; la traducción inglés-español del gráfico ha sido optimizada por el autor).

Perrow mismo (1992, pág. 356, traducción del autor) deja claro que “si la ciencia del análisis de riesgos tal como se lleva a cabo hoy en día tiene razón, entonces mis consejos deben rechazarse como infundamentados”. Precisamente los sistemas que suponen una mayor amenaza según su opinión no han herido ni matado a ningún ser humano hasta ahora, mientras que aquellos sistemas que se han considerado que apenas deberían ser modificados (centrales de energía térmica, coches o minas) han supuesto un gran número de vidas y de heridos hasta ahora. Está claro que para Perrow el problema decisivo no se halla determinado simplemente por la medida de los daños en personas y cosas en el contexto de la tecnología, sino que la pregunta fundamental es por la capacidad (principalmente técnica y social) de dominar los potenciales riesgos de catástrofe. De acuerdo con ello él aconseja no implementar, a ser posible, sistemas técnicos estrechamente acoplados y altamente complejos, y sustituirlos por otros menos estrechamente acoplados y menos complejos y por ello más fáciles de dominar. Aunque esta meta parezca más plausible y realizable con respecto al número de perjuicios en personas y en cosas, se puede demostrar también con respecto al polémico conflicto entre el aumento de la eficiencia y la prevención de accidentes, pues las medidas para el aumento de la prevención del medio ambiente y de la productividad de los recursos por medio de un acoplamiento cada vez más estrecho y de un procedimiento más complejo (por ejemplo, del producto conjunto en la industria química) conllevan, según Perrow, mayores riesgos de accidente; pero deben ser juzgados de modo distinto

con respecto a los riesgos para el medio ambiente ya que estos se producen en el funcionamiento normal y en sus emisiones¹⁸.

La otra aportación, más comprehensiva, que quisiera desarrollar aquí, el de las culturas de riesgo y de seguridad, llega por el contrario a una conclusión distinta, a saber, que los sistemas de alto riesgo exigen culturas de organización muy fiables, para operar con seguridad. Y al revés esto significa que tecnologías supuestamente inocuas pueden convertirse en algo peligroso si se hallan en manos de una cultura organizativa menos adecuada. La Comisión para la Investigación del Accidente del Columbia (CAIB 2003) llegó en todo caso a la conclusión (totalmente en la línea de esta argumentación), que los puntos débiles en la cultura de la organización y de la seguridad de la NASA tuvieron tanta parte en la catástrofe como los problemas genuinamente técnicos. Por ello, se le encargó a la empresa BST (Behavioral Science Technology Inc.) un estudio más exhaustivo de los puntos débiles y llevar a cabo una encuesta con este propósito entre los aproximadamente 19.000 empleados de la NASA. En el informe “Assessment and Plan for Organizational Culture Change at NASA”, la BST (2004) subraya que la cultura empresarial de la NASA con respecto a la seguridad de las misiones espaciales tiene dos grandes puntos débiles: por un lado, con respecto a la “perceived organizational support” (es decir, cuánto se sienten los trabajos/trabajadoras respaldados por la empresa); por otro lado, con respecto a la “upward communication” (es decir, hasta dónde son capaces de trasladar los problemas hacia un nivel superior).

5. Resumen

La seguridad debe tenerse en cuenta en el contexto de la capacidad de producción y la complejidad de los sistemas técnicos y debe ser analizada en el contexto del creciente potencial de riesgo, el cual representa la otra cara de su capacidad creciente de producción, en la medida en que afecta cada vez más a los procesos naturales y sociales. En esto hay que tener en cuenta que la integración en relaciones sociales es una condición tan importante para el funcionamiento de una tecnología, como su inserción en la naturaleza material. Ahora bien, ambas condiciones son efectivas no sólo en el caso de su funcionamiento, sino lo son también en los casos de fallos en las tecnologías, en los casos en que una causalidad controlada pasa a ser una causalidad ya no controlada (o en el peor de los casos ya no controlable). Al mismo tiempo, las condiciones de efectividad de las tecnologías y los sistemas tecnológicos se ven expuestos también a las consecuencias de su funcionamiento.

Estas consecuencias pueden, por un lado, retrotraerse originariamente a un fallo o a deficiencias en el modo de operar de una tecnología, pero, por otro lado, pueden concebirse como consecuencias de su funcionamiento regular (es decir, no del fallo, sino del éxito de una tecnología). En primer lugar, esto vale para los “entornos ecológicos de sistemas tecnológicos”, por ejemplo, en el caso de las “emisiones” (técnicamente permitidas) de todos los motores de combustión, las cuales se emiten como “inmisiones” en el medio ambiente (agua, suelo, aire) o en los seres vivos (incluido el cuerpo humano) y allí causan sus efectos (apenas anticipados,

¹⁸ Una panorámica de los consejos esenciales de la investigación socio-científica del riesgo que desarrollan exigencias totalmente distintas sobre todo a la vista de diversos puntos de referencia, se encuentra en Metzner (2002, pág. 500s.).

mucho menos permitidos). En segundo lugar, para los “entornos sociales de sistemas tecnológicos” vale —en principio— lo mismo: se disponen, como tales, interfaces esenciales entre la técnica y sus operarios y usuarios, y se tienen en cuenta las posibilidades de un servicio deficitario y de las consecuencias directas en los actores mismos, por ejemplo, en el caso de liberaciones incontroladas de energía, pero las consecuencias no buscadas de la tecnología para el entorno social se consideran normales.

Todo cálculo tiene límites, incluye un círculo de posibles condiciones y consecuencias de actuación, en forma de análisis de interacciones técnicas, en forma de análisis de costes y provechos económicos, o finalmente en forma de cálculo del riesgo. El cálculo del riesgo desplaza los límites de lo que se incluye analíticamente a la vez que los límites de lo que se puede dominar (de hecho, o supuestamente) y crea ámbitos de actuación que nadie se hubiera atrevido a sobrepasar sin este cálculo. Como idea regulativa, la racionalidad del riesgo permanece precaria y es discutible, a pesar de todo el provecho que se pueda conseguir con su ayuda.

Aprender de los errores —precisamente en la complejidad de los contextos aquí tratados— supone conocerlos. Sólo las experiencias no sirven para nada. Lo que se necesita son ideas adecuadas para poder captarlas en su esencia, en sus fundamentos y en sus consecuencias. Cooperación interdisciplinaria y modelos que vayan más allá de la disciplina particular son el camino correcto. La condición básica para poder aprender de los errores supone sin embargo pura y llanamente tener conciencia (abierta tanto reflexiva como prospectivamente) de poder equivocarse, de que las verdades propias pueden ser falsas.¹⁹ El mayor error es creer en la verdad pura. Por ello, y porque soy un ser humano pragmático, no está de más terminar mis reflexiones aquí con las palabras de un famoso cómico del cine y crítico de la civilización: “La mayor superstición de nuestro tiempo es la fe en el derecho de paso” (Jacques Tati, más conocido como Sr. Hulot).

BIBLIOGRAFÍA

- BATESON, G. (1991): *Pasos hacia una ecología de la mente*, Buenos Aires, Carlos Lohlé-Lumen / BATESON, G. (1972): *Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology*, New York, Ballantine Books.
- BERGER, P.L. y LUCKMANN, T. (1968): *La construcción social de la realidad*, Buenos Aires, Amorrortu / BERGER, P.L. y LUCKMANN, T. (1966): *The Social Construction of Reality. A Treatise in the Sociology of Knowledge*, New York, Anchor.
- BIJKER, W.E.; HUGHES, T.P. y PINCH, T.J. (eds.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge/London, MIT Press.
- BST [Behavioral Science Technology Inc.] (2004): *Assessment and Plan for Organizational Culture Change at NASA, Ojai/CA* (submitted to NASA March 15, 2004). <http://www.nasa.gov/pdf/57382main_culture_web.pdf>
- BÜRGIN, L. (2007): *Irrtümer der Wissenschaft: verkannte Genies, Erfinderpech und kapitale Fehlurteile*, Ertstadt, Area.
- CAIB [Columbia Accident Investigation Board] (2003): *Report*, vol. 1, Washington/DC, August. <<http://www.nasa.gov/columbia/caib/html/report.html>>

¹⁹ Una de las tareas de la epistemología no es por tanto trabajar en teorías del conocimiento que pretendan garantizar el saber seguro como saber seguro, sino mantener abierta la visión de que las cosas pueden ser de otro modo a como lo supone el conocimiento reconocido. Mantener abierta la capacidad de aprender se vuelve por tanto más difícil cuanto más aprendemos. Pues cuanto más saber acumulamos (con gran esfuerzo), tanto menos estamos dispuestos a renunciar a él (sin resistencia); ver también Metzner (2001) sobre “Contra el método” de Paul Feyerabend (1987).

- DÖRNER, D. (1981): "Über die Schwierigkeit menschlichen Umgangs mit Komplexität", *Psychologische Rundschau*, vol. 32, no. 3, pp.163-179.
- DÖRNER, D. (1989): *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*, Reinbek, Rowohlt.
- DOUGLAS, M. y WILDAVSKY, A. (1982): *Risk and Culture*, Berkley, University of California Press.
- FEYERABEND, P. (1987): *Contra el método: esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Barcelona, Ariel (2ª ed.).
- FUNTOWICZ, S.O. y RAVETZ, J.R. (1992): "Three Types of Risk Assessment and the Emergence of Post-Normal Science", en: S. Krimsky y D. Golding (eds.): *Social Theories of Risk*, Westport/London, Praeger, pp. 251-273.
- GIRARD, R. (1982): *Le Bouc émissaire*, Paris, Grasset / GIRARD, R. (1986): *El chivo expiatorio*, Barcelona, Editorial Anagrama.
- HABERMAS, J. (1987a): *Teoría de la acción comunicativa (vol. 1): Racionalidad de la acción y racionalización social*, Madrid, Taurus.
- HABERMAS, J. (1987b): *Teoría de la acción comunicativa (vol. 2): Crítica de la razón funcionalista*, Madrid, Taurus.
- HAKEN, H. (1984): *Erfolgsgeheimnisse der Natur - Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken*, Frankfurt am Main, Ullstein.
- HOFFMANN, U. (1992): *Aviation, androids, and artificial intelligence: the intricate paths of literary imagination and technological development*, Berlin, WZB.
- HOLMES, J. (2007): "Could PowerPoint Kill?", *The Michigan Daily*, Sept. 11. <<http://www.michigandaily.com/print/22671>>
- JUNGERMANN, H. y SLOVIC, P. (1993a): "Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko", en: G. Bechmann (ed.): *Risiko und Gesellschaft, Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung*, Opladen, Westdeutscher Verlag, pp.167-207.
- JUNGERMANN, H. y SLOVIC, P. (1993b): "Charakteristika individueller Risikowahrnehmung", en: W. KROHN y G. KRÜCKEN (eds.) (1993a): *Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung*, Frankfurt am Main, Suhrkamp, pp.79-100.
- KAUFMANN, F.-X. (1995): "Risiko, Verantwortung und gesellschaftliche Komplexität", en: Bayertz, K. (ed.): *Verantwortung - Prinzip oder Problem?*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, pp. 72-97
- KNORR-CETINA, K. (1982): "The Constructivist Program in the Sociology of Science", *Social Studies of Science*, vol.12, pp.320-324
- KNORR-CETINA, K. (1989): "Spielarten des Konstruktivismus", *Soziale Welt*, vol. 40, no. 1/2, pp.86-96.
- KROHN, W. y KRÜCKEN, G. (1993b): "Risiko als Konstruktion und Wirklichkeit - Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung", en: W. Krohn y G. Krücken (eds.) (1993a): *Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung*, Frankfurt am Main, Suhrkamp, pp.9-44.
- LATOUR, B. (1993): *We have never been modern*, Cambridge/Mass, Harvard University Press.
- LAW, J. (1987): "Technology and Heterogeneous Engineering, The Case of Portuguese Expansion", en: W.E. Bijker; T.P. Hughes y T.J. Pinch (eds.) (1987): *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge/London, MIT Press, pp.111-134.
- LEROI-GOURHAN, A. (1971): *El gesto y la palabra*, Caracas, Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela.
- LUHMANN, N. (1991): *Die Soziologie des Risikos*, Berlin, de Gruyter.
- MACKENZIE, D. y WAJCMAN, J. (eds.) (1985): *The Social Shaping of Technology*, Milton Keynes, Open University Press.
- METZNER, A. (1998): "Constructions of Environmental Issues in Scientific and Public Discourse", en: F. Mueller y M. Leupelt (eds.): *Eco Targets, Goal Functions and Orientors*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer Publishers, pp.171-192.
- METZNER, A. (2001): "Feyerabend, Paul: Wider den Methodenzwang", en: S. Papcke y G.W. Oesterdiekhoff (eds.): *Schlüsselwerke der Soziologie*, Wiesbaden, VS, pp.152-154. <http://egora.uni-muenster.de/ifs/personen/bindata/Metzner_Feyerabend.pdf>
- METZNER, A. (2002): *Die Tücken der Objekte. Über die Risiken der Gesellschaft und ihre Wirklichkeit*, Frankfurt am Main, New York, Campus.

- METZNER-SZIGETH, A. (2004): "Zwischen Systemkomplexität und Akteursverantwortung", en: K. Kornwachs (ed.): *Technik – System – Verantwortung*, Münster, LIT, pp.391-409.
- METZNER-SZIGETH, A. (2009): "Contradictory Approaches? - On Realism and Constructivism in the Social Sciences Research on Risk, Technology and the Environment", *Futures – The Journal of Policy, Planning and Futures Studies*, vol. 41, no. 2, pp.156-170.
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2008.09.017>>
- METZNER-SZIGETH, A. (2023): "La autorrealización eco-social del ser humano y sus medios: Reflexiones sobre la cultura y la tecnología", *Revista Internacional de los Estudios Vascos (RIEV)*, vol. 68, no. 1, pp. 1-21. <<https://www.eusko-ikaskuntza.eus/es/riev/la-autorrealizacion-eco-social-del-ser-humano-y-sus-medios-reflexiones-sobre-la-cultura-y-la-tecnologia/rart-24839/>>
- MORIN, E. (2011): *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, Barcelona, Paidós.
- MORIN, E. (1973) : *Le paradigme perdu. La nature humaine*, Paris, Seuil.
- NEUMAIER, O. (ed.) (2007): *Fehler und Irrtümer in den Wissenschaften*, Wien, Berlin, LIT.
- PERROW, C. (1984): *Normal Accidents. Living with High-Risk Technologies*, New York, Basic Books / PERROW, C. (1992): *Normale Katastrophen. Die unvermeidlichen Risiken der Großtechnik*, Frankfurt am Main, Campus / PERROW, C. (2009): *Accidentes normales. Convivir con las tecnologías de alto riesgo*, Madrid, Modus Laborandi.
- PRESIDENT'S COMMISSION ON THE ACCIDENT AT THREE MILE ISLAND (1979): *The need for change, the legacy of TMI: report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island*, New York, Pergamon Press.
- PINCH, T.J. (1991): "How do we Treat Technical Uncertainty in Systems Failure? The Case of the Space Shuttle Challenger", en: T.R. La Porte (ed.): *Social Responses to Large Technical Systems – Control or Anticipation*, Boston, Kluwer Academic Publishers, pp. 143-158.
- PINCH, T.J. y BIJKER, W.E. (1987): "The Social Construction of Facts and Artifacts or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other", en: W.E. Bijker; T.P. Hughes; T.J. Pinch (eds.): *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge/London, MIT Press, pp. 17-50.
- RAMMERT, W. (1992): "Wer oder was steuert den technischen Fortschritt? - Technischer Wandel zwischen Steuerung und Evolution", *Soziale Welt*, vol. 43, pp.7-25.
- RAYNER, S. (1993): "Risikowahrnehmung, Technologieakzeptanz und institutionelle Kultur: Fallstudien für einige neue Definitionen", en: Bayerische Rückversicherung (ed.): *Risiko ist ein Konstrukt. Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung*, München, Knesebeck, pp.213-243.
- ROGERS COMMISSION (1986): *Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident*, Washington/DC, June 6.
<https://sma.nasa.gov/SignificantIncidents/assets/rogers_commission_report.pdf>
- ROSA, E.A. (1988): "Metatheoretical foundations for post-normal risk", *Journal of Risk Research*, vol. 1, no. 1, pp.15-44.
- SCHAUMANN, P. (2006): *Zivilcourage, oder ,Warum sind die beiden Shuttles abgestürzt?'*.
<<https://sicherheitskultur.at/technik.htm>>
- SCHMIDT, S.J. (1987): "Der Radikale Konstruktivismus - Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs", en: S.J. SCHMIDT (ed.): *Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus*, Frankfurt am Main, Suhrkamp, pp. 11ff.
- SCHNEIDER, M. (2006): *Teflon, Post-it und Viagra: große Entdeckungen durch kleine Zufälle*, Weinheim, Wiley-VCH.
- THOMPSON-KLEIN, J.; et al. (eds.) (2001): *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society*, Basel, Boston. Berlin, Birkhäuser.
- TUFTE, E. (2005): *PowerPoint Does Rocket Science - and Better Techniques for Technical Reports*.
<http://www.edwardtufte.com/bboard/q-and-a-fetch-msg?msg_id=0001yB&topic_id=1>