

AAU

AMERICAN ANDRAGOGY
UNIVERSITY



DONALD NORMAN

La psicología de los objetos cotidianos



DONALD A. NORMAN

La psicología de los objetos cotidianos

Traducción de Fernando Santos Fontenla

Publicado originalmente en inglés con el título

- © 1988 by Donald A. Norman
Published by arrangement with Basic Books, Inc.,
New York, N. Y., U.S.A.
- © Ed. cast.: Editorial NEREA, S. A., 1990
Santa María Magdalena, 11. 28016 Madrid
Teléfono: 571 45 17
- © de la trad.: Fernando Santos Fontenla, 1990

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro pueden reproducirse o transmitirse utilizando medios electrónicos o mecánicos, por fotocopia, grabación, información, anulado u otro sistema sin permiso por escrito del editor.

ISBN: 84-86763-38-X
Depósito legal: M. 21.711-1990
Fotocomposición: EFCA, S. A.
Avda. Federico Rubio y Galí, 16. 28039 Madrid
Impreso en Lavel. Los Llanos, nave 6. Humanes (Madrid)

Impreso en España

índice

Prefacio.....	9
Capítulo 1: La psicología de los objetos cotidianos	15
Capítulo 2: La psicología de las actividades cotidianas	53
Capítulo 3: El conocimiento en la cabeza y en el mundo	77
Capítulo 4: Saber que hacer	107
Capítulo 5: Errores humano	135
Capítulo 6: El desafío del diseño	177
Capítulo 7: El diseño centrado en el usuario	231
Notas.....	267
Sugerencias bibliográficas	283
Bibliografía	289
índice onomástico	297

PREFACIO

Este es el libro que siempre había querido escribir, pero no lo sabía. A lo largo de los años he ido dando trompicones por la vida, tropezando con puertas, sin saber qué hacer con los grifos, incompetente para utilizar las cosas más sencillas de la vida cotidiana. «Soy yo», murmuraba. «Es mi incapacidad para lo mecánico». Pero al ir estudiando psicología y contemplando el comportamiento de otros, empecé a comprender que no estaba solo. Mis dificultades se reflejaban en los problemas de otros. Y todos parecíamos echarnos la culpa a nosotros mismos. ¿Era posible que todo el mundo padeciera de cretinismo mecánico?

La verdad fue apareciendo lentamente. Mis actividades de investigación me llevaron al estudio de los errores humanos y los accidentes industriales. Descubrí que los seres humanos no siempre se portan con torpeza. Los seres humanos no siempre se equivocan. Pero sí lo hacen cuando las cosas que utilizan están mal concebidas y diseñadas. Sin embargo, seguimos presenciando cómo siempre se echa la culpa a errores humanos por todos los desastres de la sociedad. ¿Hay un accidente aéreo? «Error del piloto», dicen los informes. ¿Tiene una central nuclear soviética un problema grave? «Error humano», dicen los periódicos. ¿Chocan dos barcos en alta mar? «Error humano», es la causa que se cita oficialmente. Pero por lo general, un análisis cuidadoso de los accidentes de ese tipo suele desmentir esas explicaciones. En el caso del famoso desastre de la central nuclear norteamericana de Three Mile Island, se echó la culpa a los trabajadores de la central que diagnosticaron mal los problemas. Pero, ¿fue un error humano? Veamos la frase «trabajadores que diagnosticaron mal los problemas». La frase revela que en primer lugar hubo problemas: de hecho, una serie de fallos mecánicos. Entonces, ¿por qué no fue la causa real el fallo del equipo? ¿Qué pasa con los diagnósticos erróneos?

¿Por qué no determinaron correctamente la causa los trabajadores? Bueno, ¿y cómo ocurrió que no se disponía de los instrumentos idóneos? ¿Cómo fue que los operarios de la central actuaron de modos que en el pasado siempre habían sido los correctos y los idóneos? ¿Cómo fue que la válvula de seguridad no cerró, aunque el operario apretó el botón correcto, y aunque se encendió una luz para decir que se había cerrado? ¿Por qué se acusó al operario de no verificar dos instrumentos más (uno de ellos detrás del cuadro de mandos) y determinar que la luz se había equivocado? (De hecho, el operario sí que verificó uno de esos instrumentos.) ¿Error humano? A mí me parece que se trata de un fallo del equipo junto con un grave error de diseño.

Y, además, ¿qué decir acerca de mi incapacidad para utilizar las cosas más sencillas de la vida cotidiana? Sé utilizar cosas complicadas. Tengo mucha experiencia con ordenadores y un equipo complejo de laboratorio. ¿Por qué tengo problemas con las puertas, los interruptores de la luz y los grifos? ¿Cómo es que puedo manejar una instalación de ordenadores que vale millones de dólares, pero no la nevera de casa? Mientras todos nos echamos la culpa a nosotros mismos, sigue sin detectarse el auténtico culpable: el mal diseño. Y hay millones de personas que se consideran mecánicamente incompetentes. Ya es hora de que cambie todo eso.

Y de ahí este libro: PSICO, *La Psicología de los Objetos Cotidianos*. Es el resultado de mis reiteradas frustraciones con el funcionamiento de los objetos cotidianos y de mi conocimiento cada vez mayor de cómo aplicar la psicología experimental y la ciencia cognoscitiva. La combinación de experiencia con conocimiento es lo que ha hecho necesario PSICO, al menos para mí y para mi sensación de estar a gusto conmigo mismo.

De manera, que aquí está: en parte polémica y en parte ciencia. En parte en serio y en parte en broma: PSICO.

Expresiones de reconocimiento

PSICO se concibió, y los primeros borradores se escribieron, mientras yo me hallaba en Cambridge, Inglaterra en un año sabático concedido por la Universidad de California, San Diego. En Cambridge, trabajé en la Unidad de Psicología Aplicada (UPA), que es un laboratorio del Consejo Británico de Investigaciones Médicas.

Debo especial agradecimiento a la gente de la UPA por su hospitalidad. Se trata de un grupo muy especial de gente, con una experiencia especial en psicología aplicada y teórica, especialmente en lo relativo a los temas de este libro. Son expertos de fama mundial en el diseño de manuales de instrucción, señales de alerta, sistemas de ordenadores, que trabajan en un medio ambiente lleno de defectos de diseño: puertas difíciles de abrir (o que le pillan a uno las manos cuando se abren), letreros ilegibles (c ininteligibles), placas de cocinas que inducen al error, interruptores que incluso a quien los instaló le resultan difíciles de entender. Un ejemplo llamativo de todo lo que está mal con el diseño, que se halla entre los usuarios más informados. Una combinación perfecta para iniciar mi trabajo. Naturalmente, mi propia universidad y mi propio laboratorio tienen sus propios horrores, como se verá con toda evidencia en este libro, más adelante.

Un importante argumento de PSICO es que gran parte de nuestros conocimientos cotidianos se hallan en el mundo exterior, y no en nuestras cabezas. Se trata de un argumento interesante y, para los psicólogos del conocimiento, difícil. ¿Qué puede significar el decir que el conocimiento se halla en el mundo exterior? El conocimiento es algo que se interpreta, algo que sólo se puede hallar en nuestros cerebros. La información, sí, puede hallarse en el mundo, pero el conocimiento nunca. Bien, de acuerdo, la distinción entre conocimiento e información no está clara. Si utilizamos los términos con flexibilidad, quizá se puedan ver mejor las cuestiones. No cabe duda de que la gente confía en cómo están colocados y dónde se hallan los objetos, en textos escritos, en la información contenida en otras personas, en los artefactos de la sociedad y en la información transmitida en el seno de una cultura y por ésta. Desde luego, hay mucha información que se halla en el mundo, y no en la cabeza. Mi forma de comprender esta cuestión se ha visto reforzada por años de debate e interacción con un equipo muy competente de La Jolla, el Grupo de Ciencias Sociales Cognoscitivas de la Universidad de California, San Diego. Se trata de un pequeño grupo de profesores de los departamentos de psicología, antropología y sociología, organizado por Mike Colé, que durante varios años se estuvo reuniendo oficiosamente una vez por semana. Los principales miembros eran Roy d'Andrade, Aaron Cicourel, Mike Colé, Bud Mehan, George Mandler, Jean Mandler, Dave Rumelhart y yo. Dado el carácter atípico (aunque típicamente académico) de la inte-

racción de este grupo, quizá no deseen tener nada que ver con las ideas que se exponen en PSICO.

Y, por último, en la Unidad de Psicología Aplicada de Inglaterra, conocí a otro profesor estadounidense visitante, David **Rubin**, de la Universidad de Duke, que estaba analizando la memoria de la poesía épica: esas largas y enormes proezas de una memoria prodigiosa en la que un poeta itinerante recita de memoria poesía durante horas y horas. Rubin me mostró que no todo se hallaba en la memoria: gran parte de la información se hallaba en el mundo, o al menos en la estructura de la narración, la poética y los estilos de vida de la gente.

Mi anterior trabajo de investigación se refirió a las dificultades de utilizar los ordenadores y los métodos que podrían utilizarse para facilitar las cosas. Pero cuanto más estudiaba yo los ordenadores (y otros demonios de nuestra sociedad, como los sistemas de aviónica y la energía nuclear), más comprendía que no tenían nada de especial: planteaban los mismos problemas que los objetos más sencillos y cotidianos. Y los objetos cotidianos eran más omnipresentes, constituían un problema mayor. Dado en especial que la gente se siente culpable cuando no sabe utilizar objetos sencillos, una culpabilidad que no deberían sentir ellos, sino los diseñadores y los fabricantes de los objetos.

Y así empezó a encajar todo. Las ideas, el descanso del año sabático. Mis experiencias a lo largo de años de combatir contra las dificultades de un mal diseño, de un equipo que no se podía utilizar, de objetos cotidianos que parecían ajenos al funcionamiento de los seres humanos. El que se me pidiera dar una conferencia sobre mi trabajo en la UPA, lo cual me obligó a empezar a anotar mis ideas. Y, por último, la fiesta de cumpleaños de Roger Schank en París, donde descubrí las obras del artista Carrelman y decidí que ya había llegado el momento de escribir el libro.

Apoyo oficial a la investigación

La redacción en sí del libro se hizo en tres lugares diferentes. La tarea se inició mientras me hallaba en año sabático concedido por San Diego. Pasé la primera mitad del año sabático en la Unidad de Psicología Aplicada de Cambridge, Inglaterra, y la segunda mitad en MCC (Microelectronics and Computer Technology Corporation) de Austin, Texas. La MCC es

el consorcio estadounidense de investigación que se ocupa de la tarea de elaborar sistemas de ordenadores o computadoras del futuro. Oficialmente, yo era un «científico en visita»; extraoficialmente, era una especie de «ministro sin cartera», con libertad para vagabundear e interactuar con los múltiples programas de investigación en marcha, especialmente los relativos a la llamada «interfaz humana». En Inglaterra hace frío en invierno, en Texas hace calor en verano. Pero ambos lugares aportaron exactamente los climas adecuados de amistad y de apoyo que necesitaba para hacer la labor. Por último, cuando volví a la Universidad de California en San Diego, revisé el libro varias veces. Lo utilicé en clases y envié copias a varios colegas para que me formularan sugerencias. Las observaciones de mis estudiantes y mis lectores resultaron inapreciables y provocaron revisiones radicales respecto de la estructura inicial.

La investigación contó en parte con el apoyo del contrato N00014-85-C-0133 NR 667-547, del Programa de Personal y de Investigaciones sobre Capacitación de la Oficina de Investigaciones Navales, así como con una subvención de la Fundación para el Desarrollo de Sistemas.

Gente

Existe una gran diferencia ente los primeros borradores de PSICO y la versión definitiva. Muchos de mis colegas se tomaron el tiempo de leer varios borradores y me hicieron observaciones críticas. En particular, deseo dar las gracias a Judy Greissman, de Basic Books, por su paciente crítica a lo largo de varias revisiones. Mis anfitriones en la UPA, en la Gran Bretaña, fueron amabilísimos, en especial Alan Baddeley, Phil Barnard, Thomas Green, Phil Johnson-Laird, Tony Marcel, Karakyn y Roy Patterson, Tim Shallice y Richard Young. El personal científico de MCC aportó sugerencias muy útiles, en especial Peter Cook, Jonathan Grudin y Dave Wroblewski. En la Universidad de California en San Diego, deseo en especial dar las gracias a los estudiantes de Psicología 135 y 205: mis cursos de licenciatura y de postgrado en esa Universidad, titulados «Ingeniería cognoscitiva».

Mis colegas de la comunidad de diseñadores me ayudaron mucho con sus comentarios: Mike King, Mihai Nadin, Dan Rosenberg y Bill Ver-

plank. Especial agradecimiento merecen Phil Agre, Sherman DeFores y Jef Raskin, todos los cuales leyeron el manuscrito atentamente y aportaron múltiples y valiosas sugerencias.

La fotografía de las ilustraciones se convirtió en parte de la diversión al recorrer el mundo cámara fotográfica en mano. Eileen Conway y Michael Norman ayudaron a reunir y organizar las figuras y las ilustraciones. Julie Norman ayudó, como hace con todos mis libros, leyendo pruebas, introduciendo comentarios y sugerencias y dándome su aliento. Eric Norman aportó un asesoramiento y un apoyo valiosos y unos pies y unas manos muy fotogénicos.

Por último, mis colegas del Instituto de Ciencias del Conocimiento de la Universidad de California, San Diego, me ayudaron en todo momento: en parte gracias a la magia que representa el correo internacional entre ordenadores, en parte mediante su asistencia personal en los detalles del proceso. He de destacar a Bill Gaver, Mike Mozer y Dave Owen por sus detalladas observaciones, pero fueron muchos quienes en un momento u otro de la investigación anterior al libro y durante los años que llevó el escribirlo me han ayudado considerablemente.

LA PSICOLOGÍA DE LOS OBJETOS COTIDIANOS



«Kenneth Olsen, el ingeniero que fundó y que sigue dirigiendo Digital Equipment Corp., confesó en la reunión anual que no sabe calentar una taza de café en el microondas de la empresa.» '

Para entender cosas así habría que ser ingeniero

«Para entender cosas así habría que ser ingeniero por el MIT», me dijo alguien una vez, meneando la cabeza porque no sabía manejar su nuevo reloj digital. Bien, yo tengo un título de ingeniería por el MIT (Kenneth Olsen tiene dos y no sabe cómo manejar un microondas). Si se me dejan unas horas, puedo arreglármelas con el reloj. Pero, ¿por qué hacen falta unas horas? He hablado con mucha gente que es incapaz de utilizar todos los elementos de sus lavadoras o de sus cámaras de fotos que no saben cómo manejar una máquina de coser o una grabadora de vídeo, o que a menudo encienden el quemador equivocado de la cocina.

¿Por que aceptamos las frustraciones de los objetos cotidianos, objetos que no sabemos utilizar, esos paquetes tan bien envueltos en plástico que parecen imposibles de abrir, esas puertas que dejan a la gente atrapada, esas lavadoras y esas secadoras que resultan demasiado complicadas de utilizar, esos sistemas de audio—estéreo— televisión, cassette de vídeo que

según los anuncios lo hacen todo, pero que en la práctica hacen que resulte prácticamente imposible hacer nada?

El cerebro humano está exquisitamente adaptado para interpretar el mundo. Basta con que reciba la mínima pista y se lanza, aportando explicaciones, racionalizaciones y entendimiento. Veamos los objetos —libros, radios, electrodomésticos, máquinas de oficina e interruptores— que forman parte de nuestras vidas cotidianas. Los objetos bien diseñados son fáciles de interpretar y comprender. Contienen pistas visibles acerca de su funcionamiento. Los objetos mal diseñados pueden resultar difíciles de utilizar frustrantes. No aportan pistas, o a veces aportan falsas pistas. Atrapan al usuario y dificultan el proceso normal de interpretación y comprensión. Por desgracia, lo que predomina es el mal diseño. El resultado es un mundo lleno de frustraciones, de objetos que no se pueden comprender, con mecanismos que inducen al error. Este libro representa una tentativa de cambiar las cosas.



1.1. Cafetera para masoquistas de Carelman. El artista francés Jacques Carelman, en su serie de libros *Catalogue d'objets introuvables (catálogo de objetos imposibles)* aporta ejemplos que son deliberadamente inmanejables, absurdos o en cualquier caso están mal hechos. Jacques Carelman: «Cafetera para masoquistas». Copyright © 1969—76—80 por Jacques Carelman y ADACP. París. De Jacques Carelman, *Catalogue d'objets introuvables*, Balland, París, Francia. Reproducido con autorización del artista.

Las frustraciones de la vida cotidiana

Si me colocaran a mí en la cabina de un moderno avión a reacción, mi incapacidad para actuar con eficacia y acierto no me sorprendería ni me molestaría. Pero no debería tener problemas con las puertas ni los interruptores, con los grifos ni las cocinas. «¿Puertas?» Oigo decir al lector, «¿tiene usted problema con las puertas?». Sí. Empujo puertas de las que debería tirar, tiro de puertas que debería empujar y me tropiezo con puertas que deberían deslizarse. Además, veo que otras personas tienen los mismos problemas: problemas innecesarios. Existen principios psicológicos que pueden utilizarse para que esas cosas sean inteligibles y utilizables.

Veamos la puerta. Con una puerta no se pueden hacer demasiadas cosas: se puede abrir o cerrar. Supongamos que está uno en un edificio de oficinas, pasando por un pasillo. Se encuentra uno con una puerta. ¿En qué sentido se abre? ¿Hay que tirar o empujar, a la izquierda o a la derecha? A lo mejor la puerta es corredera. En tal caso, ¿en qué sentido? He visto puertas que corren hacia arriba. Una puerta plantea únicamente dos cuestiones esenciales: ¿En qué sentido se desplaza? ¿De qué lado debe uno tocarla? Las respuestas las debe dar el diseño, sin necesidad de palabras ni de símbolos, y desde luego sin necesidad de hacer pruebas para ver cómo funciona.

Un amigo me dijo que una vez se había quedado atrapado en el portal de una oficina de correos de una ciudad europea. La entrada estaba formada por una fila impresionante de seis puertas de vaivén de vidrio, seguidas inmediatamente por una segunda fila idéntica. Se trata de un diseño normal: ayuda a reducir la corriente de aire, con lo cual se mantiene la temperatura interior del edificio.

Mi amigo empujó del lado de una de las puertas externas de la izquierda. Esta giró hacia adentro y él entró en el edificio. Después, antes de que pudiera llegar a la fila siguiente de puertas, algo le distrajo y se dio la vuelta un instante. En aquel momento no se dio cuenta, pero se había desplazado algo a la derecha. Deforma que cuando llegó a la puerta siguiente y la empujó, no pasó nada. «Vaya», pensó «debe de estar cerrada con llave». Entonces empujó el costado de la puerta adyacente. Nada. Mi amigo, intrigado, decidió volver afuera. Se dio la vuelta y empujó el lado de una puerta. Nada. Empujó la adyacente. Nada. La puerta por la que acababa de entrar



1.2. Puertas de vaivén en un hotel de Boston. Problema análogo a las puertas de la oficina de correos europea de la que he hablado. ¿De qué lado de la puerta debe uno empujar? Cuando pregunte a gente que acababa de utilizar esas puertas, la mayor parte no sabía qué decir. Pero muy pocas de las personas a las que observe tuvieron problemas con las puertas. Los diseñadores habían incorporado una pista sutil en el diseño. Obsérvese que las barras horizontales no están centradas: están un poco más próximas entre sí en los lados de los que empujar. El diseño es casi funcional, pero no del todo, pues no todo el mundo utilizó bien las puertas la primera vez.

ya no funcionaba. Volvió a darse la vuelta a ver que pasaba con las puertas de dentro. Nada. Preocupación, y después un cierto pánico. ¡Estaba atrapado! En aquel momento un grupo de personas que se hallaban al otro lado de la entrada (a la derecha de mi amigo) pasó con toda facilidad por las dos series de puertas. Mi amigo se fue corriendo para seguirlos.

¿Cómo puede ocurrir algo así? Una puerta de vaivén tiene dos lados. Uno contiene el pilar de sustentación y el gozne, el otro no se sustenta en nada. Para abrir la puerta hay que empujar el lado que no tiene sustentación. Si se empuja del lado del gozne, no pasa nada. En este caso, el diseñador no había contado con la utilidad, sino con la belleza. No había líneas que distrajeran la atención, pilares visibles, goznes visibles. Entonces, ¿cómo puede el usuario normal saber de qué lado empujar? Mientras mi amigo se había distraído había avanzado hacia el pilar (invisible) de sustentación, de forma que empujaba del lado del gozne. No es de extrañar que no pasara nada. Unas puertas muy bonitas. Probablemente consiguieron un premio.

Esta historia de la puerta constituye un ejemplo de uno de los principios más importantes del diseño: *la visibilidad*: las partes idóneas deben ser visibles, y deben comunicar el mensaje Correcto. Cuando hay que empujar las puertas, el diseñador debe aportar señales que indiquen naturalmente por donde empujar. No hace falta que destruyan la estética. Basta con poner una placa vertical en el lado por el que hay que empujar, y nada en el otro. O hacer que los pilares de sustentación sean visibles. La placa vertical y los pilares de sustentación son señales *naturales*, *naturalmente* interpretadas, sin ninguna necesidad de que se tenga conciencia de ellas. Yo califico al empleo de señales naturales de *diseño natural*, y a lo largo de todo este libro voy ampliando este enfoque.

Los problemas de visibilidad se plantean de muchas formas. Mi amigo, atrapado entre las puertas de cristal, fue víctima de una falta de pistas que indicaran qué parte de la puerta se debía empujar. Otros problemas se refieren a la topografía entre lo que uno quiere hacer y lo que parece ser posible, otro tema del cual seguiré hablando a lo largo del libro. Veamos un tipo de proyector de diapositivas. Este proyector tiene un solo botón para controlar que la bandeja de las diapositivas avance o retroceda. ¿Un botón para hacer dos cosas? ¿Cuál es la topografía? ¿Cómo entender la forma de controlar las diapositivas? Imposible. No hay nada visible que dé la menor pista. Esto es lo que me ocurrió en uno de los muchos lugares poco conocidos para mí en los que he dado clases durante mis viajes como profesor:

Taste (7) für Diawechsel am Gerat

Diawechsel vorwärts = kurz drücken,

Diawechsel rückwärtz = länger drücken.

Botón (8) para cambiar las diapositivas

Adelantar diapositiva = un toque corto,

Atrasar diapositiva = un toque más largo.

1.3. Proyector de diapositivas Leitz Pravodit. Por fin encontré el manual de instrucciones del proyector. La fotografía del proyector asigna números a cada una de sus partes. El botón para cambiar las diapositivas lleva el n.º 7. El botón en sí no lleva número. ¿Quién puede descubrir cómo funciona sin ayuda del manual? Véase a la izquierda el texto completo relativo al botón, tanto en el alemán original como en castellano.

En mis viajes me he encontrado varias veces con el proyector de diapositivas Leitz que se menciona en la figura 1.3. La primera vez provocó un incidente bastante dramático. Un estudiante muy concienzudo era el encargado de pasarme las diapositivas. Inicie' la charla y mostré la primera diapositiva. Cuando terminé con la primera y pedí la segunda, el estudiante apretó cuidadosamente el botón de mando y se quedó estupefacto cuando la bandeja retrocedió, se salió del proyector y cayó de la mesa al suelo, derramando todo su contenido. Tuvimos que aplazar la charla quince minutos, mientras yo trataba de reorganizar las diapositivas. La culpa no era del estudiante. Era culpa de aquel elegante proyector. Teniendo tan sólo un botón para controlar el avance de las diapositivas, ¿cómo era posible cambiar desde adelante hacia atrás? Ninguno de los dos éramos capaces de descifrar cómo hacer que funcionara el mando.

A todo lo largo de la conferencia, las diapositivas avanzaban unas veces y otras retrocedían. Después, vimos al técnico local, que nos lo explicó. Bastaba con apretar brevemente el botón y la diapositiva avanzaba, apretarlo más tiempo y retrocedía (¡pobre de aquel estudiante concienzudo que no hacía más que apretar con todas sus fuerzas —y durante mucho tiempo— para tener la seguridad de que el interruptor hacía contacto!). Y el diseño era tan elegante... ¡Pero si lograba realizar dos funciones con sólo un botón! Pero, ¿cómo iba a saberlo quien utilizaba el proyector por primera vez?

Veamos, con otro ejemplo: el precioso anfiteatro Louis Mer de la Sorbona de París, que está lleno de magníficos retratos de grandes figuras de la historia intelectual de Francia (en el mural del techo se ve a un montón de mujeres desnudas que flotan en torno a un hombre que trata valerosamente de leer un libro. El único que puede ver la pintura del derecho es el conferenciante, mientras que para el público está del revés). La sala es maravillosa para dar una conferencia, por lo menos hasta que se pide que se baje la pantalla de proyección. «Ah», dice el profesor encargado, quien hace un gesto al técnico, el cual sale corriendo de la sala, sube unos escalones y desaparece tras una pared. La pantalla desciende algo y se detiene. «No, no», grita el profesor, «un poco más». La pantalla vuelve a bajar, esta vez demasiado. ¡«No, no, no!», grita el profesor dando saltos y con grandes gestos. Es una sala magnífica, con unos cuadros magníficos. Pero, ¿por qué no puede la persona que trata de bajar o subir la pantalla ver lo que está haciendo?

Los nuevos sistemas telefónicos resultan ser otro excelente ejemplo de un diseño incomprensible. Dondequiera que vaya, puedo contar con encontrarme con algún ejemplo especialmente malo.

Cuando visité la editorial americana que publica este libro, advertí que el sistema telefónico era nuevo. Pregunté a la gente si le gustaba. La pregunta desencadenó un torrente de críticas. «No tiene una función de espera», se quejó airada una mujer: la misma queja que hacía la gente de mi universidad acerca de su sistema, bastante diferente. Antes, los teléfonos de empresa siempre tenían un botón para la «espera». Se podía apretar el botón y colgar el teléfono sin necesidad de interrumpir la llamada. Entonces, se podía hablar con un colega, o recibir otra llamada, o incluso retornar la llamada en otro aparato con el mismo número. Cuando se utilizaba esa función se encendía una luz en el bolón de espera. ¿Por qué no tenían los nuevos teléfonos de la editorial o de mi universidad una función de espera cuando es tan esencial? Resultó que sí la tenían, incluso el instrumento mismo del cual se quejaba aquella mujer. Pero no resultaba fácil descubrirlo ni aprender a utilizarlo.

Estaba yo visitando la Universidad de Michigan cuando pregunté qué tal funcionaba el sistema recién instalado. «¡Fatal!», fue la respuesta, «y ni siquiera tiene una función de espera». Otra vez lo mismo. ¿Qué es lo que pasa? La respuesta es muy sencilla: en primer lugar, buscar las instrucciones sobre la función de espera. En la Universidad de Michigan, la compañía de teléfonos facilitaba una pequeña placa que se encaja sobre el teclado y recuerda a los usuarios cuáles son las funciones y cómo utilizarlas. Levanté con mucho cuidado una de las placas del teléfono e hice una fotocopia (figura 1.4). ¿Entienden ustedes cómo utilizarlas? Yo no. Existe una operación de «llamada en espera», pero para mí no tiene ningún sentido, al menos para la aplicación que acabo de describir.



1.4. Placa montada sobre el teclado de los teléfonos de la Universidad de Michigan. Estas instrucciones insuficientes son lo único que ve la mayor parte de los usuarios (el botón que lleva las letras «TAP» en la parte inferior derecha se utiliza para tras pasar o recoger llamadas: se aprieta siempre que la placa de instrucciones indica «TAP»). La luz de la parte izquierda inferior se enciende cuando suena el teléfono).

La situación de la llamada telefónica en espera ejemplifica varios problemas diferentes. Uno de ellos es el que se produce cuando sencillamente las instrucciones son deficientes, en especial cuando no se relacionan las nuevas funciones con las funciones de nombre análogo de las cuales ya está al tanto la gente. En segundo lugar, y lo que es más grave, existe la falta de visibilidad del funcionamiento del sistema. Los nuevos teléfonos, pese a que sean mucho más avanzados, carecen tanto del botón de espera como de la luz intermitente de los antiguos- La espera se significa por un acto arbitrario: marcar una secuencia arbitraria de dígitos (8 ó 99, o lo **que** sea: varía según los sistemas telefónicos). En segundo lugar, no existe un resultado visible de la operación.

Los aparatos domésticos han ido creando problemas conexos: funciones y más funciones, mandos y más mandos. No creo que los aparatos electrodomésticos sencillos: cocinas, lavadoras, aparatos de estéreo y de televisión, deban parecerse a la idea de Hollywood de lo que es un puesto de mando de una nave espacial. Pero ya lo parecen, para gran consternación del consumidor que, muchas veces, ha perdido (o no puede comprender) el manual de instrucciones, de manera que ante ese espantoso complejo de mandos y de cuadros se limita a recordar de memoria una o dos series de posiciones para lograr algo aproximado a lo que desea. Se trata de un diseño que no vale para nada.

En Inglaterra fui a una casa en la que había una combinación a la última moda de lavadora-secadora italiana, con toda una serie de mandos llenos de símbolos preciosos, para hacer todo lo que uno quisiera hacer con el lavado y el secado de ropa. El marido (que era un psicólogo de ingeniería) dijo que se negaba a ni siquiera acercarse a la máquina. La mujer (que era física) dijo que se había limitado a recordar una serie de posiciones de los mandos y trataba de olvidarse del resto.

Alguien había trabajado mucho en la creación de aquel diseño. Leí el manual de instrucciones: la máquina tenía en cuenta todo lo posible acerca de la gran variedad actual de tejidos sintéticos y naturales. Los diseñadores habían trabajado mucho; verdaderamente se habían preocupado. Pero, evidentemente, nunca se habían molestado en probarlo o en ver cómo alguien lo utilizaba.

Si aquel diseño era malo, si aquellos mandos eran tan inútiles, ¿por qué había comprado la máquina aquella pareja? Si la gente sigue comprando productos mal diseñados, los fabricantes y los diseñadores pensarán que lo están haciendo bien y seguirán haciendo lo mismo.

El usuario necesita ayuda. Hace falta que no se vea más que lo necesario: indicar qué partes funcionan y cómo, indicar cómo debe interactuar el usuario con el dispositivo. La visibilidad indica la topografía entre los actos que se desea realizar y el funcionamiento real. La visibilidad indica unas distinciones cruciales, por ejemplo, gracias a ella se puede distinguir entre el salero y el pimentero. Y la visibilidad de los efectos de las operaciones le dice a uno si las luces están bien encendidas, si la pantalla de proyección ha descendido al nivel exacto o si la temperatura de la nevera es la correcta. Es la falta de visibilidad la que hace que tantos dispositivos controlados por ordenadores resulten difíciles de manejar. Y es el exceso de visibilidad el que hace que el estéreo moderno o la grabadora de vídeo, llenos de artilugios y de funciones, resulten tan intimidantes.

La psicología de los objetos cotidianos

Este libro trata de la psicología de los objetos cotidianos. PSICO hace hincapié en la forma de comprender los objetos cotidianos, objetos con pomos y con esferas, con mandos e interruptores, con luces y con contadores. Los ejemplos que acabamos de examinar demuestran varios principios, entre ellos la importancia de la visibilidad, de unas pistas correctas y de la retroalimentación sobre lo que hace uno. Esos principios constituyen una forma de psicología: la psicología de cómo interactúa la gente con los objetos. Un diseñador británico observó una vez que la forma de los materiales utilizados en la construcción de las casetas de espera de los pasajeros afectaba a la forma en que reaccionaban los gamberros. Sugirió que quizá existiera una psicología de los materiales.

PRESTACIONES

«En un caso, los gamberros rompían los vidrios reforzados utilizados para las casetas de pasajeros (de ferrocarril) erigidos por los Ferrocarriles Británicos en cuanto se sustituían los antiguos. Sin embargo, cuando se sustituyen los vidrios reforzados por planchas de conglomerado, se produjeron muy pocos daños, aunque no habría sido necesario emplear más fuerza para destruirlos. Así, los Ferrocarriles Británicos lograron elevar el deseo de destrucción al nivel de los que sabían escribir, aunque fuera

en términos un tanto limitados. Hasta ahora, nadie ha estudiado si existe una especie de psicología de los materiales. ¡Pero por lo que sabemos, es muy posible!»

Ya existe el inicio de una psicología de los materiales y de las cosas, el estudio de las prestaciones de los objetos. Cuando se utiliza el término *prestación* en este sentido, se refiere a las propiedades percibidas y efectivas del objeto, en primer lugar a las propiedades fundamentales que determinan cómo podría utilizarse el objeto (véanse las figuras 1.5 y 1.6). Una silla presta («es para él») apoyo, y en consecuencia presta un asiento. Una silla también se puede transportar. El vidrio es para ver por él, y para romperlo. La madera se utiliza normalmente por su solidez, opacidad, su capacidad de sustentación o para hacer incisiones en ella. Las superficies lisas, porosas y blandas son para escribir en ellas. La madera también es para escribir en ella. De ahí el problema para los Ferrocarriles Británicos: cuando los refugios eran de vidrio, los gamberros los rompían; cuando eran de contrachapado, los gamberros escribían en ellos y los llenaban de incisiones. Los planificadores se veían atrapados por las prestaciones de sus materialesⁱ.

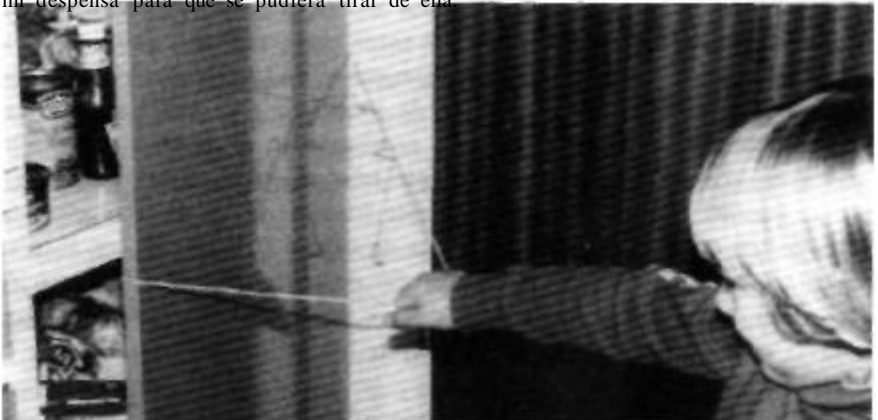
Las prestaciones aportan claras pistas del funcionamiento de las cosas. Las placas son para empujar, los pomos para darles la vuelta. Las ranuras para insertar cosas en ellas. Las pelotas para lanzar o botar. Cuando se aprovechan las prestaciones, el usuario sabe que hacer con sólo mirar: no hace falta una imagen, una etiqueta ni una instrucción. Las cosas complejas pueden exigir una explicación, pero las sencillas no deberían exigirla. Cuando las cosas sencillas necesitan imágenes, etiquetas o instrucciones, es que el diseño ha fracasado.

En la forma en que utilizamos los objetos cotidianos también funciona una psicología de la causalidad. Algo que ocurre inmediatamente después de un acto parece haber sido causado por ese acto. Si se toca la tecla de una computadora justo en el momento en que ésta tiene un cortocircuito, tiende uno a creer que el fallo es culpa de uno, aunque el cortocircuito y el acto de uno no guardan una relación más que casual. Esa falsa causalidad es la base de muchas supersticiones. Muchos de los comportamientos peculiares de personas que utilizan sistemas informáticos o aparatos electrodomésticos complejos son resultado de esas falsas coincidencias. Cuando un acto no tiene un resultado evidente, cabe concluir que ese acto fue ineficaz. Entonces lo repite uno. Hace algún tiempo, cuando las má-



1.5 Prestaciones de puertas. Los elementos metálicos de las puertas pueden indicar si se debe empujar o tirar, sin necesidad de señales. La barra plana horizontal de la foto A (arriba, a la izquierda) no permite más operación que la de empujar: es un adminículo excelente para una puerta que se debe empujar para abrir. La puerta de B (arriba, a la derecha) tiene un tipo diferente de barra a cada lado, una relativamente pequeña y vertical para indicar que se debe tirar, y la otra relativamente grande y horizontal para señalar un empujón. Ambas barras apoyan la prestación que representa la forma de asirlas: el tamaño y la posición especifican si se han de asir para empujar o para tirar, pero lo hacen de forma ambigua.

1.6 Cuando fracasan las prestaciones. Tuve que atar una cuerda a la puerta de mi despensa para que se pudiera tirar de ella.



quinas de tratamiento de textos no mostraban siempre el resultado de su funcionamiento, la gente trataba a veces de cambiar su manuscrito, pero la falta de un efecto visible de cada acto le hacía pensar que sus órdenes no se habían ejecutado, de forma que las repetían, a veces una y otra vez, lo cual después tenía unos efectos que les producían asombro y pesar. Todo diseño que permita cualquier tipo de falsa causalidad es malo.

VEINTE MIL OBJETOS COTIDIANOS

El número de objetos cotidianos es asombroso, quizá veinte mil. ¿Existen verdaderamente tantos? Empecemos por mirar en nuestro alrededor. Hay lámparas, bombillas y enchufes; apliques y tornillos; relojes de pulsera, despertadores y correas de reloj. Hay cosas para escribir (delante de mí puedo contar doce, cada una de ellas con una función, un color o un diseño diferentes). Hay artículos de vestir, con diferentes funciones, aperturas y solapas. Observemos la diversidad de materiales y de piezas. Observemos la variedad de cierres: botones, cremalleras, automáticos, cordones. Contemplemos todos los muebles y los utensilios para comer: tantísimos detalles, cada uno de los cuales sirve alguna función en cuanto a fabricación, utilización o aspecto. Observemos el lugar donde trabajamos. Hay clips, tijeras, cuadernos, revistas, libros. En la habitación en que yo trabajo llegué a contar más de cien objetos especializados antes de cansarme. Cada uno de ellos es sencillo, pero cada uno de ellos impone su propio método de funcionamiento, cada uno de ellos es objeto de un aprendizaje, cada uno desempeña su propia tarea especializada y cada uno tiene que diseñarse por separado. Además, muchos de los objetos están hechos de muchas piezas. Una grapadora de mesa tiene dieciséis piezas, una plancha eléctrica quince, la sencilla combinación de bañera con ducha, veintitrés. ¿No se puede uno creer que esos objetos tan sencillos tengan tantas piezas? Veamos las once partes básicas de un lavabo: desagüe, reborde (en torno al desagüe), válvula de sube y baja, lavabo en sí, plato para el jabón, apertura de rebose, caño de agua, vastago de elevación, accesorios, llave del agua caliente y llave del agua fría. Podemos contar todavía más si empezamos a desmontar los grifos, los accesorios y los vastagos.

El libro *What's what: A visual glossary of the physical word* [Qué es qué:

glosario visual del mundo físico] contiene más de 1.500 dibujos y fotos que sirven de ilustración de 23.000 objetos o partes de objetos⁴. Irving Biederman, psicólogo que estudia la percepción visual, calcula que probablemente existen «30.000 objetos fácilmente discernibles por un adulto»³. Cualquiera sea el número exacto, es evidente que las dificultades de la vida cotidiana aumentan debido a la mera profusión de objetos. Supongamos que cada objeto cotidiano exige sólo un minuto de aprendizaje; el aprender 20.000 de ellos lleva 20.000 minutos: 333 horas, o sea, aproximadamente ocho semanas de trabajo de 40 horas. Además, a menudo nos encontramos con nuevos objetos imprevistos, cuando lo que nos interesa en realidad es otra cosa. Nos sentimos confundidos y sorprendidos, y lo que debería ser un objeto sencillo cotidiano y que no exige ningún esfuerzo se injiere en la tarea importante del momento.

¿Cómo se las arregla la gente? Parte de la respuesta se halla en la forma en que actúa el cerebro: en la psicología del pensamiento y el conocimiento humanos. Parte se halla en la información que facilita el aspecto de los objetos: la psicología de los objetos cotidianos. Y parte se halla en la capacidad del diseñador para hacer que el funcionamiento sea claro y para aprovechar otras cosas que cabe prever conozca la gente. En esto es en lo que resulta crucial el conocimiento que tiene el diseñador de la psicología de la gente, junto con el conocimiento de cómo funcionan las cosas.

MODELOS CONCEPTUALES

Contemplemos la extraña bicicleta de la figura 1.7. Comprendemos inmediatamente que no funciona, porque formamos *un modelo conceptual* del artilugio y simulamos mentalmente su funcionamiento. Puede uno hacer la simulación porque las partes son visibles y las consecuencias de su uso son claras.

Otras pistas acerca de cómo funcionan las cosas proceden de su estructura visible: en particular de sus *prestaciones y limitaciones* y de su *topografía*. Observemos un par de tijeras: aunque nunca las hayamos visto o utilizado, comprendemos que el número de actos posibles es limitado. Los agujeros están ahí evidentemente para meter algo en ellos, y lo único lógico que encaja son los dedos. Esos agujeros constituyen prestaciones: permiten



1.7. El tándem de Carelman, «Bicicleta Convergente (Modelo para Novios)».

Jacques Carelman: «Bicicleta convergente», copyright © 1969-76-80 por Jacques Carelman ADAGP. París, de Jacques Carelman, *Catalogue d'objets introuvables*, Balland, París, Francia. Reproducido con autorización del artista.

que se inserten los dedos. El tamaño de los agujeros establece *restricciones* para limitar el número posible de dedos: el grande sugiere varios dedos, el pequeño, sólo uno. La topografía entre agujeros y dedos —el conjunto de operaciones posibles— se ve sugerida y limitada por los agujeros. Además, el funcionamiento no es sensible a la colocación de los dedos: aunque se utilicen los dedos equivocados, las tijeras siguen funcionando. Puede uno imaginar para que son las tijeras porque sus partes funcionales son visibles y las consecuencias son evidentes. El modelo conceptual resulta obvio, y existe una utilización eficaz de las prestaciones y las limitaciones.

Como ejemplo en sentido contrario, veamos el reloj digital, que tiene de dos a cuatro botones laterales o frontales. ¿Para qué son esos botones? ¿Cómo se cambia la hora? No hay forma de saberlo: no existe una relación evidente entre los mandos y las funciones, no hay limitaciones ni una topografía evidente. Con las tijeras, si se mueve el mango, las hojas se mueven. El reloj y el proyector de diapositivas Leitz no establecen ninguna relación visible entre los botones y los resultados posibles, ninguna relación discernible entre los actos y el resultado final.

Principios del diseño para que sea comprensible y tenga capacidad de uso

Ya hemos visto los principios fundamentales del diseño para la gente: 1) aportar un buen modelo conceptual, y 2) hacer que las cosas sean visibles.

APORTAR UN BUEN MODELO CONCEPTUAL

Un buen modelo conceptual nos permite predecir los efectos de nuestros actos. Si no disponemos de un buen modelo, actuamos de memoria, a ciegas; actuamos como se nos ha dicho que lo hagamos; no podemos comprender del todo por qué, qué efectos esperar ni qué hacer si las cosas salen mal. Mientras las cosas funcionen, podemos arreglárnoslas. Pero cuando las cosas van mal, o cuando nos encontramos con una situación nueva, necesitamos una comprensión mayor, un buen modelo.

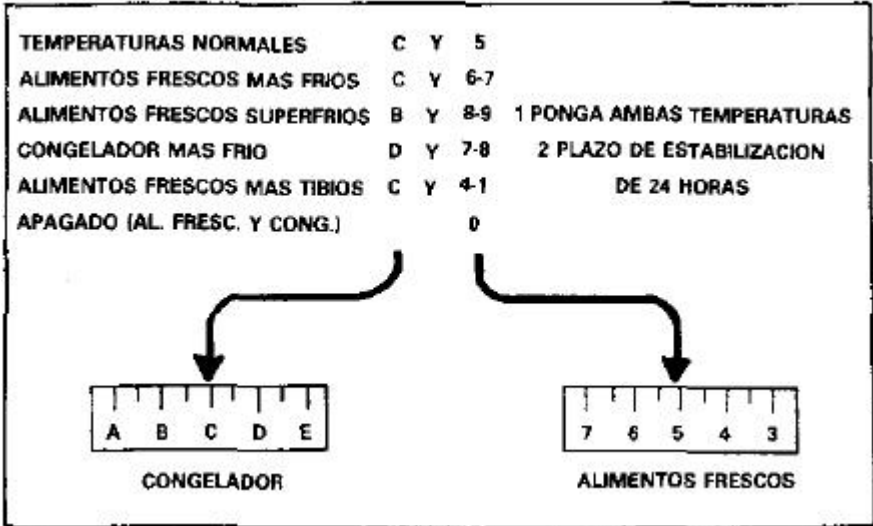
Para los objetos cotidianos, no hace falta que los modelos conceptuales sean muy complejos. Después de todo, las tijeras, las plumas y los interruptores de la luz son mecanismos muy sencillos. No hace falta comprender la física ni la química básicas de cada artefacto que poseemos, sino simplemente la relación entre los mandos y los resultados. Cuando el modelo que se nos expone es insuficiente o equivocado (o, lo que es peor, no existe), podemos tropezar con dificultades. Permítaseme hablar de mi nevera.

Mi casa tiene una nevera normal de dos compartimentos: nada de fantasías. El problema es que no puedo ajustar bien la temperatura. No se puede hacer más que dos cosas: ajustar la temperatura del compartimento congelador y ajustar la temperatura del compartimento de alimentos frescos. Y hay dos mandos, uno con la etiqueta «congelador» y el otro con la etiqueta «alimentos frescos». ¿Dónde está el problema?

Vamos a verlo. En la figura 1.8 se reproduce la placa de instrucciones que hay dentro de la nevera. Supongamos que el congelador está demasiado frío y que la sección de alimentos frescos está bien. Uno quiere subir la temperatura del congelador y mantener constante la de los alimentos frescos. Adelante, leamos las instrucciones a ver qué sacamos en limpio.

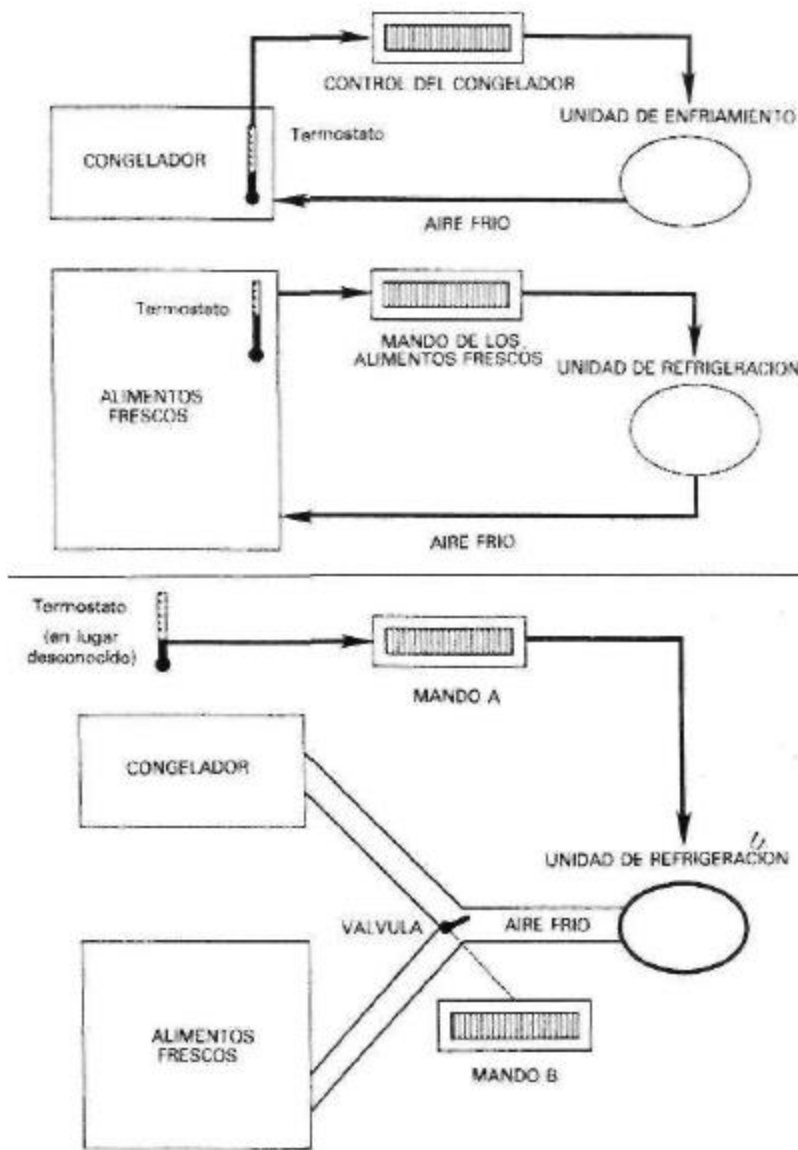
Ah, quizá sea mejor hacer una advertencia. Los dos mandos no son independientes. El mando del congelador afecta a la temperatura de los alimentos frescos y a la

inversa. Y no olvidemos esperar veinticuatro horas para comprobar si hemos hecho bien el ajuste, si es que puede uno recordar lo que hizo.



1.8. Mi nevera. Dos compartimentos —alimentos frescos y congelador— y dos mandos (en la sección de alimentos) la ilustración muestra los mandos y las instrucciones. Ahora se ha de suponer que el congelador está demasiado frío y que la sección de alimentos frescos está bien. ¿Cómo ajustaría uno los mandos con objeto de que el congelador esté menos frío y que los alimentos frescos sigan igual? (de Norman, 1986.)

El manejo de la nevera resulta difícil porque el fabricante nos ha dado un modelo conceptual falso. Hay dos compartimentos y dos mandos. El sistema da al usuario con toda claridad y sin ambigüedades un modelo sencillo: cada mando controla la temperatura del compartimento que lleva su nombre. Falso. De hecho, sólo hay un termostato y un mecanismo de refrigeración. Un mando ajusta la posición del termostato y el otro la proporción relativa de aire frío que se envía a cada uno de los compartimentos de la nevera. Por eso los dos mandos interactúan. Con el modelo conceptual que aporta el fabricante, casi siempre resulta imposible, y siempre resulta frustrante, ajustar las temperaturas. Si el modelo fuera correcto, la vida resultaría mucho más fácil (figura 1.9).



19. Dos modelos conceptuales de mi nevera. El modelo A (arriba) es el que aporta la imagen del sistema de la nevera que se desprende de los mandos y las instrucciones; el B (debajo) es el modelo conceptual correcto. El problema estriba en que es imposible decir en qué compartimento se halla el termostato y si los dos mandos se hallan en el congelador y en el compartimento para alimentos frescos, o a la inversa.



1.10. Modelos conceptuales. El *modelo de diseño* es el modelo conceptual del diseñador. El *modelo del usuario* es el modelo mental elaborado mediante la interacción con el sistema. La *imagen del sistema* es el resultado de la estructura física que se ha establecido (que comprende la documentación, las instrucciones y las etiquetas). El diseñador espera que el modelo del usuario sea idéntico al modelo de diseño. Pero el diseñador no habla directamente con el usuario: todas las comunicaciones se realizan por conducto de la imagen del sistema. Si la imagen del sistema no hace que el modelo de diseño sea claro y coherente, entonces el usuario acabará con el modelo mental equivocado (de Norman, 1986).

¿Por qué presentó el fabricante el modelo conceptual equivocado? Quizá los diseñadores opinaron que el modelo correcto era demasiado complejo, que el modelo que presentaban era de comprensión más fácil. Pero cuando el modelo conceptual es erróneo, resulta imposible poner los mandos. Y aunque yo estoy convencido de saber ya cuál es el modelo correcto, sigo sin poder ajustar bien las temperaturas porque el diseño del refrigerador hace que me resulte imposible descubrir que mando corresponde al termostato, cuál es la proporción relativa de aire frío y en qué compartimento se halla el termostato. La falta de retroalimentación inmediata de lo que hace uno no sirve precisamente de ayuda: con un plazo de veinticuatro horas, ¿quién va a recordar lo que intentó hacer?

El tema de los modelos conceptuales volverá a aparecer en el libro. Forman parte de un concepto importante del diseño: los *modelos mentales*,

los modelos que tiene la gente de sí misma, de los demás, del medio

ambiente y de las cosas con las que interactúa. La gente forma modelos mentales mediante la experiencia, la formación y la instrucción. El modelo mental de un dispositivo se forma en gran parte mediante la interpretación de sus actos percibidos y de su estructura visible. La parte visible del dispositivo es lo que yo califico de *imagen del sistema* (figura 1.10). Cuando la imagen del sistema es incoherente o inadecuada, como ocurre con la nevera, entonces el usuario no puede utilizar el mecanismo con facilidad. Si es incompleta o contradictoria, habrá problemas.

HACER QUE LAS COSAS SEAN VISIBLES

Los problemas que causa una atención insuficiente a la visibilidad se demuestran claramente con un aparato sencillo: el teléfono moderno.

Estoy ante la pizarra de mi despacho, hablando con un estudiante, cuando suena el teléfono. Da uno y después dos timbrazos. Hago una pausa, tratando de terminar la frase antes de responder. Deja de sonar. «Lo siento», dice el estudiante. «No es culpa suya», respondo. «Pero no hay problema, la llamada pasa directamente al teléfono de mi secretaria que la responderá». Mientras escuchamos, oímos, que empieza a sonar el teléfono de mi secretaria. Una vez, dos. Miro el reloj. Las seis. Es tarde, el personal de oficinas se ha marchado ya. Voy corriendo al teléfono de mi secretaria, pero cuando llego a él deja de sonar. «Ah», pienso, «lo están pasando a otro teléfono». Y así es: el teléfono de la oficina adyacente empieza a sonar. Voy corriendo a esa oficina, pero está cerrada. Vuelta a la mía para sacar la llave, vuelta a la puerta cerrada, abro como puedo, entro en la oficina y el teléfono se ha callado. Oigo que al otro extremo del pasillo empieza a sonar un teléfono. ¿Podría tratarse todavía de mi llamada que avanza misteriosamente, con un paso zigzagante y predeterminado, por todos los teléfonos del edificio? ¿O se trata de otra llamada que entra por casualidad en ese momento?

De hecho, podría haber vuelto a tomar la llamada en mi despacho, si hubiera actuado con suficiente rapidez. El manual dice: «Con nuestro grupo preprogramado de llamadas, basta con marcar el 14 para conectar con una llamada que entra. Si no, para responder en cualquier otra extensión que está sonando, marque el número de la extensión que suena y espere al tono de comunicar. Después marque el 8 para conectar con

una llamada de entrada». ¿Cómo? ¿Que significan esas instrucciones? ¿Qué es un «grupo preprogramado de llamadas»? y ¿qué falta me hace saberlo? ¿Cuál es la extensión del teléfono que suena? ¿Puedo recordar todas esas instrucciones cuando las necesito? No.

El último juego de las oficinas modernas es el de «la caza de la llamada», a medida que los elementos automáticos de los teléfonos funcionan cada vez peor: elementos que se han diseñado sin pensarse las cosas y, desde luego, sin que los usuarios finales los hayan podido probar. Hay otros juegos. Uno de ellos se anuncia con la pregunta: «¿Cómo respondo a esa llamada?». La pregunta se tiene que hacer con el tono quejumbroso idóneo frente a un teléfono que suena y se enciende y se apaga, con el receptor en la mano. Después existe el juego de las paradojas titulado «Este teléfono no tiene una función de espera». La acusación se dirige a un teléfono que en realidad *sí* que tiene una función de espera. Y, por último, está el juego llamado «¿Qué es eso de que yo lo he llamado a usted, usted me ha llamado a mí!».

Muchos de los sistemas telefónicos modernos tienen un elemento nuevo que vuelve a marcar automáticamente un número marcado previamente. Ese elemento recibe nombres como repetición automática de llamada o memoria automática de llamada. Uno debería utilizarlo al llamar a alguien que no responde o que está comunicando. Cuando esa persona cuelga el teléfono, el mío vuela a marcar su número. Pueden activarse al mismo tiempo varias llamadas automáticas. Funciona como sigue: yo llamo a un teléfono. No responden, de modo que pongo en marcha el elemento automático de llamada. Varias horas después suena mi teléfono. Lo tomo y contesto: «Dígame», lo cual recibe como única respuesta un sonido de llamada y después alguien que responde: «Dígame».

«Dígame», responde, «¿quién es?»

«¿Quién es?», escucho como respuesta; «es usted quien me ha llamado».

«No», digo yo, «es usted quien me ha llamado, acaba de sonar mi teléfono».

Lentamente comprendo que quizá se trate de mi llamada aplazada. Bien, vamos a ver, a quién estaba yo intentando llamar hace unas horas. ¿Había dejado varias llamadas aplazadas? ¿Por qué hice yo aquella llamada?

El teléfono moderno no fue algo que surgiera de forma accidental: fue algo diseñado cuidadosamente. Alguien —y lo que es más probable, todo un equipo— inventó una lista de elementos que se consideraban deseables, inventó lo que a su juicio constituían formas plausibles de controlar

esos elementos, y después lo montó todo. Mi universidad, preocupada por los costos y quizá impresionada por esos elementos, compró el sistema y se gastó millones de dólares en una instalación telefónica que ha resultado de lo más impopular e incluso inviable. ¿Por qué compró la universidad ese sistema? La adquisición llevó varios años de trabajo en comités, y estudios y demostraciones por empresas telefónicas competidoras, así como montones de documentos y de especificaciones. Yo mismo participé en todo aquello, contemplando la interacción entre el sistema de teléfonos y las redes de ordenadores, para asegurar que ambas cosas fueran compatibles y tuvieran un precio razonable. Que yo sepa, nadie pensó jamás en someter a una prueba anticipada a los teléfonos. Nadie sugirió instalarlos en un despacho piloto para ver si se satisfacerían las necesidades de los usuarios o si el usuario podía comprender cómo utilizar el teléfono. El resultado: un desastre. El principal defecto —falta de visibilidad— se sumaba a un defecto secundario: un mal modelo conceptual. Cualquier dinero que se haya ahorrado en la instalación y la compra está desapareciendo rápidamente en costos de formación, llamadas desaparecidas y frustraciones. Pero, por lo que he visto, los sistemas telefónicos competidores no hubieran funcionado mejor.

Hace poco pasé seis meses en la Unidad de Psicología Aplicada de Cambridge, Inglaterra. Justo antes de mi llegada, la empresa británica Telecom acababa de instalar un nuevo sistema de teléfonos. Tenía muchos elementos. El teléfono en sí no tenía nada de notable (figura 1.11). Se trataba del teléfono normal de doce teclas, salvo que tenía a un lado otra tecla marcada «R» (nunca logré averiguar el uso de esa tecla).

El sistema telefónico era objeto de quejas constantes. Nadie sabía utilizar todos los elementos. Alguien incluso inició un pequeño proyecto de investigación para dejar constancia de las confusiones que creaba en la gente. Otra persona escribió un pequeño programa de ordenador de «sistema experto», que es uno de los juguetes nuevos en la esfera de la inteligencia artificial; el programa puede ir avanzando razonablemente en situaciones complejas. Si quería uno utilizar el sistema telefónico, quizá para hacer una llamada colectiva entre tres personas, se le pedía al sistema experto, que explicaba cómo se hacía. De manera que está uno hablando con alguien y necesita añadir un tercero a la llamada. Primero se pone en marcha el ordenador. Después se introduce el sistema experto. Al cabo de tres o cuatro minutos (necesarios para cargar el programa),

se tecléa lo que quiere uno hacer. Con el tiempo, el ordenador le dice a uno qué hacer (es de suponer que recuerda uno lo que quería hacer y que la persona con la que estaba hablando todavía siga al teléfono). Pero da la casualidad de que utilizar el sistema experto resulta mucho más fácil que leer y comprender el manual que se entrega con el teléfono (figura 1.12).

¿Por qué resulta tan difícil de comprender el sistema telefónico? No contiene nada que sea difícil conceptualmente. De hecho, cada una de las operaciones es muy sencilla. Basta con marcar unos cuantos dígitos. Ni siquiera parece que el teléfono sea complicado. No tiene más que quince mandos: las doce teclas de costumbre —diez numeradas de 0 a 9, más # y*—, más el auricular y el micrófono, el botón de colgar y la misteriosa tecla «R». Todo ello, salvo la «R» forma parte del teléfono moderno normal. ¿Por qué era tan difícil el sistema?

Un diseñador que trabaja para una empresa de teléfonos me contó una vez lo siguiente:

«Una vez intervine en el diseño del dial de uno de esos teléfonos de funciones múltiples, los que tienen teclas "R". La tecla "R" es una especie de vestigio. Resulta muy difícil eliminar elementos de un producto recién diseñado cuando ya habían existido en una versión anterior. Es un poco como la evolución física. Si un elemento se halla en el genoma, y si ese elemento no guarda relación con nada negativo (es decir, si los clientes no se quejan de él), entonces se mantiene durante generaciones enteras.

Resulta interesante que haya cosas como la tecla "R" que en gran parte se determinan por ejemplos. Alguien pregunta: "¿para qué se utiliza la tecla "R"?" y la respuesta consiste en dar un ejemplo: "se puede marcar "R" para poder llamar a otras personas por altavoces". Si a nadie se le ocurre un ejemplo, entonces se elimina ese elemento. Sin embargo, los diseñadores son gente bastante capaz. Pueden inventarse un ejemplo bastante plausible para casi cualquier cosa. Por eso introducen elementos, muchísimos elementos, que duran mucho tiempo. El resultado final es que existen unas interfaces muy complejas para cosas que esencialmente son muy sencillas.»^b

Al ir reflexionando sobre este problema, decidí que sería lógico comparar el sistema telefónico con algo que fuera igual de complejo o más, pero de uso más fácil. O sea que dejemos por momento de lado el difícil sistema

telefónico para pasar al automóvil. En Europa me compré un coche. Cuan-



1.11, Teléfono británico Telecom. Este era el que había en mi despacho de la Unidad de Psicología Aplicada de Cambridge. Parece muy sencillo, ¿verdad?

1.12. Dos formas de utilizar la reserva en los teléfonos modernos. La ilustración *A* (abajo izquierda) es la traducción del manual de instrucciones de British Telecom. El procedimiento parece especialmente complicado, con tres claves de tres dígitos que aprender: 681, 682 y 683. La ilustración *fi* (abajo derecha) muestra las instrucciones equivalentes del teléfono analógico de una sola línea Ericsson instalado en la Universidad de California, San Diego. Me parece más fácil comprender las segundas instrucciones, pero sigue siendo necesario marcar un dígito arbitrario: en este caso el 8.

ESPERA

Este elemento permite dejar en espera una llamada y, luego, después de colgar o hacer otra, la llamada en espera puede recuperarse desde la extensión en la que se ha dejado o cualquier otra del sistema.

PARA DEJAR LA LLAMADA EN ESPERA



Se puede utilizar la extensión arbitrariamente.

PARA RECUPERAR LA LLAMADA EN SU TELEFONO



PARA RECUPERAR LA LLAMADA EN EL TELEFONO DE OTRA PERSONA



LLAMADAS EN ESPERA

Con otra persona al teléfono

- Apretar la tecla R
- Escuchar el tono de volver a marcar (tres pitidos y tono de marcar)
- Colgar el auricular

PARA RECUPERAR LA LLAMADA DEL MISMO TELEFONO

- Levantar el auricular; queda usted conectado a la llamada

PARA RECUPERAR LA LLAMADA DESDE OTRO TELEFONO

- Levantar el auricular
- Marcar el número de la extensión donde quedó en espera la llamada: esperar al tono de comunicar
- Marcar el 8; queda usted conectado con la llamada.

NOTA: La llamada quedará en espera durante 3 minutos antes de volver a marcar.

do fui a buscarlo a la fábrica, alguien de la empresa vino al coche conmigo y me enseñó cada uno de los mandos, explicándome su función. Una vez que me explicó todos los mandos dije que estaba muy bien, le di las gracias y me fui con el auto. No hicieron falta más instrucciones. El coche tiene 112 mandos. No es tan terrible como parece. Veinticinco de ellos están en la radio. Otros 7 son los del sistema de control de la temperatura y 11 los de las ventanillas y el techo deslizante. El ordenador de a bordo tiene 14 teclas, cada una de ellas correspondiente a una función específica. De forma que sólo cuatro dispositivos —la radio, los mandos de la temperatura, las ventanillas y el ordenador— suman 57 mandos, o sea, más del 50 por 100 del total.

¿Por qué resulta el automóvil, con sus variadas funciones y sus múltiples mandos tanto más fácil de aprender y de utilizar que el sistema telefónico, con su conjunto mucho más reducido de funciones y de mandos? ¿Qué es lo que está bien en el diseño del coche? Las cosas son visibles. La topografía es buena, las relaciones entre los mandos y lo que éstos controlan son naturales. A menudo, los mandos son únicos, tienen funciones únicas. La retroalimentación es buena. El sistema es comprensible. En general, las relaciones entre las intenciones de los usuarios, los actos necesarios y los resultados son sensatas, no arbitrarias, y significativas.

¿Qué es lo que tiene de malo el diseño del teléfono? No existe una estructura visible. La topografía es arbitraria; la relación entre los actos que debe realizar el usuario y los resultados que se han de obtener no tiene el menor sentido. Los mandos tienen funciones múltiples. La retroalimentación no es buena, de forma que el usuario nunca está seguro de haber obtenido el resultado deseado. El sistema, en general, no es comprensible; sus capacidades no son evidentes. En general, las relaciones entre las intenciones del usuario, los actos necesarios y los resultados son totalmente arbitrarias.

Cuandoquiera que el número de actos posibles es superior al número de mandos, es probable que se produzcan dificultades. El sistema telefónico tiene 24 funciones, pero sólo 15 mandos, y en ninguno de los casos se indica un acto concreto. En cambio, el ordenador de a bordo del coche realiza 17 funciones con 14 mandos. Con escasas excepciones, existe un mando para cada función. De hecho, los mandos con más de una función son más difíciles de recordar y de utilizar. Cuando el número de mandos

es igual al número de funciones, cada mando puede ser especializado y llevar una indicación. Las funciones posibles son visibles, pues cada una corresponde a un mando. Si el usuario olvida las funciones, los mandos sirven de recordatorio. Cuando, como ocurre con el teléfono, hay más funciones que mandos, la señalización resulta difícil o imposible. No existe nada que sirva de recordatorio para el usuario. Las funciones son invisibles, están ocultas. No es de extrañar que el funcionamiento resulte misterioso y difícil. Los mandos del coche son visibles y, gracias a su ubicación y a la forma en que se utilizan, tienen una relación inteligente con su funcionamiento. La visibilidad actúa como un recordatorio adecuado de lo que se puede hacer, y permite que el mando especifique cómo se ha de realizar el acto. La buena relación existente entre la ubicación del mando y lo que hace, facilita encontrar el mando adecuado para cada tarea. El resultado es que no hace falta recordar muchas cosas.

EL PRINCIPIO DE LA TOPOGRAFÍA

La palabra *topografía* es un término técnico que significa la relación entre dos cosas; en este caso entre los mandos y sus desplazamientos y los resultados en el mundo exterior. Veamos las relaciones topográficas que intervienen en la dirección de un coche. Para que el coche gire a la derecha, se hace girar el volante en sentido de las agujas del reloj (de forma que por arriba se desplaza a la derecha). En este caso, el usuario debe identificar dos topografías: uno de los 112 mandos afecta la dirección, y el volante debe girar en una dirección de las dos posibles. Ambas son algo arbitrarias. Pero el volante y la dirección dextrógira son opciones naturales: visibles, en estrecha relación con el resultado deseado y que aportan una retroalimentación inmediata. La topografía se aprende con facilidad y se recuerda siempre.

La topografía natural, con lo cual me refiero a aprovechar las analogías físicas y las normas culturales, lleva a una comprensión inmediata. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar la analogía espacial: para elevar un objeto, llevar el mando hacia arriba. A fin de controlar un juego de luces, organizar los mandos con la misma pauta que las luces. Algunas topografías naturales son culturales o biológicas, como en la norma universal de que un nivel que sube representa más y un nivel que baja, menos. Ana-

lugamente, un sonido más alto puede significar una cantidad mayor. La cantidad y el volumen (como el peso, la longitud de una línea y la brillantez) son dimensiones acumulativas: se añade más para mostrar unos aumentos incrementales. Obsérvese que la relación lógicamente plausible entre tono musical y volumen no funciona: ¿significa un tono más alto menos o más de algo? El tono (y el sabor, el color y la ubicación) son dimensiones sustitutivas: sustituyase un valor por otro para introducir un cambio. No existe un concepto natural de más o menos en la comparación entre diferentes tonos, matices o calidades de sabor. Otras topografías naturales se desprenden de los principios de la percepción y permiten la agrupación o la pauta natural de mandos y retroalimentación (véase la figura 1.13).

Los problemas de topografía son abundantes y constituyen una de las causas fundamentales de la existencia de dificultades. Veamos el teléfono. Supongamos que desea uno activar la llamada de respuesta cuando la función está en «no hay respuesta». A fin de iniciar este elemento de un sistema telefónico hay que apretar y soltar el botón de «nueva llamada» (el que está en el mango del auricular), después marcar el 60 y después el número al que deseaba uno llamar.

Esto plantea diversos problemas. En primer lugar, la descripción que se aporta la función es relativamente compleja, pero, no obstante, incompleta: ¿qué pasa si dos personas desean devolver la llamada al mismo tiempo? ¿Qué ocurre si la persona no regresa hasta dentro de una semana? ¿Qué ocurre si entre tanto se han utilizado tres o cuatro funciones más? ¿Y si quiere uno anularla? En segundo lugar, el acto que realiza es arbitrario (Marcar el número 60. ¿Por qué el 60? ¿Por qué no el 73 o el 27? ¿Cómo se acuerda uno de un número arbitrario?). En tercer lugar, la secuencia termina con algo que parece ser un acto reiterativo e innecesario: el de marcar el número de la persona a la que se desea llamar. Si el sistema de teléfonos es lo bastante inteligente como para hacer todas esas cosas, ¿por qué no puede recordar el número que se acaba de intentar? ¿Por qué hay que repetirlo todo una vez más? En cuarto y último lugar, veamos la falta de retroalimentación. ¿Cómo sé que he hecho lo necesario? A lo mejor he desconectado el teléfono. A lo mejor he puesto en marcha otro elemento especial. No existe una forma visible o audible de saberlo inmediatamente.



1.13. Mando de ajuste de asiento de un automóvil Mercedes. Se trata de un ejemplo excelente de topografía natural. El mando tiene la forma del propio asiento: la topografía es evidente. A fin de elevar la parte delantera del asiento, basta con elevar la parte delantera del botón. Para reclinar el respaldo del asiento, basta con mover el botón hacia atrás. Evidentemente, los Mercedes no son objetos cotidianos para las masas, pero' este principio no exige grandes gastos ni gran riqueza. Cabría aplicarlo a objetos mucho más comunes.

Un dispositivo es fácil de utilizar cuando existe una cierta visibilidad del conjunto de actos posibles, de modo que los mandos y las imágenes explotan la topografía natural. Los principios son sencillos, pero raras veces se incorporan en el diseño. Un buen diseño exige atención, planificación, reflexión. Exige una atención consciente a las necesidades del usuario. Y a veces al diseñador le sale bien:

Una vez que me hallaba asistiendo a una conferencia en Gmunden, Austria, salí en un grupo de excursión. Me senté directamente detrás del conductor del autobús alemán, que era nuevo, aerodinámico y tenía mucha alta tecnología. Contemplé maravillado los centenares de mandos que había repartidos por todo el salpicadero del autobús.

«¿Cómo ha logrado usted aprenderse todos esos mandos?», pregunté al conductor (con la ayuda de un colega que sabía alemán). Evidentemente, el conductor no entendió por que' se lo preguntaba.

«¿Qué dice?», me contestó. «Cada mando está exactamente donde tiene que estar. No es nada difícil.»

Ese es un buen principio. Los mandos están donde tienen que estar. Una función, un mando. Claro que es más difícil hacerlo que decirlo, pero fundamentalmente, ése es el principio de la topografía natural: la relación entre los mandos y los actos debe ser evidente para el usuario. Más adelante volveré a ocuparme de este tema, pues el problema de determinar la «naturalidad» de la cartografía es difícil, pero clave.

Ya he descrito la facilidad con que en general se utilizan los mandos de mi coche. De hecho, el coche tiene muchos problemas. El enfoque de capacidad de uso empleado en el coche parece consistir en asegurarse de que uno pueda alcanzar todo y verlo todo. Eso está bien, pero no es suficiente ni mucho menos.

Veamos un ejemplo bien sencillo: los mandos de los altavoces, un mando sencillo que determina si el sonido sale de los altavoces delanteros, de los traseros o de una combinación de ambos (figura 1.14). Basta con rotar la ruedecilla de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. Muy sencillo, pero, ¿cómo sabe uno en qué sentido rolar el mando? ¿En qué sentido pasa el sonido a la trasera y en cuál a la delantera? Si quiere uno que el sonido proceda de los altavoces delanteros, habría que mover el mando hacia adelante. Para que saliera de los traseros, habría que mover el mando hacia atrás. Entonces, la forma del movimiento imitaría a la función y constituiría una topografía natural. Pero la forma en que de hecho está montado el mando en el coche, adelante y atrás se convierten en a derecha y a izquierda. ¿Qué diferencia corresponde a qué? No existe una relación natural. Lo que es peor, el mando no lleva ni siquiera un letrero. Ni siquiera el manual de instrucción dice cómo se debe utilizar.

El mando debe estar montado de forma que avance hacia adelante y hacia atrás. Si no se puede hacer eso, hay que rotar el mando 90 grados en el salpicadero, de forma que se desplace en sentido vertical. El elevar algo para que represente hacia adelante no es tan natural como el desplazar eso mismo hacia adelante, pero por lo menos sigue una convención generalizada.

De hecho, vemos que tanto el coche como el teléfono tienen unas funciones fáciles y otras difíciles. El coche parece tener más de las fáciles y



1.14. Mando de altavoces delanteros y traseros de una radio de automóvil. Si se rota la ruedecilla con las imágenes del altavoz a un lado o a otro, el sonido sale totalmente de los altavoces delanteros (cuando el mando ha girado totalmente hacia un lado) o totalmente de los traseros (cuando el mando ha girado totalmente al otro lado) o de ambos por igual (cuando el mando está a mitad de camino). ¿Que dirección indica los altavoces delanteros y cuál los traseros? No basta con mirar. Y ya que estamos en eso, imaginemos que trata uno de manipular los mandos de la radio mientras mantiene la vista en la carretera.

el teléfono más de las difíciles. Además, en el caso del coche existen suficientes mandos fáciles, de modo que puedo hacer casi todo lo que necesito. No ocurre lo mismo con el teléfono: resulta muy difícil utilizar ni siquiera uno solo de los elementos especiales.

Los aspectos fáciles tanto del teléfono como del coche tienen mucho en común, al igual que los aspectos difíciles. Cuando las cosas son visibles, tienden a ser más fáciles que cuando no lo son. Además, debería existir una relación estrecha y *natural* entre el mando y la función: una *topografía natural*.

EL PRINCIPIO DE LA RETROALIMENTACION

La retroalimentación —el envío de vuelta al usuario de información acerca de qué acto se ha realizado efectivamente y qué resultado se ha logrado— es un concepto muy conocido en la ciencia de la teoría del control y la información. Imaginemos lo que sería tratar de hablar a alguien cuando no puede uno oír ni siquiera su propia voz, o tratar de hacer un dibujo con un lápiz que no traza una línea: no existiría retroalimentación.

En los buenos tiempos del teléfono antiguo, antes de que el sistema telefónico estadounidense se dividiera entre compañías competidoras, antes de que los teléfonos se hicieran fantasiosos y tuvieran tantos elementos, los teléfonos se diseñaban con mucha más atención y preocupación por el usuario. Los diseñadores de los Laboratorios de Teléfonos Bell se ocupaban mucho de la retroalimentación. Las teclas estaban ideadas para transmitir una sensación adecuada: una retroalimentación táctil. Cuando se pulsaba una tecla, en el auricular sonaba un tono, de forma que el usuario sabía que la tecla había sido efectivamente pulsada. Cuando se conectaba la llamada, había una serie de clics, tonos y otros ruidos que proporcionaban al usuario retroalimentación acerca de la marcha de la llamada. Y la voz del que hablaba siempre volvía al auricular con un volumen cuidadosamente controlado, porque la retroalimentación auditiva (calificada de «tono marginal») ayudaba a la persona a regular la altura de su voz. Todo eso ha cambiado. Ahora tenemos teléfonos que son mucho más potentes y a menudo más baratos que los existentes hasta hace unos años: más funciones por menos dinero. Para ser justos, estos nuevos diseños están aproximándose a la paradoja de la tecnología: por lo general, una mayor capacidad funcional se ha de pagar con una mayor complejidad. Pero eso no justifica un progreso regresivo.

¿Por qué resultan tan difíciles de aprender y utilizar los sistemas telefónicos modernos? Básicamente, el problema consiste en que esos sistemas tienen más elementos y menos retroalimentación. Supongamos que todos los teléfonos tuvieran una pequeña pantalla, parecida a las de las calculadoras pequeñas y baratas. La pantalla podría utilizarse para exponer, al pulsar una tecla, un breve menú de todos los elementos del teléfono, uno por uno. Cuando se encontrara el deseado, el usuario apretaría otra tecla para indicar que ése es el que desea. Si hace falta hacer algo más, la pantalla podría decírselo al usuario. La pantalla podría incluso ser

auditiva, con palabras habladas en lugar de signos visuales en la pantalla. No hace falta añadir más que dos teclas al teléfono: una para cambiar lo que se ve en la pantalla y otra para aceptar la opción que se ofrece. Naturalmente, el teléfono sería algo más caro. La cuestión es: costes o utilidad ⁷.

¡Pobre diseñador!

El diseño no es tarea fácil. El fabricante quiere algo que se pueda producir económicamente. La tienda quiere algo que resulte atractivo para los clientes. El comprador tiene varias exigencias. En la tienda, el comprador se centra en el precio y el aspecto, y quizá en el valor de prestigio. En casa, esa misma persona prestará más atención a la funcionalidad y la capacidad de uso. Al servicio de reparaciones le preocupa la mantenibilidad: ¿hasta qué punto es fácil desmontar, diagnosticar y reparar el dispositivo? Las necesidades de quienes intervienen suelen ser diferentes y conflictivas. Sin embargo, el diseñador quizá pueda satisfacer a todos.

Un ejemplo sencillo de un buen diseño es la disquette magnética de 3,5 pulgadas para ordenador, un redondelito de material magnético «blando» incrustado en plástico duro. Los tipos iniciales de discos blandos no tenían ese estuche de plástico, que protege al material magnético contra los malos tratos y contra los daños. Una cubierta deslizante de metal protege la delicada superficie magnética cuando la disquette no se está utilizando, y se abre automáticamente cuando se inserta en la computadora. La disquette tiene forma cuadrada: aparentemente hay ocho formas posibles de insertarla en la máquina y sólo una de ellas es correcta. ¿Qué pasa si lo hago mal? Trato de insertar el disco de lado. Ah, el diseñador ya lo había pensado. Un pequeño estudio revela que el estuche no es verdaderamente cuadrado: es rectangular, de modo que no se pueden insertar los lados más largos. Lo intento del revés. La disquette no se introduce sino en parte. Existen pequeñas protuberancias, dientes y muescas que impiden que la disquette se introduzca hacia atrás o del revés: de las ocho formas en que podría tratarse de insertar la disquette, sólo una es correcta, y sólo una encaja. Un diseño excelente.

Tomemos otro ejemplo de buen diseño. Mi rotulador de punta de fieltro sólo tiene estrías por un lado; todos los demás lados son idénticos. Un examen atento revela que

la punta del rotulador hace ángulo y escribe mejor si se sostiene con el lado estriado

hacia arriba, resultado natural si el índice se apoya en las estrías. No pasa nada malo si lo sostengo de otro modo, pero el rotulador escribe peor. Las estrías constituyen una pista sutil del diseño: funcional, pero visible y que no molesta desde el punto de vista estético.

El mundo está lleno de pequeños ejemplos de buen diseño, con esos curiosos detalles que representan aportaciones positivas a nuestras vidas. Cada uno de esos detalles los ha añadido alguien, un diseñador, que reflexionó atentamente sobre las utilizaciones del artefacto, las formas en que la gente utiliza mal las cosas, los tipos de errores que se pueden cometer y las funciones que la gente desea que se desempeñen.

Entonces, ¿cómo es que tantas buenas ideas sobre diseño no se abren camino hasta convertirse en productos del mercado? ¿¿ que aparece algo bien ideado pero dura poco y desaparece? Una vez hablé con un diseñador acerca de las frustraciones de tratar de obtener el mejor producto.

Por lo general, hacen falta cinco o seis tentativas para que un producto salga bien. Ello puede resultar aceptable en un producto establecido, pero hay que pensar lo que significa en un producto nuevo. Supongamos que una empresa quiere fabricar un producto que quizá sea verdaderamente nuevo. El problema estriba en que si el producto es auténticamente revolucionario, es poco probable que nadie sepa exactamente cómo diseñarlo bien a la primera; harán falta varias tentativas. Pero si se introduce un producto en el mercado y fracasa, se acabó. Quizá se pudiera introducir una segunda o incluso una tercera vez, pero después se acabó: todo el mundo está convencido de que ha fracasado.

Le pedí que me lo explicara: «Quieres decir», señalé, «que hacen falta cinco o seis tentativas para que una idea salga bien?»

«Sí», respondió, «por lo menos».

«Pero», repliqué, «también has dicho que si un producto recién introducido no funciona a las dos o tres primeras veces, entonces se acabó».

«Exacto», me dijo.

«Entonces, es casi seguro que los productos nuevos fracasarán, por buena que sea la idea.»

«Ahora me entiendes», dijo el diseñador. «No hay más que ver el empleo de mensajes auditivos en artefactos complejos como las cámaras fotográficas, las máquinas de bebidas gaseosas y las fotocopiadoras. Un fracaso. Ya ni siquiera se intenta. Es una pena. Verdaderamente, es una buena idea, pues puede resultar muy útil cuando

se tienen las manos o la vista ocupadas en otra cosa. Pero aquellas primeras tentativas se hicieron muy mal y el público las desechó; e hizo bien. Ahora, nadie se atreve a volverlo a intentar, ni siquiera en los sitios donde hace falta.»

La paradoja de la tecnología

La tecnología ofrece las posibilidades de hacer que la vida resulte más fácil y más placentera; cada nueva tecnología aporta mayores beneficios. Al mismo tiempo, surgen nuevas complejidades que agravan nuestras dificultades y frustraciones. El desarrollo de una tecnología tiende a seguir una curva de complejidad en forma de U: empieza muy alto; va cayendo hasta un nivel bajo y confortable, y después vuelve a subir. Los dispositivos innovadores son complejos y difíciles de utilizar. A medida que los técnicos se van haciendo más competentes y que una industria va madurando, los dispositivos se van haciendo más sencillos, más fiables y más potentes. Pero después, cuando la industria se ha estabilizado, los recién llegados idean cómo añadir más potencia y más capacidad, pero siempre a costa de un aumento de la complejidad y a veces de una disminución de la fiabilidad. Podemos percibir la curva de la complejidad en la historia del reloj, la radio, el teléfono y la televisión. Veamos la radio. En un principio, las radios eran muy complejas. Para sintonizar con una estación hacía falta proceder a varios ajustes, entre ellos el de la antena, el de la **frecuencia** de radio, el de las frecuencias intermedias y el de los mandos tanto de sensibilidad como de volumen. Las radios se fueron simplificando y no tenían mando más que para ponerlas en marcha, sintonizar con la estación y ajustar el volumen. Pero las radios más recientes vuelven a ser muy complejas, quizá todavía más que las antiguas. Ahora a la radio se la llama sintonizador, y está llena de mandos, teclas, barras, luces, pantallitas y medidores. Los aparatos modernos son tecnológicamente superiores, brindan un sonido de mayor calidad, mejor recepción y mayor capacidad. Pero, ¿de qué vale la tecnología si es demasiado compleja para utilizarla?

El problema de diseño que plantean los avances tecnológicos es enorme. Veamos el reloj. Hace unas décadas, los relojes eran sencillos. No había más que poner la hora y darles cuerda. El mando general era la ruedecilla a un lado del reloj. Si esa ruedecilla se sacaba y se le daba la vuelta, las

manecillas se movían. Las operaciones eran fáciles de aprender y de realizar. Existía una relación razonable entre el dar vueltas a la ruedecilla y el giro consiguiente de las agujas. El diseño incluso tenía en cuenta el error humano: la posición normal de la ruedecilla sólo correspondía al acto de darle cuerda, de modo que aunque se girase de más o de menos, la hora no cambiaba.

En el reloj digital moderno ha desaparecido esa ruedecilla, siendo sustituida por un motor impulsado por pilas de larga duración. No queda más que la tarea de poner la hora. La ruedecilla sigue constituyendo una solución sensata, pues se puede avanzar o retroceder, ir hacia adelante o hacia atrás, hasta lograr la hora que se desea. Pero la ruedecilla es más compleja (y en consecuencia más cara) que unos meros botones. Si el único cambio del reloj analógico a cuerda al reloj digital a pilas consistiera en la forma de poner la hora, las dificultades no serían muchas, pero no es así. El problema se debe a que la nueva tecnología nos ha permitido añadir más funciones al reloj: éste puede dar el día de la semana, el mes y el año; puede servir de cronómetro (que ya en sí tiene varias funciones), de sistema de cuenta atrás y de despertador (a veces doble); puede mostrar la hora en diferentes usos horarios; puede servir para echar cuentas e incluso funcionar como calculadora. Pero las funciones adicionales provocan problemas: ¿cómo se diseña un reloj que tiene tantas funciones si se aspira a limitar el tamaño, el costo y la complejidad del aparato? ¿Cuántos botones hacen falta para que el reloj funcione y se pueda aprender, pero no sea demasiado caro? No existen respuestas fáciles. Siempre que el número de funciones y el de operaciones necesarias es mayor que el número de mandos, el diseño se convierte en arbitrario, antinatural y complicado. La misma tecnología que simplifica la vida al aportar más funciones a cada aparato, también la complica al hacer que el aparato sea más difícil de aprender y de utilizar. Esa es la paradoja de la tecnología.

Jamás se debe utilizar la paradoja de la tecnología para excusar un mal diseño. Es cierto que a medida que va en aumento el número de opciones y de posibilidades de cualquier mecanismo, también debe aumentar el número y la complejidad de los mandos. Pero los principios del buen diseño hacen que la complejidad sea manejable.

En una de mis clases di como tarea para hacer en casa el diseño de una radio—reloj de funciones múltiples:

Una empresa industrial lo ha empleado a usted para que diseñe su nuevo producto. La empresa está estudiando la posibilidad de combinar en un solo mecanismo todo lo siguiente:

- *Radio AM-FM.*
- *Tocacassettes.*
- *Tocadiscos compacto.*
- *Teléfono.*
- *Contestador de teléfono.*
- *Pelo'.*
- *Despertador (la alarma puede poner en marcha una señal, la radio, el tocasassetes o el tocadiscos compacto).*
- *Lámpara de mesa o de cama.*

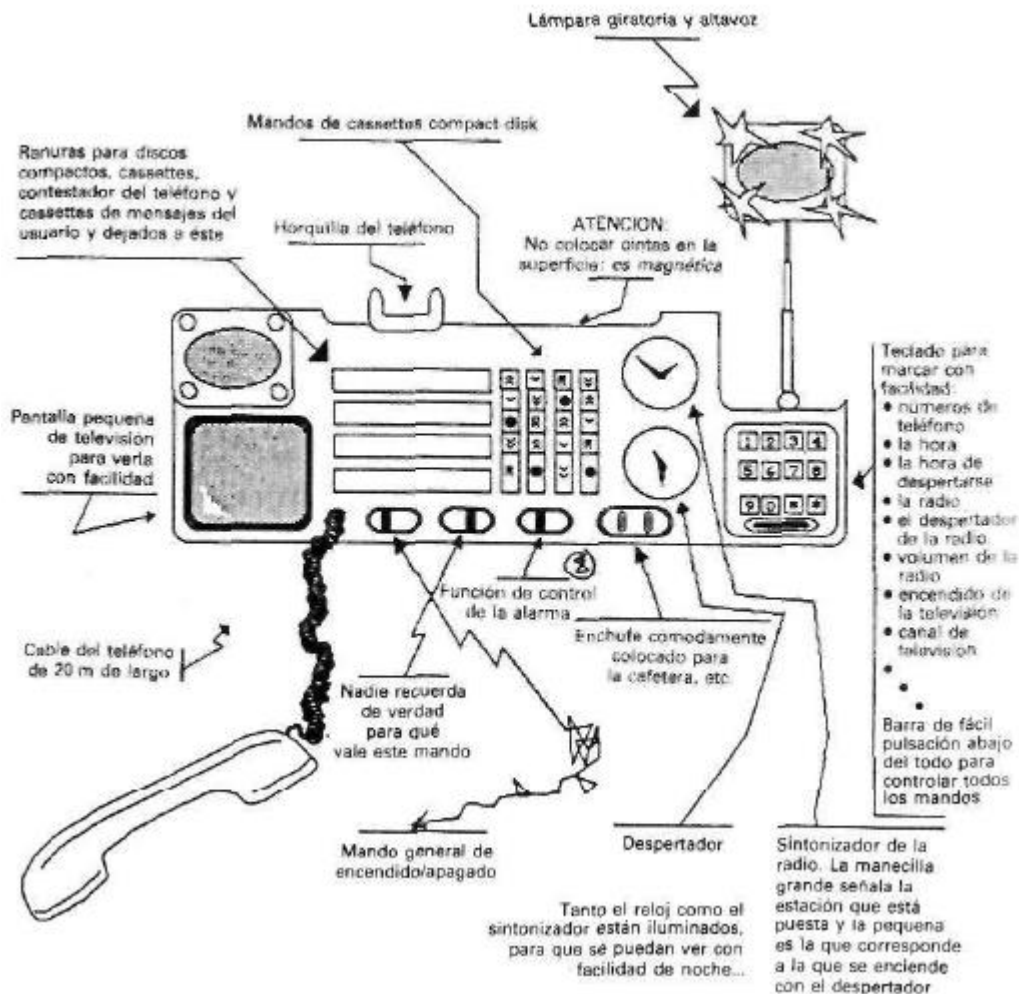
La empresa está tratando de decidir si incluir o no un pequeño aparato de televisión (pantalla de cinco centímetros) y un enchufe para encender una cafetera o una tostadora.

Su misión consiste en: A) recomendar qué fabricar, después B) diseñar el panel de mando, y por último C) certificar que efectivamente eso es lo que los clientes desean y que es fácil de utilizar.

Explique usted lo que haría respecto de las tres partes de su tarea: A), B) y C). Explique cómo justificaría sus recomendaciones.

Dibuje un croquis de un panel de mando de los elementos que figuran en la lista mencionada, con una breve justificación y un análisis de los factores que intervinieron en la elección del diseño.

En la respuesta, yo buscaba varias cosas (la figura 1.15 es una solución inaceptable): en primer lugar, ¿hasta qué punto se ajustaba la respuesta a las necesidades reales del usuario? Esperaba que mis estudiantes visitaran las casas de posibles usuarios para ver cómo utilizaban los aparatos que ya tenían y determinar cómo se utilizaría el mecanismo combinado de funciones múltiples. Después, evalué si todos los mandos eran utilizables y comprensibles y permitían que todas las funciones deseadas se activaran con un mínimo de confusiones y de errores. Las radios-reloj se suelen utilizar en la oscuridad, mientras el usuario está en la cama y levanta la mano en busca del mando que desea. En consecuencia, el aparato tenía que ser utilizable en la oscuridad y sólo al tacto. Tenía que ser imposible cometer un error grave si se activaba accidentalmente el mando equivocado. (Por desgracia, muchas de las radios-reloj existentes no toleran errores graves. Por ejemplo, el usuario puede cambiar la hora si



1.15. Posible solución de mi tarea. Totalmente inaceptable (mi agradecimiento a Bill Gaver por idear y dibujar este ejemplo).

tropieza accidentalmente con el mando equivocado). Por último, el diseño tenía que tener en cuenta cuestiones reales de coste, fabricación y estética. El diseño acabado tenía que recibir la aprobación de los usuarios. La clave del ejercicio era que el estudiante comprendiera la paradoja de la tecnología: es imposible evitar mayores complejidades y dificultades cuando se añaden funciones, pero si el diseño se hace con inteligencia, esas complejidades y dificultades se pueden reducir al mínimo.

LA PSICOLOGÍA DE LAS ACTIVIDADES COTIDIANAS



Cuando estuve con mi familia en Inglaterra, alquilamos una casa amueblada cuyos propietarios estaban fuera. Un día volvió a la casa la dueña de ésta para llevarse unos documentos personales. Fue a donde tenía el archivador y trató de abrir el cajón de arriba. Este no se abría. Tiró de él y lo empujó, lo movió a derecha e izquierda, arriba y abajo, sin éxito. Le ofrecí mi ayuda. Traté de abrir el cajón. Después, manipulé el panel delantero, empujé fuerte y le di un golpe con la palma de la mano. El cajón se abrió. «Vaya» dijo ella, «lo siento. Soy una nulidad para la mecánica».

Cuando uno se echa la culpa sin razón

He estudiado los errores que comete la gente —y a veces son graves— con artilugios mecánicos, interruptores y fusibles, sistemas de ordenadores y de tratamiento de textos, incluso aviones y centrales nucleares. De forma invariable, la gente se siente culpable y trata de ocultar el error o se echa la culpa por su «estupidez» o su «torpeza». Muchas veces me resulta difícil que me den permiso para observar: a nadie le gusta que se le observe mientras hace mal algo. Señalo que el diseño es malo y que otros cometen los mismos errores. Pero si la tarea parece ser sencilla o trivial, entonces la gente se echa la culpa a sí misma¹. Es como si fuera un motivo de orgullo perverso el estar convencido de que uno padece de cretinismo mecánico.

Una vez, una gran empresa de ordenadores me pidió que evaluase un producto totalmente nuevo. Dedicué un día a aprenderlo y someterlo a prueba con varios problemas. Al utilizar el teclado para introducir datos, era necesario diferenciar entre la tecla de «retorno» y la de «insertar». Si se daba a la tecla equivocada, se perdía irremediablemente el trabajo realizado en los últimos minutos.

Señalé este problema al diseñador y le expliqué que yo mismo había cometido ese error a menudo y mis análisis indicaban que probablemente sería un error muy frecuente entre los usuarios. La primera reacción del diseñador fue preguntarme por qué había cometido ese error y si no había leído el manual. Después procedió a explicar las diferentes funciones de las dos teclas.

«Sí, sí», expliqué, «comprendo las dos teclas. Sencillamente me confundo entre ellas. Tienen funciones parecidas, se hallan en lugares parecidos en el teclado y, como estoy acostumbrado a escribir a máquina, muchas veces le doy automáticamente a la tecla de "retorno" sin pensarlo. No cabe duda de que otros han tenido problemas parecidos».

«Ni hablar», dijo el diseñador. Afirmó que yo era el único que me había quejado y que las secretarías de la empresa llevaban muchos meses utilizando el sistema. Me sentí escéptico, de manera que fuimos a ver a algunas de las secretarías y les pregunté si alguna vez habían dado en la tecla de «retorno» cuando debían de haber dado a la de «insertar». Y si alguna vez, como resultado de ello, habían perdido el trabajo realizado.

«Claro que sí», dijeron las secretarías, «nos pasa muchas veces».

«Bien, ¿cómo es que nadie ha dicho nunca nada?», preguntamos a las secretarías. Después de todo, se les había dicho que comunicaran todos los problemas que tenían con el sistema.

El motivo era muy sencillo: cuando el sistema dejaba de funcionar o hacía algo raro, las secretarías, obedientes, comunicaban el problema. Pero cuando eran ellas quienes cometían el error de darle a la tecla de «retorno», en lugar de a la de «insertar», se echaban la culpa a sí mismas. Después de todo ya les habían dicho lo que debían hacer. Sencillamente, se habían equivocado.

Claro que la gente comete errores. Los mecanismos complejos siempre exigen una cierta instrucción, y si alguien los utiliza sin recibir las instrucciones adecuadas, es lógico que cometa errores y que se confunda. Pero los diseñadores deben preocuparse muy especialmente de hacer que los errores tengan el menor coste posible. A continuación cito mi credo sobre los errores:

Si es posible cometer un error, alguien lo cometerá. El diseñador debe suponer que van a cometerse todos los errores posibles y realizar su diseño con objeto de reducir al mínimo la posibilidad de error, para empezar, o sus efectos, una vez que se ha cometido. Los errores deben ser fáciles de detectar, deben tener unas consecuencias mínimas y, de ser posible, sus efectos deben ser reversibles.

Los malentendidos de la vida cotidiana

Nuestras vidas están llenas de malentendidos. Ello no debe resultar sorprendente: a menudo tenemos que enfrentarnos con situaciones para las que no estamos preparados. A los psicólogos les encantan los errores y los malentendidos, pues aportan pistas importantes acerca de la organización y el funcionamiento de nuestros cerebros. Muchos de los malentendidos cotidianos se clasifican como conceptos «ingenuos» o «populares». Y esos malentendidos no se hallan sólo entre la gente corriente: Aristóteles elaboró toda una teoría de la física que los físicos consideran curiosa y divertida. Pero las teorías de Aristóteles corresponden mucho más a las observaciones del sentido común y cotidianas que las teorías muy refinadas y abstractas que se nos enseñan en la escuela. Aristóteles elaboró lo que podríamos calificar de física ingenua. Hasta que se estudia el mundo esotérico de la física no se aprende lo que es «correcto» ni se puede comprender por qué la visión «ingenua» está equivocada.

LA FÍSICA INGENUA DE ARISTÓTELES

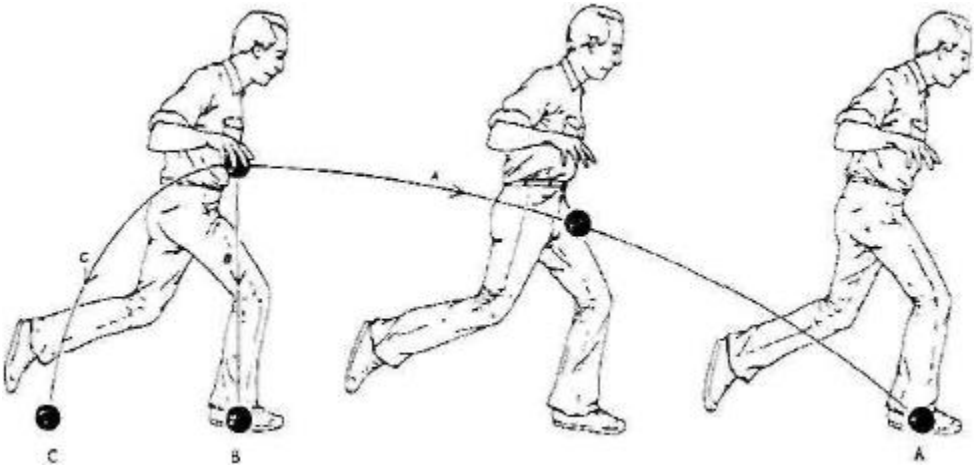
Aristóteles, por ejemplo, creía que los objetos en movimiento no se mantenían en movimiento más que si algo los seguía impulsando. El físico actual dice que eso es una bobada: un objeto en movimiento sigue moviéndose salvo que se ejerza alguna fuerza para detenerlo. Esa es la primera ley de la dinámica de Newton, y ha contribuido al desarrollo de la física moderna. Pero cualquiera que haya empujado alguna vez un receptáculo pesado por una calle, o, de hecho, que haya recorrido kilómetros y kilómetros por un bosque, sabe que Aristóteles tenía razón: si no se sigue empujando, el movimiento cesa. Naturalmente, Newton y sus sucesores

presumen la inexistencia de la fricción y del aire. Aristóteles vivía en un

mundo en el cual siempre había fricción y resistencia del aire. Una vez que interviene la fricción, entonces los objetos en movimiento tienden a detenerse salvo que se siga empujándolos. Es posible que la teoría de Aristóteles sea errónea en cuanto a la física, pero describe razonablemente bien lo que podemos percibir en el mundo real. Imaginemos cómo responderíamos a las siguientes preguntas:

1. *Tomo una pistola y la apunto cuidadosamente para que este' paralela al suelo. Disparo una bala. En la otra mano tengo una bala, de forma que la de la pistola y la que tengo en la mano se hallan exactamente a la misma distancia del suelo. Dejo caer la bala en el mismo instante en que disparo la pistola. ¿Cuál de las balas llega primero al suelo?*

2. *Imaginemos a a I quien que corre por un campo con una pelota en la mano. Mientras miramos, esa persona deja caer la pelota. ¿Qué camino (a, b, o c en la figura 2.1) recorre la pelota al caer al suelo?'*



2.1. Una persona corriendo deja caer una pelota. ¿Qué camino recorre la pelota al caer al suelo, el A, el B o el C? Cuando se hizo esta pregunta a escolares de 11 años de escuelas de Boston, sólo el 3 por 100 respondió A, que es la respuesta correcta; los demás se dividieron por igual entre B y C. Los estudiantes de segundo ciclo tampoco acertaron: de 41 estudiantes que acababan de estudiar mecánica newtoniana durante un mes y medio, sólo el 20 por 100 dio con la respuesta correcta; los demás estaban divididos casi por igual entre B y C. (Estudio realizado por White y Horwitz, 1987. La figura procede de *Inuitive Physics* de McCloskey. Copyright © 1983 por *Scientific American*, Inc. Reservados todos los derechos).

El físico dice que la respuesta al problema de la bala es trivial: ambas balas dan en el suelo al mismo tiempo. El hecho de que una bala esté desplazándose horizontalmente a gran rapidez no tiene efecto en absoluto respecto de la velocidad con la que cae al suelo. ¿Por qué hemos de aceptar esa respuesta? ¿No debería la bala rápida irse elevando —un poco como los aviones—, de forma que se mantendrá sin caer un rato más, porque la sostiene el aire? ¿Quién sabe? La teoría física se basa en una situación en la cual el aire no existe. El malentendido popular es que la bala disparada dará en el suelo mucho después que la que se ha dejado caer; sin embargo, esta opinión ingenua no parece tan extraña.

En el caso de la pelota que cae, suponemos que ésta caerá recta al suelo. De hecho, la pelota sigue la trayectoria A (figura 2.1). Al llevarla la persona que corre, se pone en movimiento horizontal. Después mantiene la misma velocidad hacia adelante cuando se la suelta, aunque también cae al suelo .

La física ingenua —y las opiniones ingenuas de la psicología y de otras especialidades— suele ser sensata, aunque esté equivocada. Pero a veces, nos puede hacer caer en el error. Sin embargo, hemos de disponer de una forma de digerir lo desconocido, pues los seres humanos son seres explicativos.

LOS SERES HUMANOS COMO SERES EXPLICATIVOS

Los modelos mentales, nuestros modelos conceptuales de la forma en que funcionan los objetos, ocurren los acontecimientos o se comportan las personas, son resultado de nuestra tendencia a formar explicaciones de las cosas. Esos modelos son esenciales para ayudarnos a comprender nuestras experiencias, predecir los resultados de nuestros actos y hacer frente a acontecimientos imprevistos. Basamos nuestros modelos en los conocimientos de que disponemos, sean reales o imaginarios, ingenuos o complejos.

Los modelos mentales suelen construirse a partir de datos fragmentarios, con escasa comprensión de lo que está ocurriendo, y con una especie de psicología ingenua que postula causas, mecanismos y relaciones, incluso cuando no existen. Algunos modelos erróneos llevan a las frustraciones de la vida cotidiana, como ocurría en el caso de mi nevera imposible de

ajustar", en el cual mi modelo mental de su funcionamiento (figura 1.9.4) no correspondía a la realidad (figura 1.9/?). Mucho más grave son los modelos erróneos de sistemas tan complejos como una fábrica o un avión de pasajeros. En esos casos, los malentendidos pueden llevar a accidentes devastadores.

Veamos el termostato de una habitación. ¿Cómo funciona? Se trata de un mecanismo que casi no brinda indicios de su funcionamiento, salvo de forma muy aproximada. Entramos en una habitación y sentimos frío: entonces nos acercamos al termostato y lo ponemos más alto. Al cabo de un rato sentimos más calor. Obsérvese que lo mismo cabe decir del mando de temperaturas de un horno (aunque sea para cocer cerámica, o un acondicionador de aire, o casi cualquier mecanismo cuya temperatura se debe regular). ¿Quiere uno poner un pastel al horno, pero éste está apagado? Se gradúa el termostato del horno y éste alcanza la temperatura que se desea. ¿Hace demasiado calor en la habitación? Se pone el termostato del acondicionador de aire. Muy bien, pero, ¿cómo funciona el termostato?

Si está uno en una habitación fría y le corre prisa calentarla, ¿se calentará más rápidamente la habitación si se pone el termostato al máximo? O, si quiere uno que el horno llegue a su temperatura funcional más rápidamente, ¿hay que poner el botón de la temperatura al máximo y después bajarlo una vez que se alcanza la temperatura deseada? O, para enfriar a toda velocidad una habitación, ¿debe uno poner el termostato del acondicionador en la temperatura más baja?

Si cree uno que la habitación o el horno se calentarán (o se enfriarán) a mayor velocidad en el caso de poner el termostato al máximo, se equivoca. Esa es la teoría popular de los termostatos. Existen dos teorías populares muy frecuentes de los termostatos. La teoría del tiempo y la teoría de la válvula. La teoría del tiempo supone que el termostato se limita a controlar la proporción relativa de tiempo que sigue encendido el mecanismo. Si se pone el termostato a la mitad, el aparato sigue encendido aproximadamente la mitad del tiempo; si se pone al máximo, el mecanismo está encendido todo el tiempo. En consecuencia, para calentar o enfriar algo a la mayor velocidad posible, se coloca el termostato de forma que el mecanismo está encendido todo el tiempo. La teoría de la válvula supone que el termostato controla la cantidad de calor (o de frío) que sale del

aparato. Si se pone el termostato al máximo, se obtiene el máximo de calor o de frío ⁴.

La realidad es que el termostato no es más que un interruptor. Actúa sobre el calentador, el horno y el acondicionador de aire como mecanismos de todo o nada, que pueden estar totalmente encendidos o apagados, sin estados intermedios. El termostato pone el calentador, el horno o el acondicionador de aire al máximo —a toda potencia— hasta que se alcanza la temperatura que indica el termostato. Después, apaga totalmente el aparato de que se trate. El poner el termostato muy alto o muy bajo no puede afectar en modo alguno al tiempo que le lleva alcanzar la temperatura deseada ⁵.

Lo que verdaderamente importa del ejemplo no es que alguna gente tenga teorías erróneas; es que todo el mundo forma teorías (modelos mentales) para explicar lo que ha observado. En el caso del termostato, el diseño no da la menor pista acerca de cuál de las respuestas es la correcta. Al no existir información externa, la gente queda en libertad para dar rienda suelta a su imaginación mientras los modelos mentales que elabore expliquen los datos que percibe.

Echar la culpa a una causa equivocada

«¡Mira esto!», me gritó una vez un colega: «El terminal de mi ordenador está averiado. ¡Es culpa de la biblioteca! Cada vez que lo conecto con el catálogo de la biblioteca tengo problemas. Ya ni siquiera puedo utilizar el terminal para leer el correo de mi ordenador».

«Eso no tiene sentido», le repliqué. «Ni siquiera puedes conectar el encendido del terminal. ¿Cómo va un programa de ordenador a crear un problema así?»

«Lo único que sé», respondió, «es que todo funcionaba perfectamente hasta que traté de consultar un autor en el catálogo de la biblioteca, con ese nuevo programa de la biblioteca, y entonces mi terminal dejó de funcionar. Siempre tengo problemas con ese programa. Y, verdaderamente, es demasiada coincidencia para que se deba a otra cosa».

Bueno, pues era una coincidencia. Resulta que el suministro de energía al terminal se había fundido, hecho que no tenía nada que ver con el programa de la computadora de mi colega. Basta con una coincidencia para que se pongan en marcha los engranajes de la causalidad.

Anteriormente he sugerido que la gente tiene tendencia a echarse la culpa a sí misma por las dificultades que experimenta con la tecnología. De hecho, se trata de algo un tanto más complicado. La gente tiende a encontrar causas de lo que le pasa, y lo que varía es la causa a la que se atribuye el problema. En parte, la gente tiende a establecer una relación causal siempre que dos cosas ocurren sucesivamente. Si realizo un acto *A* antes de que ocurra un resultado *R*, entonces concluyo que *A* debe de haber causado *R*, aunque, como ocurre en el ejemplo citado, en realidad, no existía relación entre las dos cosas. El asunto resulta más complejo cuando nos proponemos realizar un acto para obtener un resultado que deseamos y no lo logramos, y también se plantean problemas cuando realizamos el acto por conducto de un mecanismo intermedio.

¿A qué hay que echarle la culpa de los fallos? La respuesta no está clara. La psicología de la culpa (o, para ser más precisos, de la atribución de la culpa) es compleja y no totalmente comprensible. En parte, parece que tiene que existir una relación causal percibida entre la cosa a la que se echa la culpa y el resultado. La palabra clave es *percibida*: no es forzoso que exista la relación causal; basta con que la persona piense que existe. A veces atribuimos la causa a cosas que no tenían nada que ver con el acto. Y a veces ignoramos quién o qué tiene verdaderamente la culpa.

Un aspecto importante de la atribución de culpas consiste en que a menudo disponemos de poca información conforme a la cual formular el juicio, y la poca de la que disponemos puede ser errónea. El resultado es que la culpa o el mérito se pueden evaluar con casi total independencia de la realidad. En esto es donde la aparente sencillez de los objetos cotidianos causa problemas. Supongamos que trato de utilizar un objeto cotidiano, pero no lo logro: ¿quién tiene la culpa, mi acto o el objeto? Tenemos tendencia a echarnos la culpa a nosotros mismos. Si creemos que otros pueden utilizar el mecanismo y si creemos que no es muy complejo, entonces concluimos que toda dificultad debe de ser culpa nuestra. Supongamos que la culpa es en realidad del mecanismo, de forma que mucha gente tiene los mismos problemas. Como todo el mundo percibe que la culpa tiene que ser suya, nadie quiere reconocer que tropieza con problemas. Ello crea una conspiración del silencio, que mantiene los sentimientos de culpabilidad y de impotencia entre los usuarios.

Resulta interesante que la habitual tendencia a echarnos la culpa a nosotros mismos por nuestros fallos con los objetos cotidianos vaya en

contra de las atribuciones de culpa que suele hacer normalmente la gente. Se ha llegado a la conclusión de que en general la gente atribuye sus propios problemas al medio circundante y los de los demás a sus personalidades.

Veamos un ejemplo imaginario. El de Pepe, el terror de su oficina. Hoy Pepe ha llegado al trabajo tarde, ha pegado un portazo al entrar en su despacho y ha pegado gritos a sus colegas. «¡Dios!», dicen sus colegas y el personal en general, «ya estamos otra vez. Qué nervioso es: siempre se cabrea por lo más mínimo».

Ahora veamos lo que opina Pepe. «La verdad es que ha sido un día desastroso», explica. «Me desperté tarde cuando se encendió mi radio-reloj, traté de darle al botón de la pausa para dormir cinco minutos más, pero me equivoqué y cambié la hora, de modo que dormí una hora de más. Eso no fue culpa mía: la radio está mal diseñada. Ni siquiera tuve tiempo para tomar café. No encontré sitio donde aparcar cerca del trabajo porque llegaba tarde. Y después, con tantas prisas, se me cayeron todos los papeles en la calle y se ensuciaron. Después, cuando fui a buscar un café a la máquina de la oficina, se había acabado. Nada de eso era culpa mía; lo que pasó es que tuve una racha de mala suerte. Sí, traté con descortesía a mis colegas, pero, ¿qué haría cualquier otra persona en las mismas circunstancias? Seguro que me comprenden».

Pero los colegas de Pepe lo ven de forma diferente. No tienen acceso a lo que él piensa, ni siquiera a lo que le ha ocurrido durante la mañana. Lo único que ven es que Pepe les pegó una serie de gritos sencillamente porque la máquina de café de la oficina estaba vacía. Y eso les recuerda otra vez, cuando ocurrió lo mismo. «Siempre hace igual», concluyen, «siempre estalla por lo más mínimo». Los acontecimientos son los mismos, pero existen dos puntos de vista diferentes y dos interpretaciones distintas. El protagonista, Pepe, considera que sus actos son respuestas sensatas a las dificultades de la vida. El espectador considera que los actos de Pepe son resultado de una personalidad explosiva e irascible.

Parece natural que la gente eche la culpa de su mala suerte al medio. También parece igual de natural echar la culpa de la mala suerte de otras personas a las personalidades de estas. Dicho sea de paso, cuando las cosas van bien, se establece la atribución opuesta. Cuando las cosas van bien, la gente lo atribuye a la propia fuerza de su personalidad y a su inteligencia: «hoy verdaderamente lo he hecho todo fenómeno; no me extraña que hayamos acabado el proyecto tan bien». Los espectadores hacen todo lo contrario. Cuando ven que a alguien le van bien las cosas, se lo

atribuyen al medio: «verdaderamente, qué suerte la de Carmen hoy; era ella la que estaba hablando cuando llegó el jefe, de manera que se llevó todo el mérito por el trabajo de todos. Hay gente que tiene una suerte fenomenal».

En todos los casos, tanto si alguien se atribuye sin razón la culpabilidad por su incapacidad para trabajar con objetos sencillos como si atribuye el comportamiento al medio ambiente o a la personalidad, lo que está funcionando es un modelo mental erróneo.

LA IMPOTENCIA APRENDIDA

El fenómeno calificado de *impotencia aprendida* puede servir para explicar la autoatribución de culpa. Se refiere a situaciones en las cuales hay gente que experimenta un fracaso en una tarea, a menudo muchas veces seguidas. Como resultado, decide que esa tarea es imposible, al menos para ella: es impotente. Deja de intentarlo. Si esta sensación abarca todo un grupo de tareas, el resultado puede ser que se tropiece con graves dificultades en la vida. En el caso extremo, esa impotencia aprendida lleva a la depresión y a la idea de que uno no puede hacer frente a la vida cotidiana en absoluto. A veces, para tener esa sensación de impotencia basta con unas cuantas experiencias que salgan mal de forma accidental. Ese fenómeno se ha estudiado sobre todo como precursor del problema clínico de la depresión, pero es fácil que surja a raíz de unas cuantas experiencias negativas con objetos cotidianos.

LA IMPOTENCIA ENSEÑADA

¿Son las frecuentes fobias contra la tecnología y la matemática resultado de una especie de impotencia aprendida? ¿Podrían generalizarse unos cuantos casos de fallos en situaciones que parecen ser muy claras para traspasarlos a todos los objetos tecnológicos y todos los problemas matemáticos? Quizá. De hecho, parece que el diseño de los objetos cotidianos (y el de las clases de matemáticas) casi garantiza ese resultado. Cabría calificar a ese fenómeno de *impotencia enseñada*.

Cuando los objetos están mal diseñados —construidos de modo que

producen malentendidos—, los modelos mentales son erróneos y la retroalimentación es escasa, no es de extrañar que la gente se sienta culpable cuando sufre problemas con la utilización de los objetos, especialmente cuando percibe (aunque sea sin razón) que los demás no tienen los mismos problemas. O, si no, piénsese en el programa normal de matemáticas, que continúa adelante implacablemente suponiendo que en cada lección ya existe un conocimiento y una comprensión plenos de todo lo que ha ocurrido antes. Aunque cada aspecto sea sencillo, una vez que queda uno atrasado, resulta difícil ponerse al día. El resultado es la fobia contra las matemáticas. No se debe a que el material sea difícil, sino a que se enseña de tal forma que toda dificultad en una fase determinada hace que resulte difícil pasar a la siguiente. El problema es que una vez que se empieza a fallar, pronto se generaliza por la autoinculpación a todas las matemáticas. Problemas parecidos surgen en relación con la tecnología. Se inicia el círculo vicioso: si uno no hace bien algo, piensa que la culpa la tiene uno mismo. En consecuencia, se piensa que no se puede realizar esa tarea. Como resultado, la próxima vez que se ha de realizar, uno cree que es imposible, de manera que ni siquiera lo intenta. El resultado es que no se puede realizar, exactamente igual que se había pensado. Se queda uno atrapado en una profecía que se autocumple.

El carácter del pensamiento y de la explicación humanos

No siempre resulta fácil saber a qué se le ha de echar la culpa de un problema. Ha habido muchos accidentes dramáticos, en parte, como resultado de una evaluación falsa de la culpa en una situación. Personas muy capacitadas y especializadas utilizan un equipo complejo y de repente algo va mal. Tienen que deducir en qué consiste el problema. La mayor parte del equipo industrial es muy fiable. Cuando los instrumentos indican que algo va mal, hay que estudiar la posibilidad de que los instrumentos en sí estén mal. A menudo, esa evaluación es la correcta. Pero cuando los operarios echan la culpa por error a los instrumentos cuando se trata de un fallo del equipo, la situación está a punto para que se produzca un accidente grave.

Resulta espectacularmente fácil hallar ejemplos de una evaluación falsa

en los accidentes industriales. Los analistas llegan bastante después del accidente en sí, sabiendo ya lo que ha ocurrido; al mirar las cosas con perspectiva resulta casi imposible comprender cómo la gente que estaba allí pudo cometer ese error. Pero desde el punto de vista de la persona que estaba tomando las decisiones en el momento dado, la secuencia de los acontecimientos es perfectamente natural.

En la central nuclear de Three Mile Island, los operarios pulsaron un botón con objeto de cerrar una válvula; la válvula se había abierto (bien) para permitir que el exceso de agua saliera del núcleo. De hecho, la válvula era defectuosa, de forma que no se cerró. Pero una luz en el panel de instrumentos indicaba que la posición de la válvula estaba en posición de cerrado. De hecho, la luz no correspondía a la válvula, sino a la señal eléctrica de la válvula, cosa que los operarios sabían. Entonces, ¿por qué sospechar que había un problema? Los operarios miraron qué temperatura existía en la tubería que salía de la válvula: era alta, lo cual indicaba que el fluido seguía corriendo por la válvula cerrada. Ah, pero los operarios sabían que aquella válvula tenía filtraciones, de manera que la filtración explicaría lo elevado de la temperatura; pero también se sabía que la filtración era pequeña, y los operarios supusieron que no afectaría a la operación principal. Se equivocaron, y el agua que se escapó desde el núcleo aumentó considerablemente los problemas de aquel desastre nuclear. Yo creo que la evaluación de los operarios fue perfectamente razonable: la culpa era del diseño de las luces y del equipo que indicaba falsamente que la válvula estaba cerrada.

Hay malentendidos de ese tipo que ocurren constantemente. He estudiado varios accidentes aéreos. Recordemos la tripulación del vuelo del Lockheed L—1011 que iba de Miami a Nassau (las Bahamas). El avión se hallaba sobre el Océano Atlántico, a unos 180 kilómetros de Miami, cuando se encendió el indicador de que la presión del aceite era escasa en uno de los tres motores. La tripulación apagó el motor y giró para volver a Miami. Ocho minutos después también se encendieron los indicadores de baja presión de los otros dos motores y los instrumentos revelaron que existía una presión de aceite cero y una cantidad de aceite cero en los tres motores. ¿Qué hizo la tripulación? ¡No se lo creyó! Después de todo, como dijo con razón después el piloto, la probabilidad de que se agotara simultáneamente el aceite de los tres motores era «una entre varios millones». En aquel momento, en la cabina del avión, parecía que un

fallo simultáneo era totalmente improbable. Como declaró incluso la Junta Nacional de Seguridad de los Transportes, «el análisis de la situación de la tripulación de vuelo fue el lógico y es lo que probablemente hubiera hecho la mayoría de los pilotos en caso de enfrentarse con una situación de ese tipo» .

¿Qué ocurrió? Efectivamente, el segundo y el tercer motores estaban sin aceite y fallaron. O sea, que no había motores en funcionamiento: uno se había apagado cuando el indicador dio un registro bajo y los otros dos habían fallado. Los pilotos prepararon el avión para un amerizaje de emergencia. Los pilotos estaban demasiado ocupados para dar las instrucciones adecuadas a la tripulación de cabina, de forma que los pasajeros no estaban preparados. En la cabina de pasajeros se produjo una situación de semihisteria. En el último minuto, justo cuando el avión estaba a punto de amerizar, los pilotos lograron volver a poner en marcha el primer motor y aterrizar a salvo en Miami. Después, el motor falló al final de la pista de aterrizaje.

¿Por qué fallaron los tres motores? Faltaban tres juntas tóricas, una de cada uno de los tapones del orificio de lubricación, lo cual permitió que fuera goteando todo el aceite. Las juntas las habían colocado dos personas distintas que habían trabajado en los tres motores (uno con los tapones de los motores de las alas y el otro con el tapón del motor de cola). ¿Cómo ocurrió que los dos trabajadores cometieran el mismo error? Se debió al método normal con el que se habían cambiado los tapones aquel día. Toda la historia resulta de lo más instructivo, pues se produjeron cuatro fallos importantes de tipos diferentes, desde la omisión de las juntas hasta la insuficiencia de los procedimientos de mantenimiento, pasando por la evaluación falsa del problema, hasta llegar a la mala forma en que se preparó a los pasajeros. Afortunadamente, no hubo víctimas. Los analistas de la Junta Nacional de Seguridad de los Transportes redactaron un informe fascinante.

Yo he interpretado mal muchas señales, y estoy seguro de que lo mismo le ha ocurrido a la mayor parte de la gente. Una vez mi familia y yo íbamos de San Diego a Mammoth, California, zona de esquí a unos 800 kilómetros al norte, es decir, un viaje de diez a doce horas en coche. Según nos acercábamos veíamos cada vez más señales que anunciaban los hoteles y los casinos de juego de Las Vegas, Nevada. «Qué raro», comentamos, «Las Vegas siempre ha hecho publicidad a gran distancia —incluso existe un anuncio en San Diego— pero lo que ya parece excesivo es anunciarse en la carretera de Mammoth». Paramos para poner gasolina

y seguimos adelante. Hasta más tarde, cuando tratamos de encontrar un sitio donde cenar, no vimos que habíamos tomado la dirección equivocada hacía casi dos horas, antes de pararnos en la gasolinera, y que no estábamos en la carretera de Mammoth, sino en la de Las Vegas. Tuvimos que rehacer todo aquel trayecto de dos horas, con lo cual perdimos cuatro en el coche. Ahora nos parece divertido; entonces, no.

Si encontramos una explicación, nos quedamos satisfechos. Pero nuestras explicaciones se basan en analogías con experiencias anteriores, experiencias que quizá no sean aplicables a la situación del momento. En el incidente de Three Mile Island, las experiencias anteriores con aquella válvula que goteaba explicaron la discrepancia en la lectura de las temperaturas; en el vuelo de Miami a Nassau, la falta de experiencia de los pilotos con un fallo simultáneo de la presión del aceite desencadenó su opinión de que los instrumentos debían equivocarse; en nuestro viaje en coche, parecía fácil explicar la abundancia de anuncios de Las Vegas. En cuanto tenemos una explicación —sea correcta o incorrecta— de acontecimientos que en todo lo demás son discrepantes o inquietantes, ya no existe más discrepancia ni más inquietud. El resultado es que nos sentimos satisfechos, al menos durante algún tiempo.

Cómo hace las cosas la gente: las siete fases de la acción

Estoy asistiendo a una conferencia en Italia. Contemplo cómo el siguiente orador trata de enrollar una película en un proyector que no ha utilizado nunca. Coloca el rollo, después lo saca y lo invierte. Se acerca otra persona a ayudarlo. Juntos, enrollan la película por el proyector y se quedan con el extremo suelto en la mano, hablando de cómo ponerlo en el otro rollo. Vienen a ayudar dos personas más, después otra. Las voces se van haciendo más altas, en tres idiomas: italiano, alemán e inglés. Una de las personas investiga los mandos, manipula cada uno y anuncia el resultado. La confusión va en aumento. Ya no puedo observar todo lo que pasa. Se acerca el organizador de la conferencia. Al cabo de unos momentos se da la vuelta para mirar al público, que espera paciente en el auditorio. «Ejem», dice, «¿hay alguien aquí que entienda de proyectores?». Por último, 14 minutos después de que el orador empezara a enrollar la película (y ocho minutos después de la hora prevista para el principio de la sesión) aparece un técnico de bata azul. Hace una mueca, después saca rápidamente toda la película del proyector, la rebobina y pone el proyector en marcha.

¿Qué es lo que hace que algo —como el rebobinar la película— resulte difícil? Para responder a esa pregunta, que es el problema central de este libro, tenemos que saber lo que ocurre cuando alguien hace algo. Tenemos que examinar la estructura de la acción.

La idea básica es bien sencilla. Para lograr algo, hay que empezar con alguna idea de lo que se desea: del objetivo a alcanzar. Entonces hay que hacer algo con el mundo, es decir, realizar un acto para moverse uno mismo, o manipular a alguien o a algo. Por último se verifica para ver si se ha alcanzado el objetivo. De forma que hay cuatro cosas diferentes que tener en cuenta: el objetivo, lo que se hace al mundo, el mundo en sí y la verificación del mundo. El acto o la acción en sí tiene dos aspectos principales: hacer algo y verificar. Califiquémoslos de *ejecución* y *evaluación* (figura 2.2).

En la realidad, las tareas no son tan sencillas. Es posible que el objetivo original se haya especificado de forma imprecisa: por ejemplo, «buscar algo de comer», «vestirse», «ver la televisión». Los objetivos no especifican con exactitud lo que se ha de hacer: dónde y cómo actuar, qué recoger. Para llevar a la acción, los objetivos deben transformarse en declaraciones específicas de lo que se ha de hacer, declaraciones que yo califico de *intenciones*. Un *objetivo* es algo que lograr, a menudo expuesto de forma vaga. Una *intención* es un acto específico realizado para alcanzar el objetivo. Pero ni siquiera las intenciones son lo bastante específicas para controlar los actos.

Supongamos que estoy sentado en mi sillón, leyendo un libro. Está atardeciendo y cada vez hay menos luz. Decido que necesito más luz (ése es el objetivo: conseguir más luz). Mi objetivo debe reflejarse en la intención que afirma el acto apropiado en el mundo: apretar el interruptor de la lámpara. Pero hay más: necesito especificar cómo mover el cuerpo, cómo alargar la mano para alcanzar el interruptor; cómo alargar el dedo para apretarlo (sin tirar la lámpara al suelo). El objetivo tiene que reflejarse en la intención, que a su vez ha de convertirse en una secuencia específica de acción en la que yo pueda controlar mis músculos. Obsérvese que podría satisfacer mi objetivo con otras secuencias de acción y otras intenciones. Si alguien entrase en la habitación y pasara junto a la lámpara, podría modificar mi intención de apretar el interruptor si pidiera a la otra persona que lo hiciera por mí. El objetivo no ha cambiado, pero sí han cambiado la intención y la secuencia de acción consiguiente.

Los actos específicos colman el vacío entre lo que deseáramos haber he-



2.2. El ciclo de acción (arriba, a la izquierda). La acción humana tiene dos aspectos, ejecución y evaluación. La ejecución implica hacer algo. La evaluación es la comparación entre lo que ha ocurrido en el mundo y lo que queríamos que ocurriese (nuestro objetivo).

2.3. Fases de la ejecución (arriba, a la derecha). Empezamos por el principio, con el *objetivo*, el estado que se pretende alcanzar. El objetivo se refleja en una *intención* de realizar un acto. La intención debe reflejarse en un conjunto de mandos internos, una *secuencia de acción* que pueda realizarse para satisfacer la intención. La secuencia de acción sigue constituyendo un fenómeno mental: no ocurre nada hasta que se *ejecuta*, se realiza en el mundo.

2.4. Fases de la evaluación (abajo, a la izquierda). La evaluación se inicia con nuestra *percepción* del mundo. Después, esa percepción debe *interpretarse* conforme a nuestras expectativas y después compararse (*evaluarse*) tanto con respecto a nuestras intenciones (de la figura 2.3) como a nuestros objetivos.

2.5. Siete fases de la acción (abajo, a la derecha). Las fases de ejecución de la figura 2.3 (intenciones, secuencia de acción y ejecución) se acoplan a las fases de evaluación de la figura 2.4 (percepción, interpretación y evaluación), con objetivos comunes a ambas fases.



cho (nuestros objetivos e intenciones) y todos los actos físicos posibles. Tras especificar qué actos realizar, debemos realizarlos efectivamente: ésta es la fase de ejecución. En total, existen tres fases que se siguen del objetivo: intención, secuencia de acción y ejecución (figura 2.3).

El aspecto de evaluación de las cosas, la verificación de lo que ha ocurrido, tiene tres fases: en primer lugar, percibir lo que ha ocurrido en el mundo; en segundo lugar, tratar de darle un sentido (interpretarlo), y, por último, comparar lo que ha ocurrido con lo que se deseaba (figura 2.4).

Y eso es. Siete fases de acción: una respecto de los objetivos, tres respecto de la ejecución y tres respecto de la evaluación:

- Formulación del objetivo.
- Formulación de la intención.
- Especificación de la acción.
- Ejecución de la acción.
- Percepción del estado del mundo.
- Interpretación del estado del mundo.
- Evaluación del resultado.

Las siete fases constituyen un *modelo aproximado*, no una teoría psicología completa. En particular, es casi seguro que las fases no constituyen entidades discretas. La mayor parte del comportamiento no exige pasar por todas las fases en secuencia, y la mayor parte de las actividades no se satisfará con actos únicos. Debe haber muchas secuencias, y toda la actividad puede durar horas, o incluso días. Existe una onda constante de retroalimentación, en la cual se utilizan los resultados de una actividad para orientar otros resultados, en la cual los objetivos llevan a subobjetivos, las intenciones llevan a subintenciones. Existen actividades en las cuales los objetivos se olvidan, se desechan o se vuelven a formular .

En el caso de muchas tareas cotidianas, los objetivos y las intenciones no están bien especificados: son más bien oportunistas que planificados. Los actos oportunistas son aquellos en los cuales el comportamiento aprovecha las circunstancias. En lugar de lanzarse a una planificación y un análisis extensivos, la persona realiza las actividades cotidianas y los actos que se proponía si surge la oportunidad pertinente. Así, es posible que no nos desviemos de nuestro camino para ir a una tienda, o a la biblioteca, o a hacer una pregunta a un amigo. Por el contrario, podemos realizar las actividades del día y, si nos encontramos ante la tienda, cerca de la biblioteca o

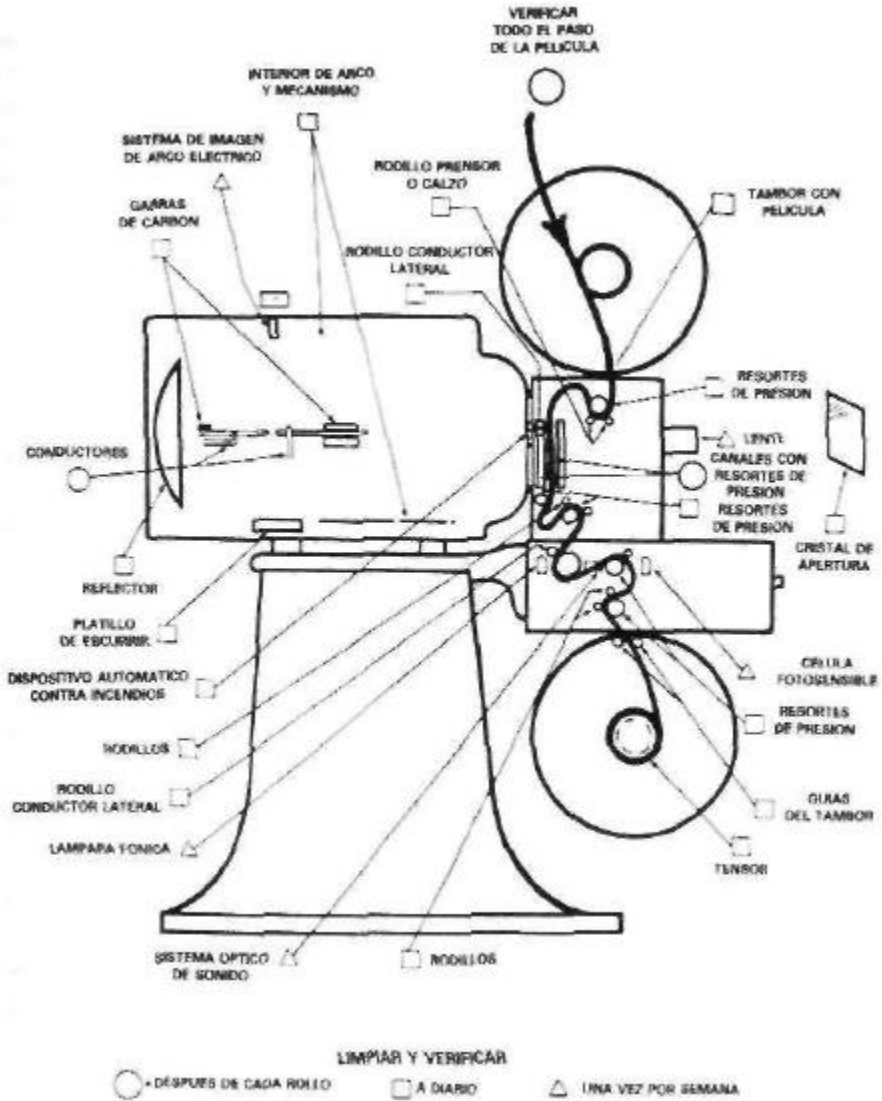
nos tropezamos con el amigo, entonces permitimos que la oportunidad desencadene la actividad pertinente. De lo contrario, la tarea sigue sin realizarse. No realizamos esfuerzos especiales para asegurarnos de que la tarea se realiza más que cuando se trata de tareas cruciales. Los actos oportunistas son menos precisos y seguros que los objetivos y las intenciones especificados, pero tienen como resultado menos esfuerzos mentales, menos incomodidad y quizá más interés.

El proceso de acción en siete fases puede iniciarse en cualquier momento. Las personas no siempre se comportan como organismos razonadores plenos y lógicos, que empiezan por unos objetivos de alto nivel y trabajan para alcanzarlos. A menudo, nuestros objetivos están mal formulados y son vagos. Es posible que reaccionemos a los acontecimientos del mundo (en lo que se califica de comportamiento impulsado por los datos), en lugar de reflexionar sobre planes y objetivos. Un acontecimiento ocurrido en el mundo puede desencadenar una interpretación y la consiguiente respuesta. Los actos pueden ejecutarse antes de que se hayan elaborado plenamente. De hecho, algunos ajustamos nuestras vidas de forma que el medio pueda controlar nuestro comportamiento. Por ejemplo, a veces cuando yo he de realizar una tarea importante, me comprometo oficial y públicamente a dejarla terminada para una fecha concreta. Así tengo la seguridad de que me recordarán mi promesa. Y después, horas antes del plazo, me pongo de verdad a trabajar y hago lo prometido. Ese tipo de comportamiento es plenamente compatible con el análisis de las siete fases.

Las lagunas de la ejecución y la evaluación

¿Recuerdan ustedes la historia del proyector de cine? Los problemas de quienes trataban de poner la película no procedían de una falta de comprensión del objetivo ni de la tarea. No se debían a que fuera algo enormemente complejo y sutil. La dificultad estribaba totalmente en determinar la relación entre los actos propuestos y los mecanismos del proyector, en la determinación de las funciones de cada uno de los mandos, en la determinación de qué manipulación específica de cada mando permitía cada función, y en la decisión, conforme a las imágenes, los sonidos, las luces y los movimientos del proyector, de si los actos propuestos se estaban realizando con éxito. Los usuarios tenían un problema con la topografía y la retroalimentación, al igual que la hubieran tenido con el proyector de la figura 2.6.

La historia del proyector no constituye sino un caso extremo de las



2.6. Colocación de la película en el proyector. La línea gruesa de la derecha indica la vía que sigue la película. Esta figura no lo dice todo, pues hay que enrollar una parte de la película con perfecta exactitud, de manera que no esté demasiado tensa ni demasiado suelta. (Tomado de *Projectionist's manual*. Departamento del Ejército y la Fuerza Aérea, mayo de 1966).

dificultades con que se tropieza en la realización de muchas tareas. En una cantidad sorprendentemente elevada de tareas cotidianas, la dificultad radica totalmente en establecer las relaciones entre las intenciones y las interpretaciones mentales y los actos y los estados físicos. Existen varias *lagunas* que separan los estados mentales de los físicos. Cada laguna refleja un aspecto de la diferencia entre las representaciones mentales de la persona y los componentes y los estados físicos del medio. Y esas lagunas plantean graves problemas a los usuarios⁸.

LA LAGUNA DE LA EJECUCIÓN

¿Aporta el sistema actos que correspondan a las intenciones de la persona? La diferencia entre las intenciones y los actos permisibles es la Laguna de la Ejecución. Una forma de medir esa laguna es la medida en la que el sistema permite a la persona realizar los actos propuestos directamente y sin esfuerzos extraordinarios. ¿Equivalen los actos previstos por el sistema a los propuestos por la persona?

Veamos el ejemplo del proyector: uno de los problemas fue resultado de la Laguna de Ejecución. La persona quería poner en marcha el proyector. Idealmente, eso sería muy sencillo. Pero, no, hacía falta una secuencia larga y compleja. No estaba claro en absoluto qué actos realizar para llevar a la práctica las intenciones de poner en marcha el proyector y mostrar la película.

Existen proyectores que se cargan solos. Estos colman muy bien la laguna. O pensemos en los vídeos (VCR). Tienen los mismos problemas mecánicos que los proyectores de películas: la cinta de vídeo tiene que enhebrarse en el mecanismo, pero la solución consiste en ocultar esa parte del sistema, en atribuir la tarea a la máquina, y no a la persona. De forma que la máquina colma la laguna. Lo único que ha de hacer el usuario es colocar el cartucho y apretar la puesta en marcha. Es una pena que las empresas de cine estén tan atrasadas. Bueno, dentro de poco no importará. Ya no habrá películas, sino únicamente cintas de vídeo.

LA LAGUNA DE LA EVALUACIÓN

¿Aporta el sistema una representación física que se pueda percibir directamente y que sea directamente interpretable en términos de las intencio-

nes y las expectativas de la persona? La Laguna de la Evaluación refleja la cantidad de esfuerzos que ha de realizar la persona para interpretar el estado físico del sistema y determinar hasta qué punto se han satisfecho las expectativas y las intenciones. La laguna es pequeña cuando el sistema aporta información acerca de su estado de una forma fácil de obtener, fácil de interpretar y que refleje la forma en que la persona concibe el sistema.

En el ejemplo del proyector de cine, también existía un problema debido a la Laguna de la Evaluación. Incluso cuando la película estaba introducida en el proyector, resultaba difícil saber si estaba bien enhebrada. Con los vídeos lo único que hace falta saber es si el cartucho está bien insertado en la máquina. Si no, por lo general, no encaja: se queda claramente fuera y se ve inmediatamente que algo no marcha bien.

Pero los vídeos tampoco son perfectos. Recuerdo a un conferenciante que puso en marcha el vídeo y dijo al público que contemplase la pantalla. No había imagen. Empezó a manipular la máquina y después pidió ayuda. Aparecieron en escena primero uno, después dos y después tres técnicos. Verificaron atentamente los enchufes, los cables que llevaban al vídeo y los circuitos. El público esperaba impaciente con risitas nerviosas. Por último, se vio cuál era el problema: el vídeo no tenía cinta. Si no había cinta, no había imagen. El problema consistía en que una vez se cerraba la portezuela del cartucho de aquel vídeo concreto, no existía una forma visible de saber si contenía cinta o no. Un mal diseño. Esa Laguna de Evaluación había fastidiado a otro usuario.

Las lagunas existen en números increíbles en muchos mecanismos. Por lo general, las dificultades no se advierten, sino que son invisibles. Los usuarios se echan la culpa a sí mismos (en el caso de cosas que creen que deberían saber cómo utilizar, como los grifos, los mandos de temperatura de las neveras, las cocinas, los aparatos de radio y de televisión) o deciden que son incapaces de manejar esos malditos artilugios (máquinas de coser, máquinas de lavar, relojes digitales, mandos digitales de aparatos electrodomésticos, vídeos, aparatos de sonido). Y eso que se trata de mecanismos que existen en la vida doméstica cotidiana. Ninguno de ellos tiene una estructura compleja, pero muchos de ellos son capaces de derrotar a unos usuarios que en todo lo demás son perfectamente competentes.

Las siete fases de la acción como elementos auxiliares del diseño

La estructura en siete fases puede constituir un valioso elemento auxiliar del diseño, pues aporta una lista básica de preguntas que se han de hacer para tener la seguridad de que se colman las Lagunas de Evaluación y Ejecución (figura 2.7).

En general, cada fase de la acción exige sus propias estrategias especiales de diseño y, a su vez, aporta su propia oportunidad de desastre-Resultaría divertido, si no resultara también tan frustrante, contemplar el mundo y analizar alegremente cada defecto-. En general, como cabe advertir en la figura 2.7, las preguntas que determinan cada fase son relativamente sencillas. Y, a su vez, se reducen a los principios del buen diseño introducidos en el capítulo 1.

¿Con qué facilidad se puede:

Determinar la función
del dispositivo?

2.7. Utilización de las siete fases para hacer preguntas sobre el diseño.

Saber qué actos son posibles?	Saber si el sistema se halla en el estado deseado?
Determinar la topografía desde la intención hasta el acto físico?	Determinar la topografía desde el estado del sistema hasta la interpretación?
Realizar el acto?	Saber en qué estado se halla el sistema?

— *Visibilidad.* Con sólo mirar, el usuario puede decir cuál es el estado del dispositivo y las opciones de acción.

— *Un buen modelo conceptual.* El diseñador proporciona al usuario un buen modelo conceptual, coherente en la exposición de las operaciones y los resultados y con una imagen del sistema coherente y pertinente.

— *Buena topografía.* Es posible determinar las relaciones entre los actos y los resultados, entre los mandos y sus efectos, y entre el estado del sistema y lo que es visible.

— *Retroalimentación.* El usuario recibe una retroalimentación completa y constante acerca de los resultados de sus actos.

Cada uno de esos aspectos presta apoyo a una o más de las siete fases de la acción. La próxima vez que no pueda uno entender inmediatamente cómo funciona el mando de la ducha en un hotel o activar una televisión o una cocina que no conoce, debe recordar que el problema se halla en el diseño. Y la próxima vez que tome uno un objeto desconocido y lo utilice con facilidad y sin esfuerzo a la primera ocasión, debe detenerse a examinarlo: la facilidad del uso no es algo accidental. Alguien diseñó ese objeto atentamente y bien.

EL CONOCIMIENTO EN LA CABEZA Y EN EL MUNDO



Un amigo mío tuvo la amabilidad de prestarme su coche. Cuando estaba a punto de salir, vi que había una nota: «debería haber mencionado que para sacar la llave del encendido hay que poner la marcha atrás». ¡Poner la marcha atrás! De no haber visto yo la nota, jamás me lo podría haber imaginado. En el coche no existía ninguna pista visible: el conocimiento necesario para hacer aquello tenía que estar en la cabeza. Si el conductor no lo sabe, la llave se quedará puesta eternamente en el encendido.

Es muy fácil demostrar el carácter erróneo del conocimiento y la memoria humanos. Un ejercicio común en las aulas de los Estados Unidos revela que los estudiantes no pueden recordar las letras que corresponden a cada número de sus teléfonos. Uno de mis estudiantes postgraduados averiguó que cuando se dan a mecanógrafas profesionales máquinas con las letras tapadas, no pueden decir cuál es su orden exacto¹. Los estudiantes estadounidenses marcan bien los teléfonos, y todas aquellas mecanógrafas sabían escribir a máquina con rapidez y bien. ¿Por qué esa evidente discrepancia entre la precisión de la conducta y la imprecisión del conocimiento? Porque no todos los conocimientos necesarios para un comportamiento preciso tienen que hallarse en la cabeza. Pueden estar distribuidos: una parte en la cabeza, una parte en el mundo y otra parte en las restricciones que impone el mundo. Un comportamiento preciso puede ser resultado de un conocimiento impreciso por cuatro motivos:

1 *IM información está en el mundo.* Gran parte de la información que necesita uno para realizar una tarea puede hallarse en el mundo. El comportamiento se determina al combinar la información en la memoria (en la cabeza) con la que está en el mundo.

2_ *No hace falta una gran precisión.* Raras veces se necesitan precisión, exactitud y totalidad de conocimiento. El comportamiento perfecto se produce si el conocimiento describe la información o el comportamiento lo bastante bien para distinguir la opción correcta de todas las demás.

3. *Existen restricciones naturales.* El mundo limita el comportamiento permisible. Las propiedades físicas de los objetos limitan las operaciones posibles: el orden en que se pueden unir las partes y las formas en que se puede mover, recoger o manipular de otro modo un objeto. Cada objeto tiene características físicas —proyecciones, depresiones, pasos de tuerca y apéndices— que limitan sus relaciones con otros objetos, las operaciones que se pueden realizar con él, las que se le puede adjuntar, etc.

4. *Existen restricciones culturales.* Además de las imposiciones naturales, físicas, la sociedad ha ido creando muchas convenciones artificiales que rigen lo que es el comportamiento social aceptable. Esas convenciones culturales se tienen que aprender, pero una vez aprendidas se aplican a una gama muy amplia de circunstancias.

Debido a esas restricciones naturales y artificiales, el número de opciones respecto de cualquier situación dada es reducido, al igual que la cantidad y la especificidad del conocimiento que debe contener la memoria humana.

En las situaciones cotidianas, el comportamiento se determina mediante la combinación de conocimientos internos y de información y restricciones externas. La gente suele aprovechar esto como cuestión rutinaria. Puede reducir al mínimo el volumen de material que debe aprender o la totalidad, la precisión, la exactitud o la profundidad del aprendizaje. La gente puede organizar deliberadamente el medio ambiente para que apoye su comportamiento. Hay personas con lesiones cerebrales que funcionan tan bien que ni siquiera sus colegas se dan cuenta de ese impedimento. Se sabe de analfabetos que han engañado a otras personas, incluso en situaciones en las cuales su trabajo presupone en principio que saben leer. Saben lo que se espera de ellos, siguen el comportamiento de sus colegas y establecen situaciones en las cuales no necesitan leer o en las que sus colegas leen en lugar de ellos.

Lo que es aplicable a estos casos extremos debe también sin duda ser

aplicable a gente normal en situaciones normales; lo único que cambia es la cantidad de confianza que se tiene en el mundo externo. Existe una compensación entre la cantidad de conocimientos mentales y la de conocimientos externos que hacen falta para la realización de tareas. La gente puede actuar de diversos modos para tener en cuenta esa compensación.

Un comportamiento preciso a partir de un conocimiento impreciso

LA INFORMACIÓN SE HALLA EN EL MUNDO

Siempre que la información necesaria para realizar una tarea se halla fácilmente disponible en el mundo, la necesidad de aprenderla se reduce. Por ejemplo, carecemos de conocimiento acerca de las monedas más corrientes, aunque las reconocemos perfectamente. Lo mismo ocurre con la mecanografía. Muchas mecanógrafas no se saben de memoria el teclado. Por lo general, cada letra está escrita en la tecla, de forma que quienes no son mecanógrafos profesionales pueden ir buscando las letras una por una, fiándose del conocimiento que se halla en el mundo y reduciendo al mínimo el tiempo necesario para el aprendizaje. El problema estriba en que esa forma de escribir a máquina es lenta y difícil. Naturalmente, con la experiencia muchos de los que no han estudiado mecanografía aprenden el lugar en que se hallan muchas de las letras del teclado, incluso sin seguir estudios al respecto, y la velocidad con que escriben a máquina aumenta mucho y supera en seguida la velocidad de la escritura a mano y en algunos casos llega a velocidades muy respetables. La visión periférica y el contacto con el teclado aportan algo de información acerca de la situación de cada tecla. Las teclas que se utilizan con más frecuencia pasan a aprenderse totalmente, la menos frecuentes no se aprenden bien y las otras se aprenden en parte. Pero mientras el mecanógrafo necesite mirar el teclado, la velocidad está limitada. El conocimiento sigue hallándose sobre todo en el mundo, y no en la cabeza.

Si alguien necesita mecanografiar grandes cantidades de material periódicamente, merece la pena hacer una inversión mayor: seguir un curso, comprar un libro o un programa interactivo de ordenador. Lo importante

es aprender la colocación exacta de los dedos en el teclado, aprender a escribir sin mirar, a sacar del mundo el conocimiento del teclado y meterlo en la cabeza. Para aprender el sistema hacen falta varias horas y para convertirse en un experto varios meses. Pero todo ese esfuerzo tiene como rendimiento un aumento de la velocidad de la escritura, una mayor exactitud y una reducción de la carga y del esfuerzo mentales en el momento de escribir a máquina.

Existe una disyuntiva entre la velocidad y la calidad del rendimiento y del esfuerzo mental. Así, cuando uno busca una dirección de una ciudad, artículos en una tienda o una casa, o trabaja con máquinas complejas, la compensación puede determinar lo que hace falta aprender. Como ya se sabe que existe información disponible en el medio ambiente, la disyuntiva que generalmente se codifica en la memoria tiene que ser lo bastante precisa para sostener la calidad de comportamiento que se desea. Ese es uno de los motivos por los que la gente puede funcionar muy bien en su **medio** ambiente y sin embargo no saber cómo describir lo que hace. Por ejemplo, una persona puede desplazarse perfectamente por una ciudad sin que pueda describir exactamente la ruta que sigue.

La gente funciona gracias a que utiliza dos tipos de conocimientos: el conocimiento *de* y el conocimiento *de como*. El conocimiento *de* —lo que los psicólogos califican de conocimiento declarativo— incluye el conocimiento de datos y de normas. «Detenerse si la luz está en rojo.» «Nueva York está en un paralelo un poco al sur de Madrid; la longitud de San Diego está al este de la Reno.» «Para sacar la llave del encendido, hay que poner la marcha atrás.» El conocimiento declarativo es fácil de escribir y de enseñar. El conocimiento *de cómo* —lo que los psicólogos califican de conocimiento del procedimiento— es el conocimiento que permite a una persona tocar un instrumento, frenar un coche sin problemas cuando se tiene un pinchazo en una carretera cubierta de hielo, devolver el servicio en el tenis o mover la lengua al pronunciar la frase «estaba un perro debajo de un carro». El conocimiento del procedimiento es difícil o imposible de escribir y difícil de enseñar. La mejor forma de enseñarlo es mediante demostraciones y la mejor forma de aprenderlo es mediante la práctica. Ni siquiera los mejores profesores saben describir habitualmente lo que están haciendo. El conocimiento del procedimiento es en gran medida subconsciente.

Por lo general es fácil obtener el conocimiento que se halla en el mundo.

Los diseñadores proporcionan un gran número de elementos auxiliares de la memoria. Un ejemplo de ello son las letras en las teclas de la máquina de escribir. Las luces y los letreros de los mandos actúan como elementos auxiliares externos de la memoria y recuerdan al usuario cuál es el objetivo y el estado del mando. El material industrial está lleno de luces de señalización, indicadores y otros recordatorios. Utilizamos mucho las notas escritas. Colocamos cosas en lugares determinados para recordar determinadas cosas. En general, la gente estructura el medio de manera que le aporte una cantidad considerable de la información necesaria para recordar algo.

Mucha gente organiza sus vidas en el mundo, creando un montón aquí y otro allá, cada uno de los cuales indica alguna actividad que realizar, o algo que se está haciendo. Probablemente todo el mundo utiliza hasta cierto punto una estrategia de ese tipo. Basta con mirar las diversas formas en que la gente estructura sus habitaciones y sus mesas de trabajo. Hay muchos estilos posibles de organización, pero la disposición física y la visibilidad de los artículos suelen comunicar información acerca de la importancia relativa. ¿Quiere uno hacerle una faena a sus amigos? Basta con hacerles un favor: ponerles en orden sus mesas de trabajo o sus habitaciones. Hay gente a la que cuando se le hace esto se le puede impedir que funcione en absoluto .

NO HACE FALTA UNA GRAN PRECISIÓN

Normalmente, la gente no necesita una información memorizada precisa. La gente sabe recordar lo suficiente para distinguir una moneda conocida de otra, aunque quizá no pueda recordar las caras, las imágenes o las palabras impresas en las monedas¹. Pero si se impone la necesidad de una memoria más precisa, el resultado es el caos. Tres países lo han redescubierto en los últimos años: los Estados Unidos cuando introdujo una nueva moneda de un dólar, la Gran Bretaña cuando introdujo la moneda de una libra y Francia cuando introdujo una nueva moneda de diez francos. La nueva moneda de dólar estadounidense se confundía con la ya existente de veinticinco centavos (el *quarter*) y la moneda británica de libra se confundía con la ya existente de cinco peniques (la moneda de una libra tiene el mismo diámetro que la de cinco peniques, pero es mucho más gruesa y más pesada). Veamos lo que sucedió en Francia:

«PARÍS...» Con gran ceremonia, el Gobierno de Francia hizo pública la nueva moneda de 10 francos (aproximadamente 200 pesetas) el 22 de octubre de 1986. El público la contempló, la pesó y empezó a confundirla a tal velocidad con la moneda de medio franco (que sólo vale aproximadamente 10 pesetas) que empezaron a llover insultos sobre el Gobierno y la moneda.

Cinco semanas después, el Ministro de Hacienda, Edouard Balladur, suspendió la circulación de la moneda. Al cabo de otras cuatro semanas, la canceló definitivamente.

Vista en retrospectiva, la decisión francesa parece tan absurda que resulta difícil entender cómo se pudo llegar a ella... Tras grandes estudios, los diseñadores presentaron una moneda de color plateado, hecha de níquel y con un dibujo modernista, del artista Joaquim Jiménez, con un gallo gálico en un lado y en el otro Marianne, el símbolo femenino de la República Francesa. La moneda era poco pesada, tenía un dentado especial en el borde para que las máquinas electrónicas de venta la leyeran con facilidad y parecía difícil de falsificar.

Pero evidentemente, los diseñadores y los burócratas se sintieron tan contentos con su creación que pasaron por alto o se negaron a aceptar el parecido de la nueva moneda con los centenares de millones de monedas de medio franco de color plateado y con una base de níquel que ya estaban en circulación... (cuyo) tamaño y peso eran peligrosamente parecidos» *.

Es probable que las confusiones se produjeran porque los usuarios de las monedas formaban representaciones en sus sistemas de memoria que sólo eran lo bastante precisas para distinguir entre las monedas que efectivamente tenían que utilizar. Una propiedad general de la memoria es que no almacenamos sino descripciones parciales de las cosas que recordar, descripciones lo bastante precisas para que funcionen en el momento en que se aprende algo, pero que quizá no funcionen más adelante, cuando también se han tenido nuevas experiencias que han entrado en la memoria. Las descripciones formadas para distinguir entre las monedas antiguas no eran lo bastante precisas para distinguir entre la nueva y por lo menos una de las antiguas °.

Supongamos que yo puedo llevar todas mis notas en un cuaderno rojo. Si es el único que tengo, puedo calificarlo sencillamente de mi cuaderno. Si compro varios cuadernos más, la descripción anterior ya no sirve. Ahora tentó que llamar al primero el pequeño o el rojo, o a veces tanto el pequeño como el rojo, lo cual me permite distinguirlo de los demás. Pero, ¿qué ocurre si compro varios cuadernos pequeños rojos? Entonces

tengo que hallar otra forma de describir el primero, lo cual incrementa la diversidad de la descripción, y en consecuencia la capacidad de ésta para discriminar entre los diversos artículos parecidos. Las descripciones no tienen que discriminar más que entre las opciones a mi alcance, pero es posible que lo que sirve para una cosa no sirva para otra .

LA FUERZA DE LAS IMPOSICIONES

En los viejos tiempos de la tradición oral (c incluso hoy en algunas culturas), había artistas que se desplazaban de un lugar a otro para recitar poemas épicos de miles de versos. ¿Cómo lo lograban? ¿Es que hay gente que retiene enormes cantidades de conocimiento en la cabeza? En realidad, no. Lo que ocurre es que existen unas restricciones externas que ejercen un gran control sobre la opción permisible de palabras, lo cual reduce mucho la carga para la memoria.

Veamos las restricciones a la rima. Si desea uno rimar una palabra con otra, puede haber de diez a veinte opciones. Pero si se necesita una palabra con un significado concreto que rime con otra, por lo general no hay candidatos en absoluto. Y si los hay, en la mayor parte de los casos sólo hay uno. La combinación de las dos restricciones de rima y significado puede, pues, reducir a la nada la información acerca de la palabra determinada que se debe recordar; mientras se conozcan esas limitaciones, la elección de la palabra puede estar totalmente determinada. El aprendizaje de un material como es la poesía se ve muy ayudado por restricciones de ese tipo, que actúan sobre el esquema general del tipo de poema, metro y tema.

Veamos un ejemplo. Pienso en tres palabras: una de ellas significa «un adjetivo» la segunda es «el nombre de una actividad rural», y la tercera es «una unidad de tiempo». ¿En qué palabras pienso? Aunque probablemente pueda uno pensar en tres palabras que corresponden a esas descripciones, no es probable que sean las mismas tres en las que pienso yo. Sencillamente no existen suficientes limitaciones.

Ahora veamos una segunda tarea, esta vez en busca de palabras que rimen. Pienso en tres palabras: una de ellas rima con «correo», la segunda con «el segundo mes» y la tercera con «paño». ¿En qué palabras estoy pensando?

Supongamos que ahora digo que las palabras que busco son las mismas en ambas

tareas. ¿Que' palabra significa un adjetivo y rima con «correo»? ¿Qué palabra es el nombre de una profesión rural y rima con «el segundo mes»? Y, ¿qué palabra es una unidad de tiempo y rima con «paño»? Ahora se ha simplificado la tarea: la especificación conjunta de las palabras limita totalmente la selección.

En el laboratorio de psicología los asistentes casi nunca daban los significados y las rimas correctos de las dos primeras tareas, pero respondían correctamente «feo», «carretero», «año» en la tarea combinada .

El estudio clásico de la memoria respecto de la poesía épica fue el que hizo Albert Bates Lord. Fue a Yugoslavia en busca de gente que seguía todavía la tradición oral. Demostró que el «narrador de historias», la persona que se aprende poemas épicos y va recitándolos de aldea en aldea en realidad los recrea, y compone poesía improvisada de tal forma que obedezca al ritmo, el tema, el argumento, la estructura y otras características del poema. Se trata de una hazaña prodigiosa, pero no es un ejemplo de aprendizaje de memoria. Más bien, la práctica demuestra la inmensa fuerza de las múltiples restricciones que permiten al narrador escuchai una vez la larga narración que hace otro y después (al cabo de unas horas o un día) aparentemente recitar «el mismo poema, palabra por palabra y verso por verso»⁸. De hecho, como señala Lord, el original y el nuevo recitado no son los mismos palabra por palabra. Pero el oyente los percibiría como sí fueran los mismos, aunque la segunda versión fuera el doble de larga que la primera. Son los mismos en los sentidos que importan al oyente: cuentan la misma historia, expresan las mismas ideas, siguen el mismo metro y la misma rima. Son los mismos en todos los sentidos que importan para la cultura. Lord demuestra precisamente cómo se combina la capacidad para memorizar la poesía, el tema y el estilo con las estructuras culturales en lo que él califica de fórmula para producir un poema apropiado, percibido como idéntico a recitados anteriores. La idea de que alguien debe ser capaz de recitar algo literalmente es relativamente moderna. Esa idea sólo se puede sostener a partir de la existencia de textos impresos; de otro modo, ¿quién puede juzgar la exactitud de un recitado? Y lo que quizá sea más importante, ¿a quién le importaría? Todo esto no significa minimizar la hazaña. El aprender y recitar un poema épico como la *Odisea* o la *Iliada* de Homero es evidentemente algo muy difícil aunque el recitador los esté recreando: la versión escrita tiene 27.000 versos⁹.

Casi ninguno de nosotros aprende poemas épicos. Pero sí utilizamos fuertes restricciones que sirven para simplificar lo que debe retenerse en la memoria. Veamos un ejemplo totalmente distinto: desmontar y volver a montar un artefacto mecánico. Entre las cosas típicas de la casa que una persona atrevida podría tratar de reparar figuran una cerradura, una tostadora y una lavadora. Es probable que el mecanismo tenga docenas de piezas. ¿Qué es lo que hay que recordar para volver a colocar las piezas en el orden adecuado? No tanto como parece un análisis inicial. En el caso extremo, si hay diez piezas existen 10! (10 factorial: $10 \times 9 \times 8 \dots$) formas distintas en las que volver a montarlas: poco más de 3,5 millones de opciones. Pero nunca se pueden producir todas las ordenaciones posibles: la forma de ordenar las piezas está limitada por una serie de elementos físicos. Algunas deben montarse antes de que resulte ni siquiera posible montar las otras. Hay elementos físicos que impiden físicamente encajar unas piezas en los espacios reservados para otras: los tornillos deben entrar en agujeros del diámetro y la profundidad idóneos; las tuercas y las arandelas deben ir aparcadas siempre con tornillos y husillos de los tamaños adecuados; y siempre hay que meter el tornillo antes que la tuerca. Existen incluso limitaciones culturales: para apretar un tornillo lo giramos hacia la derecha y para aflojarlo hacia la izquierda; las cabezas de los tornillos tienden a estar en la parte visible (la delantera o la superior) de una pieza, las tuercas en la parte menos visible (en el fondo, a un lado o en el interior) de una pieza; los pernos de madera y los maquinados son visiblemente diferentes y se insertan en tipos diferentes de materiales. Al final, el número aparentemente enorme de decisiones se reduce sólo a unas cuantas opciones que se deberían haber aprendido o señalado al desmontar el artefacto. A menudo, las restricciones en sí mismas no bastan para determinar la forma adecuada de volver a montar el artefacto —se cometen errores—, pero las restricciones reducen lo que debe aprenderse a un volumen razonable.

La memoria es conocimiento que se halla en la cabeza

¿Recuerdan el cuento de «Alí Baba y los cuarenta ladrones»? Alí Baba descubrió la consigna que abría la cueva de los ladrones. Su cuñado, Kasim, lo obligó a revelar el secreto. Después, Kasim fue a la cueva.

«Cuando llegó a la entrada de la cueva, pronunció las palabras "¡Ábrete. Sésamo!"

La puerta se abrió inmediatamente y cuando entró se cerró tras él. Cuando examinó la cueva se sintió muy asombrado al encontrar muchas más riquezas de lo que esperaba por lo que le había dicho Alí Baba. Rápidamente cargó a la puerta de la cueva todos los sacos de oro que podían llevar sus diez muías, pero ahora no podía pensar más que en la enorme riqueza que podía poseer, de forma que no se le ocurrían las palabras necesarias para que se abriera la puerta. En lugar de "¡Ábrete, Sésamo!", dijo "¡Ábrete, cebada!" y se sintió muy sorprendido al ver que la puerta seguía cerrada. Invocó varios tipos de cereales, pero la puerta seguía sin abrirse.

Kasim nunca había previsto un incidente así y se sintió tan alarmado ante el peligro en que se hallaba que cuanto más trataba de recordar la palabra "Sésamo", más se le confundía la memoria, y prácticamente la olvidó, como si jamás la hubiera oído mencionar.»

Kasim no logró salir. Los ladrones regresaron, le cortaron la cabeza y descuartizaron su cadáver (.

LA CONSPIRACIÓN CONTRA LA MEMORIA

A la mayoría de nosotros no nos van a cortar la cabeza si no logramos recordar una clave secreta, pero el recordar algo puede resultar muy difícil. Una cosa es tener que recordar uno o dos secretos: una clave, una cosigna o el secreto para abrir una puerta. Pero cuando el número de claves secretas resulta demasiado grande, la memoria falla. Parece existir una conspiración calculada para destruir nuestra cordura mediante una sobrecarga de la memoria. Veamos lo que se nos pide que recordemos en nuestro mundo «sencillo». Una simple búsqueda en mi propia cartera revela lo siguiente:

— Códigos postales que van en los Estados Unidos de los «breves» de cinco dígitos, a los «largos» de nueve. La memoria humana no puede retener con facilidad, a corto plazo, más que un número de cinco a siete dígitos, pero en este caso se me pide que utilice nueve. Tengo que recordar el código postal de mi casa, el de mi trabajo, los de mis padres y de mis hijos, los de mis amigos y los de toda la gente con la que sostengo una correspondencia regular. Códigos estadounidenses, como 92014-6207; códigos británicos como WC1N3BG; códigos canadienses, como M6P2V8. 'iodo ello para que funcionen bien las máquinas v

pese a que las direcciones son perfectamente sensatas, y por lo general nada ambiguas. Pero a las máquinas les resulta difícil leer las direcciones, mientras que les resulta fácil enfrentarse a códigos postales.

— Números de teléfono, a veces con indicativos de zona y extensiones. Un número de siete dígitos pasa a ser de diez cuando se le añade el indicativo de zona, y de catorce cuando existe una extensión de cuatro dígitos. Códigos internacionales, con el del país y el de la ciudad, o sea, más dígitos. ¿Cuántos números de teléfono tengo que conocer? Más de los que desearía tener ni siquiera en cuenta. Todos mis contactos personales. Números de información, la hora y el tiempo; el número especial para casos de urgencia. Y no se me debe olvidar que he de marcar el 9 (o, en algunos casos, el 8), de forma que la llamada salga de la institución o de la empresa en la que me hallo.

— Números de acceso para las tarjetas de teléfono oficiales, de forma que cuando llamo en conferencia desde la universidad, puedo hacer que sea la cuenta idónea la que pague la factura: un número de cinco dígitos para cada cuenta (y tengo cuatro). Me han dicho que no debo revelar esos números a nadie. Hay que mantenerlos en secreto.

— Números de acceso para mis tarjetas de crédito telefónicas, de forma que al viajar puedo hacer que la factura se atribuya automáticamente al teléfono de mi casa. Las claves consisten en el teléfono de mi casa más cuatro números secretos. Los dígitos secretos ni siquiera están impresos en la tarjeta: hay que recordarlos y destruirlos. Pero tengo seis de esas tarjetas (dos para los teléfonos de casa y cuatro cuentas diferentes de la universidad). Si quiero llamar a algún lugar lejano desde un hotel con una de mis tarjetas de crédito de teléfonos, tengo que marcar nada menos que 36 dígitos.

— Números secretos de los cajeros automáticos, esas máquinas tan inteligentes que le permiten a uno introducir una tarjeta, marcar el número secreto y sacar dinero. Dos cuentas bancarias, dos números secretos. No hay que escribirlos, porque podría verlos un ladrón. Hay que recordar. Y recordar.

— Números secretos de mis cuentas de ordenador: no puedo dejar que nadie robe mis valiosos datos, o quizá cambie las notas de sus exámenes, o vea cuáles son las preguntas para esos exámenes. Se nos dice que la clave debe tener por lo menos seis letras, Y nada de palabras: es muy fácil que alguien descubra una palabra; hay que hacer algo que no tenga sentido (yo hago trampa y hago que todas mis cuentas de computadora utilicen la misma clave).

— Número del carnet de conducir. Una vez pasé una temporada en Texas y no lograba hacer nada si no tenía el número de mi carnet de conducir: no podía pagar lo que compraba en el supermercado ni la cuenta del teléfono, ni siquiera abrir una cuenta bancaria. Se trataba de una letra y siete dígitos. Otros estados tienen números más largos.

- Números de la seguridad social mía, de mi mujer y de mis hijos. Nueve dígitos cada uno.
- Números de pasaportes, una vez más los de toda mi familia.
- Mi número en la empresa.
- Las matrículas de nuestros coches.
- Cumpleaños.
- Edades.
- Tallas de las prendas de vestir.
- Direcciones.
- Números de las tarjetas de crédito.
- Tonterías y estupideces.

Son muchísimos los números clave que mantener secretos. Según parece, por todas partes se ciernen ladrones que están esperando a que escriba mi número o mi palabra secretos, contemplando nerviosos cómo hago una llamada telefónica contra mi cuenta o compro algo con mi tarjeta de crédito. No hay forma de que yo pueda aprenderme todos esos números. Y, de todos modos, no hacen más que cambiar, algunos de ellos una vez al año. Me cuesta trabajo hasta recordar qué edad tengo: también cambia una vez al año (veamos rápido: ¿cuál era la palabra mágica que trataba de recordar Kasim para abrir la puerta de la cueva?).

¿Cómo podemos recordar tantas cosas? Casi ninguno de nosotros lo logra, ni siquiera aunque utilice la mnemotecnia para dotar de algún sentido a un material que no lo tiene. Los libros y los cursos sobre cómo mejorar la memoria pueden servir de algo, pero los métodos son laboriosos de aprender y requieren una práctica constante para retenerlos. Por eso colocamos la memoria en el mundo, anotamos cosas en libros, en pedazos de papel, incluso en el dorso de la mano. Pero lo disimulamos para frustrar a los posibles ladrones. Ello crea otro problema: ¿cómo ocultar las cosas, cómo esconderlas, cómo recordar dónde y cómo las escondimos u ocultamos? Bien, éstos son los problemas de la memoria.

¿Dónde esconder algo para que no lo pueda encontrar nadie? En sitios difíciles, ¿no? El dinero se oculta en el congelador, las joyas en el botiquín o en unos zapatos en el armario. La llave de la puerta principal se esconde bajo el felpudo o justo debajo de la ventana. La llave del coche debajo del parachoques. Las cartas de amor en un jarrón de flores. El problema estriba en que no hay tantos sitios difíciles en una casa. Uno quizá no recuerde dónde están las cartas de amor o las llaves, pero el ladrón sí. Dos psicólogos que estudiaron esta cuestión describieron así el problema:

«A menudo existe una lógica en la elección de lugares improbables. Por ejemplo, a una amiga nuestra la compañía de seguros le exigió que comprase una caja fuerte si quería asegurar sus joyas. Al reconocer que podía olvidarse de la combinación de la caja, pensó cuidadosamente dónde esconder esa combinación. La solución consistió en escribirla en la agenda bajo la letra C, al lado de «Sres. Caja», como si fuera un número de teléfono. Ello tiene una lógica evidente: poner la información numérica con el resto de la información numérica. Sin embargo, se sintió horrorizada al ver cómo un ex ladrón contaba en la televisión que cuando se encontraba con una caja fuerte, siempre iba a buscar la agenda, porque ahí es donde mucha gente guarda la combinación.» "

El tener que recordar todos esos números equivale a una tiranía inconsciente. Ya ha llegado la hora de rebelarse.

LA ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

«Diga en voz alta los números 1, 7, 4, 2, 8. Después, sin volver a mirar, repítalos. Vuelva a intentarlo, si es necesario, quizá con los ojos cerrados, a fin de "escuchar" mejor el sonido que ha dejado el eco en la actividad mental. Haga usted que alguien le lea una frase al azar. ¿Qué decía? La memoria de lo que acaba de ocurrir está disponible de forma inmediata, clara y completa, sin un esfuerzo mental.

¿Qué cenó usted hace tres días? Ahora la sensación es diferente. Hace falta tiempo para recuperar la respuesta, que no constituye un recuerdo tan claro ni tan completo como lo de lo recién ocurrido, y es probable que esa recuperación exija un esfuerzo mental considerable. La recuperación del pasado es diferente de la recuperación de lo recién ocurrido. Hace falta un esfuerzo mayor, y el resultado es menos claro. De hecho, no hace falta que el "pasado" date de hace tanto tiempo. Sin mirar atrás, ¿qué números eran los citados más arriba? Para algunos eso ya requiere un cierto tiempo y esfuerzo.»

Los psicólogos distinguen entre dos tipos principales de memoria: la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo (en abreviatura, MCP y MLP, respectivamente). Son muy diferentes. La memoria a corto plazo es la de lo recién ocurrido. La información se retiene en ella de forma automática y se recupera sin esfuerzo; pero el volumen de información que se puede retener así es muy limitado. El límite de la MCP oscila

alrededor de siete cosas, mientras que el número asciende a diez o doce si la persona de que se trate también ensaye y repita mentalmente las cosas que tiene que recordar. La memoria a corto plazo es inapreciable en la realización de las tareas cotidianas, al permitirnos recordar palabras, nombres, frases y partes de tareas. Actúa como memoria de trabajo o temporal. Pero la memoria es muy frágil. Basta con que cualquier otra actividad lo distraiga a uno y, ¡zas!, desaparece lo que había en la MCP. Esta puede retener un código postal de cinco dígitos o un número de teléfono de siete dígitos desde el momento en que se los consulta hasta el momento en que se utilizan, siempre que no intervenga ningún elemento de distracción. Los números de nueve o diez dígitos plantean problemas, y cuando ese número empieza a ser superior, hay que dejarlo. Vale más la pena escribirlo. O dividir el número en varios segmentos más cortos.

La memoria a largo plazo es la memoria del pasado. Por lo general, hace falta tiempo para depositar cosas en la MLP y un cierto tiempo y esfuerzo para volverlas a extraer. Así es como mantenemos nuestra experiencia, no como un registro exacto de los acontecimientos, sino tal como éstos se interpretan mediante nuestra comprensión de ellos, a reserva de todas las deformaciones y los cambios que impone el mecanismo explicativo humano a la vida. La medida en que podremos alguna vez recuperar experiencias y conocimientos de la MLP depende mucho de cómo se interpreta el material en primer lugar. Es probable que lo que se deja almacenado en la MLP conforme a una interpretación no se pueda recuperar más adelante cuando se busca bajo otra interpretación. En cuanto a lo amplia que es la memoria, no hay nadie que lo sepa en realidad: probablemente de miles de millones de cosas. Un científico experto en la materia calcula que la capacidad es de mil millones (10^9) de bits, o sea, aproximadamente 100 millones (10^8) de cosas³. Cualesquiera sean las dimensiones, son tan amplias que no imponen un límite práctico. La dificultad con la MLP es de organización —la de introducir el material e imaginar cómo recuperarlo—, y no de capacidad. El almacenamiento y la recuperación resultan más fáciles cuando el material tiene sentido, cuando encaja en lo que ya se conoce. Cuando el material no tiene sentido, habrá que trabajar en él, estructurarlo e interpretarlo, hasta que por fin se pueda retener.

La memoria humana consiste fundamentalmente en conocimientos que se hallan en la cabeza, o conocimientos internos. Si examinamos cómo

utiliza la gente la memoria y cómo recupera la información, descubrimos varias categorías. En este caso hay tres que nos resultan importantes:

1. *Memoria de cosas arbitrarias.* Las cosas que retener parecen arbitrarias, sin significado y sin una relación especial entre sí ni con cosas ya sabidas.
2. *Memoria de relaciones significativas.* Las cosas que retener forman relaciones significativas consigo mismas o con otras cosas ya sabidas.
3. *Memoria mediante explicación.* No hace falta retener el material, que se puede derivar de algún mecanismo explicativo.

MEMORIA DE COSAS ARBITRARIAS

Los conocimientos arbitrarios se pueden clasificar como el simple recuerdo de lo que se ha de hacer, sin recurrir a una comprensión del porqué ni a la estructura interna. Así fue como aprendimos el alfabeto y cómo atarnos los cordones de los zapatos. Así fue incluso como aprendimos las tablas de multiplicación, que 3 por 2 son 6, aunque a ese respecto podríamos remitirnos a una estructura externa. Así es como se espera de nosotros que aprendamos códigos arbitrarios para manejar ese sistema telefónico moderno malparado. Así es como nos vemos obligados a aprender muchos procedimientos que exige la tecnología moderna: «para poner en marcha el programa, póngase la disquette blanda en la marcha A, escriba *ALT MODE, CONTROLSHIFT-X, DELETE*». Se trata de un aprendizaje de memoria, que es la maldición de la existencia moderna.

El aprendizaje de memoria crea problemas. En primer lugar, como lo que se aprende es arbitrario, el aprendizaje resulta difícil: puede exigir un tiempo y un esfuerzo considerables. En segundo lugar, cuando surge un problema, la secuencia memorizada de actos no aporta ninguna sugerencia acerca de lo que ha salido mal, de lo que habría que hacer para resolver el problema. Aunque algunas cosas conviene aprenderlas de memoria (por ejemplo, las letras del alfabeto), en la mayor parte de los casos no es así. Por desgracia, el aprendizaje de memoria sigue constituyendo el método dominante de instrucción de muchos sistemas docentes, e incluso de gran parte de la enseñanza de adultos. Así es como se enseña a alguna gente a utilizar los ordenadores o a cocinar. Así es como hemos de aprender a utilizar algunos de los artilugios nuevos (y mal diseñados) de nuestra tecnología.

La mayor parte de los psicólogos aducirían que en realidad no es posible aprender asociaciones ni secuencias arbitrarias. Incluso cuando parece que no existe una estructura, la gente se organiza una estructura artificial y por lo general bastante insatisfactoria, y por eso se aprenden tan mal las cosas. Para nuestros fines, no importa que el aprendizaje arbitrario sea imposible o sencillamente muy difícil, pues el resultado final es el mismo: no es la mejor forma de actuar, si es que existe algún tipo de opción al respecto. Así, al enseñar el alfabeto tratamos de darle un ritmo, y utilizamos las restricciones naturales de la rima y el metro para simplificar la carga de la memoria. Lo más probable es que quienes han aprendido de memoria a utilizar ordenadores o a cocinar no lo hagan muy bien. Como no comprenden los motivos de sus actos, tienen que considerar que esas tareas son arbitrarias y extrañas. Cuando algo sale mal, no saben que hacer (salvo que hayan aprendido soluciones de memoria). Aunque a veces el aprendizaje de memoria es necesario o eficiente —de forma que los procedimientos de emergencia de actividades como las de los pilotos de aviones militares de propulsión a chorro se realizan rápida y automáticamente cuando es necesario—, por lo general es de los más insatisfactorio.

MEMORIA DE RELACIONES SIGNIFICATIVAS

La mayor parte de las cosas del mundo tienen una estructura sensata, lo cual simplifica enormemente la tarea de la memoria. Cuando las cosas tienen sentido, corresponden a conocimientos que ya tenemos, de forma que el nuevo material se puede comprender, intepretar e integrar con un material adquirido anteriormente. Ahora podemos utilizar normas y limitaciones para comprender qué es lo que va con qué. Una estructura significativa puede organizar lo que aparentemente consiste en caos y arbitrariedad.

¿Recordamos los comentarios acerca de los modelos mentales, del capítulo 2? Parte de la fuerza de un buen modelo mental se halla en su capacidad para dar sentido a las cosas. Contemplemos un ejemplo para ver cómo una interpretación significativa transforma en natural una tarea aparentemente arbitraria. Obsérvese que al principio la interpretación correcta puede no aparecer evidente; también ella es conocimiento y ha de descubrirse.

A un colega japonés, llamémoslo Sr. Tanaka, le resultaba difícil recordar cómo utilizar la señal de intermitente del lado izquierdo del manillar de la motocicleta. Si movía el mando adelante, señalaba que iba a girar a la derecha, y si lo movía hacia atrás, que iba a girar a la izquierda. El significado del mando era claro y evidente, pero la dirección en la cual debería adelantarse no lo era. Tanaka pensaba que como el mando estaba en el puño izquierdo, al llevarlo adelante señalaría que giraba a la izquierda. Es decir, trataba de establecer una topografía de sus actos: «empujar el mando izquierdo adelante» para que significara la intención de «girar a la izquierda», y se equivocaba. El resultado es que le resultaba difícil recordar qué dirección del mando debería utilizarse para qué dirección del giro. La mayor parte de las motocicletas tienen un mando de intermitentes que está montado de forma diferente y se rota 90^l, de forma que si se mueve hacia la izquierda se indica el giro a la izquierda y si se mueve a la derecha el giro a la derecha. Esta topografía es fácil de aprender (es una topografía natural). Pero el mando de los intermitentes de la motocicleta de Tanaka se desplazaba adelante y atrás, y no a la izquierda y la derecha. ¿Cómo aprenderlo?

El Sr. Tanaka resolvió el problema mediante una reinterpretación del acto. Veamos cómo gira el manillar de la motocicleta. Para girar a la izquierda, el puño de la izquierda se echa atrás. Para girar a la derecha, el puño de la izquierda se mueve hacia adelante. Los movimientos del mando eran exactamente iguales a los del manillar. Si la tarea se reconceptualiza como señal de la dirección del movimiento de los puños, en lugar de la dirección de la motocicleta, puede interpretarse que el movimiento del mando imita el que se desea; por fin disponemos de una topografía natural. Al principio, el movimiento del mando parecía arbitrario, indirecto y difícil de recordar. Con la interpretación idónea, el movimiento del mando es directo y lógico, y, en consecuencia, resulta fácil de aprender y de utilizar. Es posible que sea indispensable una relación significativa, pero hay que disponer de la correcta

Al no disponer de una interpretación correcta, al Sr. Tanaka le resultaba difícil recordar las direcciones del mando. Al sí disponer de ella, tanto el recuerdo como la realización de la tarea pasan a convertirse en cosas triviales. Obsérvese que la interpretación de Tanaka del movimiento del mando no *explicaba* nada. Simplemente le permitía relacionar la dirección correcta en la cual mover el mando con la dirección en la cual hacía girar a la motocicleta. La interpretación es algo esencial, pero no debe confundirse con la comprensión.

MEMORIA MEDIANTE EXPLICACIÓN

Ahora llegamos a una forma diferente y más potente de la memoria interna: la comprensión. Las personas son seres explicativos, como ya mostré en el capítulo 2. Las explicaciones y las intepretaciones de los acontecimientos son fundamentales para la actuación humana, tanto en la comprensión del mundo como en el aprendizaje y el recuerdo. En este aspecto, los modelos mentales desempeñan un papel importante. Los modelos mentales simplifican el aprendizaje, debido en parte a que los detalles del comportamiento necesario se pueden derivar cuando se necesitan. Pueden ser inapreciables para hacer frente a situaciones imprevistas. Obsérvese que el empleo de modelos mentales para recordar (en este caso, para obtener) el comportamiento no es lo ideal para tareas que deban realizarse rápida y fácilmente. La obtención lleva tiempo y exige recursos mentales, y es posible que no se disponga de ninguna de esas cosas en casos de incidentes críticos. Los modelos mentales permiten a la gente obtener el comportamiento adecuado para situaciones que no se recuerdan (o con las cuales nunca se ha tropezado antes). Es probable que la gente construya modelos mentales de la mayor parte de las cosas que hace. Por eso los diseñadores deben facilitar a los usuarios unos modelos adecuados: cuando no se facilitan, es probable que la gente utilice unos modelos inadecuados ¹⁵.

La máquina de coser constituye un buen ejemplo de la fuerza de un modelo mental. Una máquina de coser es un animal misterioso, que logra enhebrar el hilo alto pasando por otro más bajo, aunque cada uno de ellos siempre está conectado a su carrete o su bobina, respectivamente. El modelo mental tiene que explicar cómo es que el hilo de arriba pasa por el material que se está cosiendo, se hunde bajo la placa del tablero y después se vuelve a enhebrar abajo.

Resulta que el modelo adecuado es algo como lo que sigue: véase la bobina de abajo sostenida suavemente en la máquina por una especie de taza de lados curvados. La taza mantiene estable la bobina y le permite rolar de forma que se pueda rebobinar el hilo. Pero la taza está lo bastante suelta para que el hilo de arriba pueda entrar en la taza y enrollarse en la bobina, y en consecuencia en torno al hilo de abajo. Cuando la aguja de arriba pasa por el material y bajo la taza, un garfio giratorio ase el hilo y lo guía entre la parte inferior de la taza y la exterior de la caja de la bobina. Ello sirve para explicar por qué la máquina no funciona bien si la bobina

está deformada, aunque parezca estar bien y el hilo de abajo se desenrolle bien. Explica por qué si hay suciedad en la bobina o en la laza todo se enreda y por qué algunos tipos de hilo para la parte de arriba pueden causar más problemas que otros (un hilo superior grueso, especialmente si es rugoso o pegajoso, no podría enrollarse fácilmente en torno a la bobina).

Para hablar con franqueza, no sé si todo lo que he dicho acerca de los fallos de las bobinas es correcto. He derivado cada ejemplo de mi modelo mental de una máquina de coser. Yo no sé coser. Pero cuando Naomi Miyake hizo la investigación para su tesis doctoral en mi laboratorio, estudió la forma en que la gente comprendía la costura y las máquinas. El resultado fue doble: una magnífica investigación por su parte y un modelo mental por la mía. De forma que ahora puedo derivar lo que ocurriría, aunque nunca me haya ocurrido a mí.

La fuerza de los modelos mentales reside en que le permiten a uno imaginar lo que ocurriría en situaciones nuevas. O, si de hecho está uno realizando una tarea y se plantea un problema, le permiten a uno entender lo que está pasando. Si el modelo es equivocado, entonces uno también se equivoca, ¿tengo razón en lo que digo acerca de la máquina de coser? Decida usted: vaya en busca de una.

Cuando se corrió la noticia de que yo andaba reuniendo ejemplos de peculiaridades de diseño, un amigo me dijo lo siguiente acerca del techo corredizo de su nuevo coche, un Audi. En principio, si no está conectado el encendido, no se puede mover el techo. Sin embargo, un mecánico explicó que se puede cerrar el techo aunque no esté la llave en el encendido si se ponen las luces y después: 1) se echa hacia atrás el intermitente (lo cual normalmente pone las luces largas) y 2) se pulsa el mando del techo móvil.

Mi amigo dijo que Audi había tenido una buena idea al crear esa alternativa a la llave del encendido en el caso de que estuviera abierto el techo cuando empezara a llover. Se podía cerrar aunque no se tuviera la llave. Pero ambos nos preguntamos por qué era tan extraña aquella secuencia.

Escéptico como siempre, pedí que me enseñara el manual del coche. El manual era explícito: «no se puede correr el techo si no está la llave en el encendido». En el comentario acerca de las ventanillas automáticas figuraba la misma explicación. El modelo mental de mi amigo era funcional: explicaba por qué querría uno disponer de esa posibilidad, pero no cómo funcionaba. Si ese elemento era tan deseable, ¿por qué no se mencionaba en el manual?

Buscamos otra explicación. Quizá no constituyera un elemento del diseño, después

de todo. Quizá fuera algo accidental. Quizó al encender las luces y girar el mando se conectaba la electricidad del coche, aunque la llave del encendido no estuviera puesta. Ello permitiría que funcionara el techo corredizo, pero únicamente como producto secundario de la forma en que estaban cableados los faros.

Este modelo era más específico. Explicaba lo que ocurría y nos permitía predecir que todos los elementos eléctricos deberían funcionar. Entonces lo comprobamos. Al apretar el mando de las luces sin encender el coche no se encendían los faros principales, sólo los de aparcamiento. Pero cuando también se manejaba el intermitente, los faros principales se encendían, aunque la llave no estaba en el encendido. Si se tiraba del segundo mando, el techo corredizo se podía abrir o cerrar. Las ventanas se abrían y se cerraban. El ventilador del sistema de calefacción funcionaba. La radio también. Se trataba de un modelo mental eficaz. Ahora podíamos comprender mejor lo que ocurría, predecir nuevos resultados y recordar con más facilidad el extraño conjunto de operaciones necesarias para la tarea.

La memoria también es conocimiento que se halla en el mundo

Como ya hemos visto, el conocimiento que se halla en el mundo, el conocimiento externo, puede ser muy apreciable. Pero también tiene sus problemas. Para empezar, sólo está disponible cuando se halla uno allí, en la situación adecuada. Cuando se halla uno en otro lugar, o si entre tanto ha cambiado el mundo, el conocimiento desaparece. Los elementos auxiliares críticos de la memoria que aporta la información externa no se hallan presentes, de forma que quizá no se recuerde la tarea o la cosa. Hay un dicho que representa esta situación: *«Ojos que no ven, corazón que no siente»*.

RECORDATORIOS

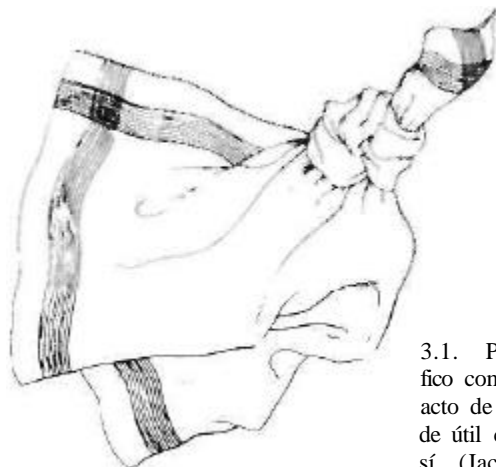
Uno de los aspectos más importantes e interesantes de la función de la memoria externa es el de los recordatorios, que constituyen un buen ejemplo de la interrelación entre el conocimiento que se halla en la cabeza y el que se halla en el mundo. Supongamos que una familia vecina le pide a uno que la lleve al aeropuerto. Se ponen de acuerdo para que uno los

lleve el sábado siguiente a las 15.30 horas. Ahora el conocimiento se halla en la cabeza, pero, ¿cómo va uno a recordarlo a la hora necesaria? Necesitará algo que se lo recuerde. Existen muchas estrategias para recordar. Una consiste sencillamente en mantener la información en la cabeza. Si se trata de algo lo bastante importante, puede uno contar con que le vendrá a la cabeza reiteradas veces —lo que los psicólogos califican de ensayo—, de forma que puede uno limitarse a suponer que no habrá ninguna dificultad para recordar cuándo tiene que salir el sábado. Puede mantener la información en la cabeza, especialmente cuando se trata de algo de gran importancia personal: por ejemplo, que alguien toma el avión para hacer el primer viaje de su vida a París. No le costará ningún trabajo recordarlo. Pero, por lo general, el mantener el conocimiento en la cabeza no es una buena técnica para recordar.

Supongamos que se trata de algo que no tiene importancia personal, para lo que faltan varios días, y que lleva uno una vida muy ocupada. Entonces, es mejor traspasar parte de la carga del recuerdo al mundo externo. En esos casos es cuando se utilizan notas, o agendas de bolsillo o de mesa, o relojes electrónicos cuya alarma se puede poner para el día y la fecha. O puede uno pedirle a un amigo que se lo recuerde. Quienes tienen secretarías traspasan la carga a éstas. Ellas, a su vez, redactan notas, apuntan el caso en agendas o ponen una alarma en el ordenador (si está lo bastante bien diseñado como para que puedan imaginarse la forma de hacerlo). Un buen método de recordatorio consiste en atribuir la carga a la propia cosa. ¿Mis vecinos quieren que los lleve al aeropuerto? Estupendo, pero tendrá que telefonarme la noche antes y recordármelo. ¿Quiero recordar que tengo que llevar un libro a la universidad para dárselo a un colega? Pongo el libro en un sitio donde no puedo dejar de verlo al salir de casa. Un buen sitio es delante de la puerta principal. No puedo salir sin tropezar con el libro. Estoy en casa de un amigo y pido prestado un documento o un libro, y para recordar que tengo que llevármelo, le pongo las llaves del coche encima. Después, al salir, lo recuerdo. Aunque se me olvide y salga al coche no puedo irme sin las llaves.

Los recordatorios tienen dos aspectos diferentes: la señal y el mensaje. Igual que al realizar un acto podemos distinguir entre saber lo que se puede hacer y saber cómo hacerlo, para recordar hemos de distinguir entre saber que es necesario recordar algo y recordar de qué se trata. Los mecanismos de recordatorio más populares no aportan

sino uno de esos dos aspectos críticos. Cosas muy populares como «ponerse el anillo del revés» en el dedo no apartan sino la señal. No dan una pista de que' es lo que se ha de recordar. El redactar una nota no aporta sino el mensaje, no recuerda a uno que tiene que mirarlo (el hacer un nudo en el pañuelo —el artefacto de Carelman en la figura 3.1— no aporta ni señal ni mensaje). El recordatorio ideal debe tener ambos componentes: la señal de que hay algo que recordar y el mensaje de en que' consiste.



3.1. Pañuelo preanudado de Carelman. Magnífico como ayuda para los olvidadizos, salvo que el acto de atar el pañuelo resulta probablemente igual de útil como pista para la memoria que el nudo en sí. (Jacques Carelman: «Pañuelo preanudado» © 1969-76-80 Jacques Carelman y ADAGP. París. De Jacques Carelman *Objetos imposibles*, Balland. París-Francia. Utilizado con autorización del artista.)

La necesidad de contar con recordatorios adecuados ha creado montones de productos que facilitan poner el conocimiento en el mundo: despertadores, agendas, calendarios. Están empezando a aparecer toda una serie de relojes complicados y de pequeños mecanismos de recordatorio del tamaño de una calculadora. Hasta ahora tienen una capacidad limitada y son difíciles de utilizar. Pero a mí me parecen necesarios. Sencillamente, necesitan que se les dedique más trabajo, se introduzca una tecnología mejor y se diseñen mejor.

¿No le gustaría a usted disponer de un aparato de bolsillo que le recordase cada cita que tiene y todo lo que ha de hacer en el día? A mí sí. Estoy esperando a que llegue el día en que los ordenadores portátiles resulten lo bastante pequeños para llevar siempre uno encima. Desde luego, lo cargaré con todos mis recordatorios. Tiene que

ser pequeño. Tiene que ser cómodo de usar. Y tiene que disponer de una cierta potencia, al menos para las normas actuales. Necesitaría un teclado completo de escribir y una pantalla bastante grande. También un buen sistema de grajismo, porque eso resulta muy importante en cuanto a capacidad de uso, además de mucha memoria: de hecho, una memoria enorme. Y tendría que ser fácil de enchufar al teléfono. Necesitaría conectarlo a mis ordenadores, en casa y en el laboratorio. Naturalmente, debería ser relativamente barato.

Lo que estoy pidiendo no es irracional. La tecnología que necesito ya está disponible hoy. Sencillamente, es que todavía nadie la ha organizado con ese objetivo, debido en parte a que en el mundo actual su costo sería prohibitivo. Pero existirá en forma imperfecta dentro de cinco años, y quizá en forma perfecta dentro de diez.

TOPOGRAFÍAS NATURALES

La disposición de los quemadores y los mandos en las cocinas aporta un buen ejemplo de la capacidad de las topografías naturales para reducir la necesidad de información en la memoria. Sin una buena topografía, el usuario no puede determinar con facilidad qué quemador corresponde a cada mando. Veamos la cocina normal de cuatro quemadores, organizados en el rectángulo tradicional. Si los cuatro mandos fueran verdaderamente arbitrarios, como en la figura 3.2, el usuario tendría que aprender cada mando por separado: 24 disposiciones posibles. ¿Por qué 24? Empecemos con el mando más a la izquierda: podría activar cualquiera de los cuatro quemadores. Eso deja tres posibilidades para el siguiente a su izquierda. Entonces quedan 12 (4×3) disposiciones posibles de los dos mandos primeros: cuatro para el primero y tres para el segundo. El tercer mando podría activar cualquiera de los dos quemadores restantes, y después sólo queda un quemador para el último mando. Ello significa que existen 24 topografías posibles entre los mandos y los quemadores: $4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$. Con una disposición totalmente arbitraria, la cocina es invariable salvo que cada mando tenga un letrero que indique cuál es el quemador que controla.

La mayor parte de las cocinas tienen los mandos organizados en línea, aunque los quemadores están dispuestos en forma rectangular. Los mandos no tienen una topografía natural con respecto a los quemadores. El resultado es que es necesario aprender qué mando corresponde a qué

quemador. Veamos cómo puede el uso de analogías espaciales aliviar la carga de la memoria. Empecemos con una topografía parcial bastante frecuente hoy día: los mandos están segregados en dos mitades a derecha e izquierda, como ocurre en la figura 3.3. Ahora sólo necesitamos saber qué quemador de la izquierda funciona con cada uno de los dos mandos de la izquierda, y a qué quemador de la derecha afecta cada mando de la derecha: dos posibilidades respecto de cada uno de los cuatro quemadores. El número de disposiciones posibles se ha reducido a cuatro: dos posibilidades en cada lado, o sea, toda una reducción en comparación con las 24. Pero los mandos siguen necesitando un letrero, lo cual indica que la topografía sigue siendo imperfecta. Como parte de la información se halla ahora en la disposición espacial, cada mando necesita sólo un letrero que indique si corresponde al quemador de delante o al de detrás; los letreros de derecha e izquierda ya no hacen falta.

¿Qué decir de una topografía completa, natural e idónea, con los mandos dispuestos especialmente del mismo modo que los quemadores, como ocurre en el caso de la figura 3.4? Ahora, la organización de los mandos contiene toda la información necesaria. Sabemos inmediatamente qué mando corresponde a cada quemador. La topografía natural tiene toda esa capacidad. Vemos que el número de secuencias posibles ha sido reducido de veinticuatro a una¹⁶. Si en nuestras vidas se aplicaran todas las topografías naturales posibles, el efecto acumulativo sería enorme.

Puede que el problema de la disposición de las cocinas parezca trivial, pero de hecho, es causa de gran frustración para muchas de las personas que las utilizan. ¿Por qué insisten los diseñadores de cocinas en disponer los quemadores de forma rectangular y los mandos en fila? Hace ya 40 años que sabemos lo malo que es ese sistema. A veces, la cocina tiene unos diagramas muy astutos que indican qué mando activa cada quemador. A veces, hay un breve letrero. Pero la topografía natural idónea no necesita diagramas ni letreros ni instrucciones. En este caso está al acecho un principio sencillo del diseño:

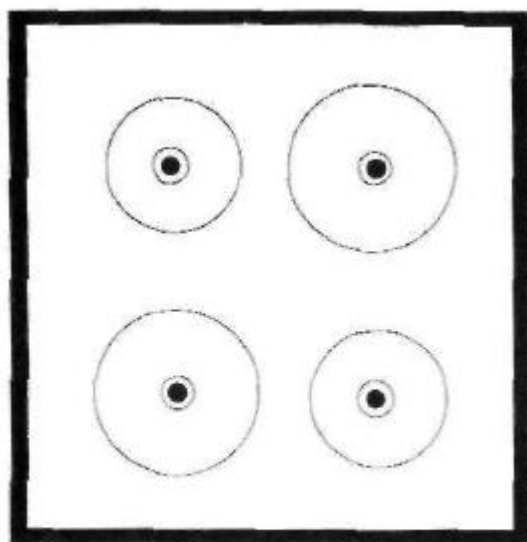
Si un diseño depende de los letreros, es posible que sea malo. Los letreros son importantes. \ a menudo necesarios, pero un buen uso de las topografías naturales puede reducir al mínimo la necesidad de ellos. Siempre que parecen necesarios letreros, hay que considerar la posibilidad de diseñar de otra forma.

Lo que da pena del diseño de las cocinas es que no resulta tan difícil hacerlo bien. Tanto los libros de texto sobre ergonomía como los factores humanos, la psicología y la ingeniería industrial muestran diversas soluciones sensatas. Y algunos fabricantes de cocina utilizan buenos diseños. Resulta extraño que tanto algunos de los mejores como algunos de los peores los fabriquen las mismas empresas y aparezcan juntos en los mismos catálogos.

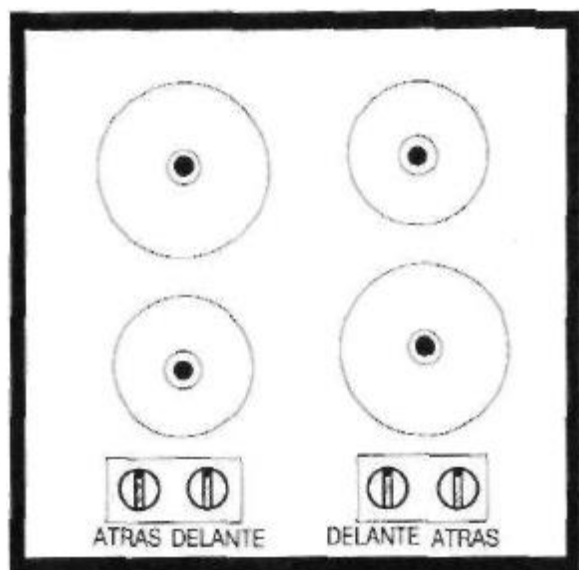
¿Por que insisten los diseñadores en frustrar a los usuarios? ¿Por qué siguen los usuarios comprando cocinas que causan tantos problemas? ¿Por qué no rebelarse y negarse a comprarlas si los mandos no tienen una relación inteligente con los quemadores? Yo también he comprado una que era mala.

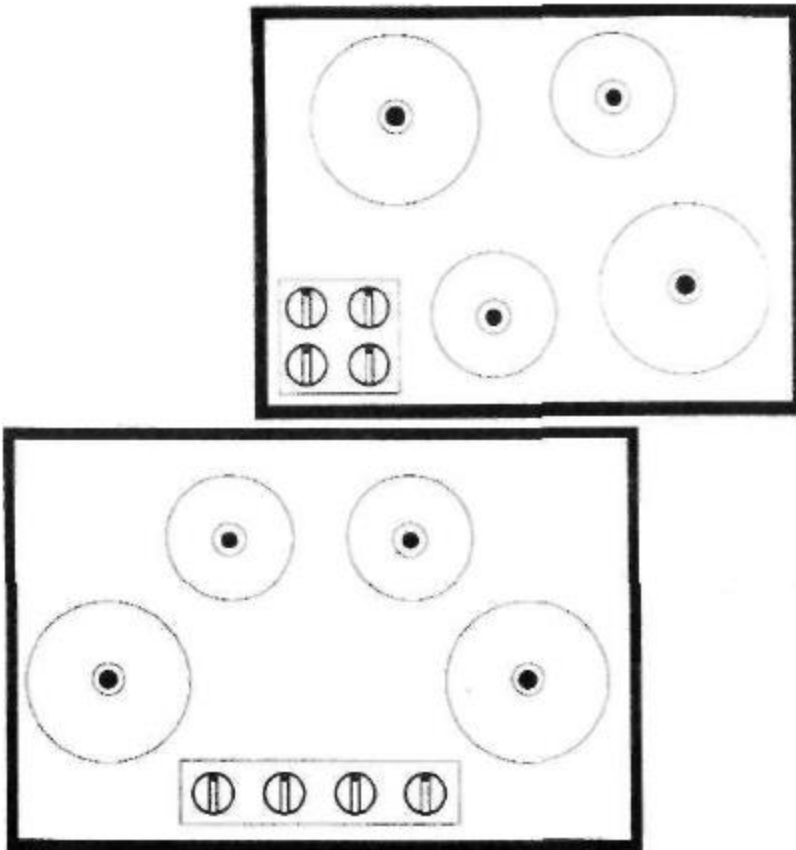
En el proceso de compra muchas veces no se considera que la capacidad de uso sea un criterio. Además, salvo que de hecho se sometan a prueba varias unidades en un medio realista y en la realización de tareas típicas, no es probable que advierta uno la facilidad o dificultad de uso. Si no se hace más que mirarlo, parece lo bastante sencillo, y todo ese sistema de elementos maravillosos parece constituir una virtud. Quizá no se advierta que no podrá uno imaginarse cómo utiliza" esos elementos. Yo exhorto a que se verifiquen los productos antes de comprarlos. Basta con hacer como que se está preparando una comida, o eligiendo los canales en un vídeo, o tratando de programar un VCR. Hay que hacerlo en la propia tienda. Sin miedo a cometer un error o a hacer preguntas absurdas. Recuérdese que cualquier problema con el que se tropiece es probablemente culpa del diseño, y no de uno mismo.

Un problema importante es que a menudo el comprador no es el usuario. Muchas veces, cuando alguien se muda a una casa es probable que ésta tenga ya muchos electrodomésticos. En la oficina, el departamento de compras encarga equipo conforme a factores como el precio, las relaciones personales con el proveedor y quizá ¡afabilidad: raras veces se tiene en cuenta la capacidad de uso. Por último, incluso cuando el comprador es el usuario final, a veces resulta necesario aceptar un elemento no deseable a cambio de otro deseable. En el caso de la cocina de mi casa, no nos gustó la disposición de los mandos, pero de todos modos compramos la cocina: aceptamos la disposición de los mandos de los quemadores a cambio de otro elemento que nos parecía más importante y que sólo nos ofrecía un fabricante (en el capítulo 6 volveré a tratar de estos aspectos).



   
Atrás Delante
Derecha Izquierda Atrás Delante
Izquierda Derecha





3.2 Disposición arbitraria de mandos de una cocina (página 102 arriba). Compárese la disposición rectangular habitual de los quemadores con esta fila arbitraria de mandos y surgen los problemas: ¿qué mando corresponde a cada quemador? No se sabe, salvo que lleven un letrero. La carga para la memoria que impone esta disposición es grande: hay 24 disposiciones posibles, y es necesario recordar cuál de ellas es la adecuada. Afortunadamente, los mandos no suelen estar dispuestos de forma tan arbitraria.

3.3 Mandos apareados de cocina (página 102 abajo). Este es el tipo de topografía parcial de mandos de quemadores más frecuente hoy día. Los dos mandos de la izquierda activan los quemadores de la izquierda, y los dos mandos de la derecha los quemadores de la derecha. Ahora existen sólo cuatro disposiciones posibles (dos a cada lado). Incluso así, es posible la confusión (y puedo asegurar que ocurre a menudo).

3.4 Topografía natural completa de mandos y quemadores (abajo). Dos de las formas posibles. No existe ambigüedad, no hace falta aprender ni recordar, no hacen falta letreros. ¿Por qué no pueden ser así todas las cocinas?

La compensación entre el conocimiento en el mundo y el conocimiento en la cabeza

El conocimiento (o la información) que se halla en el mundo y el que se halla en la cabeza son esenciales para nuestro funcionamiento cotidiano. Pero, hasta cierto punto, podemos escoger entre recurrir más a uno que a otro. Esa opción exige una compensación: el obtener las ventajas del conocimiento en el mundo significa perder las ventajas del conocimiento en la cabeza (figura 3.5).

3.5. Compensaciones

	Conocimiento en el mundo	Conocimiento en la cabeza
<i>Propiedad Recuperabilidad</i>	Recuperable siempre que este visible o audible.	No es fácil de recuperar. Kxige la búsqueda en la memoria o un recordatorio.
<i>Aprendizaje</i>	No hace falta aprendizaje. La interpretación sustituye al aprendizaje. La facilidad con que se puede interpretar la información en el mundo depende de lo bien que explote las topografías y las limitaciones naturales.	Exige un aprendizaje que puede ser considerable. El aprendizaje se facilita si el material contiene un significado de estructura (o si existe un buen modelo mental).
<i>Eficiencia de uso</i>	Tiende a verse trenada por la necesidad de encontrar e interpretar la información externa.	Puede ser muy eficiente.
<i>Facilidad de uso en el primer encuentro</i>	Mucha.	Poca.
<i>Estética</i>	Puede ser antiestético e inelegante, en especial si existe la necesidad de retener mucha información. Ello puede llevar al desorden. A fin de cuentas, el atractivo estético depende de la destreza del diseñador.	No hace falta que haya nada visible, lo cual da más libertad al diseñador, y a su vez puede llevar a una mayor estética.

El conocimiento en el mundo actúa como su propio recordatorio. Puede ayudarnos a recuperar estructuras que de otro modo olvidaríamos. El conocimiento en la cabeza es eficiente. No hace falta una búsqueda ni una interpretación del entorno. A fin de utilizar el conocimiento en la cabeza,

tenemos que introducirlo en ella, lo cual puede exigir unas cantidades considerables de aprendizaje. El conocimiento en el mundo es más fácil de aprender, pero a menudo más difícil de utilizar. Y se basa mucho en la presencia física permanente de la información; si se cambia el entorno, se cambia la información. El funcionamiento depende de la presencia física del entorno de la tarea.

Los recordatorios constituyen un buen ejemplo de las compensaciones relativas entre las funciones del conocimiento interno frente a las del externo. El conocimiento en el mundo es accesible. Es autorrecordatorio. Siempre está ahí, esperando a que alguien lo vea, alguien lo utilice. Por eso estructuramos nuestras oficinas y nuestros lugares de trabajo con tanto cuidado. Ponemos montones de papeles donde se pueden ver, o si no gusta tener la mesa de trabajo despejada, los colocamos en un lugar fijo y nos autoenseñamos (conocimiento en la cabeza) a buscar rutinariamente en esos lugares fijos. Utilizamos relojes de pared, agendas y notas. El conocimiento en la cabeza es efímero: un momento existe y al siguiente desaparece. No podemos contar con que algo esté presente *in mente* en cualquier momento dado, salvo que de forma deliberada lo mantegamos presente mediante una repetición constante (lo cual, entonces, nos impide tener otros pensamientos conscientes). Ojos que no ven, corazón que no siente ¹⁷.

SABER QUE HACER



«Pregunta. He visto en el periódico una noticia sobre un nuevo aparato de vídeo y me he alegrado mucho al ver cómo el redactor criticaba agriamente las instrucciones incomprensibles que suelen acompañar a los vídeos. ¡En el mío no sé ni siquiera cómo poner la hora!

Hay por ahí muchos consumidores iguales que yo: frustrados por una máquina incomprensible y confundidos por unas instrucciones insensatas.

¿Hay alguien, donde sea, que esté dispuesto a traducir o a dar un cursillo sobre los VCR a nivel de escuela elemental?»

Las grabadoras de vídeo —VCR— pueden resultar temibles para quienes no estén familiarizados con ellas. De hecho, la variedad de opciones, botones, mandos, paneles y posible rumbos de acción es enorme. Pero, por lo menos, cuando tenemos problemas con el funcionamiento de un VCR, tenemos algo a lo que echar la culpa: el confuso sistema de mandos de la máquina y la falta de indicaciones que sugieran lo que se puede hacer y cómo hacerlo. Pero todavía más frustrante es que a menudo tenemos problemas con mecanismos que aparentemente son sencillos.

La dificultad de hacer frente a situaciones nuevas guarda relación directa con el número de posibilidades. El usuario contempla la situación y trata de descubrir qué partes se pueden activar y qué operaciones se pueden realizar. Los problemas se plantean cuando existe más de una posibilidad. Si sólo hay una parte que se puede activar y sólo un posible acto que realizar, entonces no habrá dificultades. Naturalmente, si el diseñador se ha pasado de listo y ha ocultado todas las pistas visibles, el usuario puede creer que no existen opciones y no saber ni siquiera por dónde empezar.

Cuando nos encontramos con un objeto nuevo, ¿cómo podemos saber qué hacer con él? O bien hemos visto algo parecido en el pasado y tras pasamos los conocimientos antiguos al nuevo objeto, o nos procuramos instrucciones. En tales casos, la información que necesitamos se halla en la cabeza. Otro enfoque consiste en utilizar la información que se halla en el mundo, en especial si el diseño del nuevo objeto nos ha aportado una información que se puede interpretar.

¿Cómo puede señalar el diseño los actos posibles? Para responder a esa pregunta partimos de los principios comentados en el capítulo 3. Un conjunto importante de señales procede de las limitaciones naturales de los objetos, limitaciones físicas que reducen el número de cosas que es posible hacer. Otro conjunto de señales procede de las prestaciones de los objetos, que comunican mensajes acerca de sus posibles usos, actos y funciones. Una placa lisa es para empujar, un contenedor vacío es para llenar, etc. Las prestaciones pueden señalar cómo se puede mover un objeto, lo que soportará y si hay algo que encaje en sus huecos, por encima de él o por debajo de él. ¿Por dónde lo agarramos, qué partes son movibles y qué partes son fijas? Las prestaciones sugieren la gama de posibilidades y las limitaciones reducen el número de opciones. El empleo bien pensado de las prestaciones y las limitaciones conjuntamente en el diseño permite al usuario determinar fácilmente el rumbo adecuado de acción, incluso en una situación nueva.

Una clasificación de las limitaciones cotidianas

A fin de comprender mejor el funcionamiento de las limitaciones, realicé algunos experimentos. Pedí a varias personas que montaran cosas a partir de unas piezas que se les daban; nunca habían visto la estructura acabada, y ni siquiera se les decía lo que debían construir². Permítaseme utilizar como demostración uno de los ejemplos: montar una motocicleta a partir de un juego Lego (que es un juguete de armar para niños).

La motocicleta Lego (figura 4.1) es un juguete sencillo formado por 13 piezas, algunas de ellas bastante especializadas. De las 13 piezas, sólo dos son iguales: los rectángulos que llevan escrita la palabra *pólize*. Otra pieza es un rectángulo negro del mismo tamaño. Otras tres piezas tienen la misma forma y el mismo tamaño, pero son de colores diferentes. De forma



4.1. Motocicleta Lego. La figura muestra la motocicleta montada y en pedazos. Las trece piezas están construidas de forma tan inteligente que incluso un adulto puede montarlas correctamente. El diseño explota las limitaciones a fin de especificar exactamente que pie/as encajan dónde. Las limitaciones físicas limitan las posibles colocaciones. Las limitaciones semánticas y culturales aportan las pistas necesarias para otras decisiones. Por ejemplo, las limitaciones semánticas impiden al usuario colocar la cabeza del revés sobre el cuerpo, y las limitaciones culturales dictan la colocación de los tres faros (los rectángulos pequeños, que son de color rojo, azul y amarillo).



que hay dos conjuntos de tres piezas, en los cuales cualquiera de las tres piezas es intercambiable, excepto por la interpretación semántica o cultural del resultado consiguiente. Y ocurre que la función adecuada de cada pieza de la motocicleta está determinada sin ninguna ambigüedad por un conjunto de limitaciones físicas, semánticas y culturales. Ello significa que la gente puede armar la motocicleta sin necesidad de instrucciones ni de asistencia, aunque nunca la hubiera visto montada antes. En este caso, la construcción es totalmente natural, si quien la realiza sabe lo que es una motocicleta y conoce los supuestos culturales que sirven para limitar la colocación de las piezas.

Las prestaciones de las piezas tuvieron importancia en la determinación de cómo encajan exactamente. Los cilindros y los agujeros característicos de los juegos Lego sugirieron la norma principal de construcción. Los tamaños y las formas de las piezas sugirieron cómo funcionaban. Las limitaciones físicas sirvieron para reducir el número de piezas que encajaban entre sí. También funcionaron otros tipos de limitaciones; en total, cuatro tipos diferentes de limitaciones: físicas, semánticas, culturales y lógicas. Aparentemente, esas clases son universales y aparecen en una gran variedad de situaciones, además de ser suficientes.

LIMITACIONES FÍSICAS

Las limitaciones físicas reducen el número de operaciones posibles. Así, es imposible introducir una pieza grande en un agujero pequeño. El parabrisas de la motocicleta sólo puede encajar en un lugar, con sólo una orientación. El valor de las limitaciones físicas reside en que para su funcionamiento se basan en las propiedades del mundo físico; no hace falta una formación especial. Si se utilizan bien las limitaciones físicas, sólo debe existir un número limitado de actos posibles, o, por lo menos, puede hacerse que los actos deseables resulten evidentes, debido sobre todo a que están clarísimos.

Las limitaciones físicas resultan más eficaces y útiles si son fáciles de ver y de interpretar, pues entonces el conjunto de actos está limitado antes de que se haya hecho nada. De lo contrario, la limitación física no impide **que** el acto erróneo tenga éxito hasta después de que se haya intentado.

En algunas ocasiones, el parabrisas Lego se intentó primero en el sentido