

Infraestructuras

El enemigo conoce el sistema. Uno debe diseñar los sistemas con la premisa de que el enemigo conseguirá familiarizarse inmediatamente con ellos.

CLAUDE SHANNON

La arquitectura es el lenguaje del poder. Nos revela sus intenciones. No nos dice lo mismo una ciudad comercial como ^{*}Ámsterdam que una imperial. «Moscú, Beijing y Tokio muestran las huellas de las autocracias que las construyeron —explica Deyan Sudjic en *El lenguaje de las ciudades*—. El Kremlin, la Ciudad Prohibida y el Palacio Imperial son monumentos de un sistema urbano que se construyó en torno a un solo individuo poderoso. Cada uno de ellos tenía un palacio en el centro, rodeado por una ciudad interior de criados y familiares, y una zona exterior para comerciantes y trabajadores excluidos de la corte.» Las ciudades comerciales como Ámsterdam son abiertas y promiscuas, las imperiales son estructuras amuralladas de círculos concéntricos en torno a un corazón vacío. Y no solo los edificios: la naturaleza política de la ciudad está también en sus calles, su sistema de alcantarillado y las leyes que regulan la propiedad y limitan la explotación del suelo. Los bellos bulevares parisinos fueron diseñados por el barón Haussmann para evitar que Napoleón III tuviese que enfrentarse a la misma clase de desórdenes callejeros que le habían llevado al poder en 1848. Las universidades construidas después de Mayo del 68 son grandes bloques de cemento llenos de escaleras construidos en lugares remotos, bien lejos de la ciudad.

Todas las arquitecturas totalitarias son centralizadas. Stalin recuperó Moscú como capital del imperio y conservó la estructura de círcu-

los concéntricos que habían dejado los Ivanos —el Grande, el Terrible y su hijo Fyodor—, pero hizo construir las grandes avenidas que irradian del Kremlin, como los rayos saliendo del sol que ilumina toda Rusia, el ojo que todo lo ve. Es por culpa de ese ojo todopoderoso que Moscú sufre hoy sus legendarios atascos de varias horas. Las estructuras centralizadas no están diseñadas para la eficiencia sino para el control. Y el miedo. El César debe ser poderoso, y también parecerlo.

El lenguaje de todas las dictaduras modernas es narcisista, monumental y lleno de nostalgia de un pasado todavía más imperialista, de una arquitectura construida por esclavos y concebida para simbolizar un centro de poder cuya expansión era potencialmente infinita. La Welthauptstadt Germania que Hitler planea para Berlín sueña con el Imperio romano, con edificios tan gigantescos que habrían creado su propio microclima artificial. El palacio de los Soviets iba a ser un rascacielos de quinientos metros con forma de pirámide con una estatua de Lenin encima, plantado sobre las cenizas de la Catedral de Cristo Salvador de Moscú que Stalin hizo dinamitar porque era «grande, molesta, parecía una tarta o un samovar y simbolizaba el poder y el gusto de los lores del viejo Moscú». La construcción del palacio iba por el piso noveno cuando los nazis entraron en Rusia y nunca se reanudó. Nikita Jrushchov, primer secretario del Comité Central del Partido Comunista de la Unión Soviética, arrancó los cimientos y puso una gran piscina al aire libre, queriendo borrar la memoria de su carismático predecesor. Cuando cayó la Unión Soviética y Rusia se reunificó, el primer alcalde de Moscú, Yuri Luzhov, cementó la piscina y emprendió la construcción de una réplica de la catedral que Stalin había destruido, financiada por la nueva generación de oligarcas. El centro de poder concentra una gran energía simbólica. La mejor manera de demostrar el poder es plantarlo sobre la tumba del poder anterior.

La arquitectura fascista se fija en Roma pero modernizada por el racionalismo de la Bauhaus. La franquista sueña con Felipe II y la grandeza austera de El Escorial. Según David Pallol, autor de *Construyendo Imperio. Guía de la arquitectura franquista en el Madrid de la posguerra*, el Arco de la Moncloa, el Monumento a los Caídos y el Ministerio del Aire «formaban parte de un eje triunfal» que arrancaba en la

Moncloa y terminaba en El Escorial. Todo bien alto y simétrico, con sus torres góticas y sus cúpulas renacentistas, y en cada puerta un Arco del Triunfo. Por no mencionar la arquitectura de la fe. La Iglesia es otro régimen totalitario que manifiesta su organigrama de manera deliberadamente visible, y construye para inspirar temor y reverencia ante el poder de Dios. La catedral es el palacio del Obispo —su trono, su cátedra— y constituye el centro de la diócesis. Todas las iglesias conectan el cielo y el suelo, pero solo una corona reyes.

Finalmente, con la Revolución industrial llegó un tipo de catedral nueva, icono de un nuevo mundo de posibilidades. Y, naturalmente, símbolo del poder militar de los grandes imperios colonialistas. La catedral industrial primigenia fue el Palacio de Cristal de sir Joseph Paxton, construido para la primera gran Expo, en 1851. Estaba en mitad de Hyde Park y acogió a más de seis millones de personas, un completo disparate. Dicen que era el edificio más bello jamás construido. No hay novelista steampunk que no le dedique una novelita o dos. Paxton era paisajista y el palacio era un gigantesco invernadero de 138 metros de largo por 39 de alto, cubierto por más de 80.000 metros cuadrados de vidrio y sostenido por un impresionante esqueleto de acero fundido. Era como estar dentro y fuera al mismo tiempo, clavado en el suelo y flotando a la vez. Parecía bañado por la luz divina, un objeto mágico, una ilusión. Más tarde vendrían otras expos y otros monumentos casi tan icónicos, como la Torre Eiffel o la bellísima estación Grand Central, pero el Palacio de Cristal definió el modelo. Era el primer gran edificio modular prefabricado, y fue construido y montado en solo cinco meses; un escaparate de la potencia del vapor, la producción de acero, la fabricación de vidrio, las vías, túneles, canales y puentes de un nuevo sistema de transporte. Una muestra de su capacidad de destrucción.

Las catedrales de la Revolución industrial eran la metáfora divina de una nueva potencia bélica, un cambio de velocidad. Eran monumentos de código abierto, edificios *open source*, que mostraban los secretos de su ingeniería en espacios privilegiados de las grandes capitales como advertencia de superioridad. Allí podía uno sumergirse en la orfebrería de sus esqueletos, «el encaje gótico del acero» y la disposición de sus engranajes para sentir el frío de su aliento letal. Los

críticos dijeron del Palacio de Paxton que representaba «la negrura de lo industrial», y tenían razón. Fue inaugurado por la reina Victoria el primer día de mayo, el día que se abrieron todas las flores, pero cantaba una canción de guerra. Las catedrales de nuestra Revolución industrial no son monumentos diseñados para demostrar la gloria de su poder, sino todo lo contrario. Están diseñadas para disimularlo. El poder del siglo XXI ya no construye para inspirar terror sino para producir la confianza de una burocracia eficiente, modesta y bienintencionada. Como dicen los ingleses, son los más callados a los que hay que vigilar.

Decía Edward Said que todo imperio se dice a sí mismo y al resto del mundo «que es distinto de otros imperios, que su misión no es el saqueo y el control sino educar y liberar».¹ Ninguno se lo ha creído tanto como estos nuevos imperios subterráneos cuyo ejercicio del poder requiere silencio, oscuridad y secretos. En el lugar donde antes se levantaban los palacios han construido otra cosa: una mitología capaz de llenar la oscuridad de luminosas metáforas que representan exactamente lo contrario de lo que son. Por ejemplo, que la red es una estructura neutral, democrática y libre. Como todas las grandes mentiras, esta tiene un recuerdo de verdad.

DE COMMAND & CONTROL A TCP/IP

Las redes también nos hablan. Su topografía revela tanto acerca de sus intenciones como la de una ciudad. Las arquitecturas diseñadas para el control son como el Moscú en el que todas las avenidas pasan por el Kremlin o la Europa imperial donde todos los caminos llevaban a Roma. Estructuras claramente centralizadas, con forma de estrella, donde todo el tráfico se concentra en un solo punto. Cuando el control —y la responsabilidad— del sistema es compartido, la red presenta *clusters* o constelaciones conectadas entre ellas. Cuando el poder se reparte de manera equitativa entre todos los nodos del sistema, la red tiene forma de malla de pescador. El primero en describirlas fue un ingeniero eléctrico de origen polaco llamado Paul Baran.

Baran tenía treinta y ocho años y trabajaba para la RAND Cor-

poration, el laboratorio de ideas de las Fuerzas Armadas estadounidenses, cuando le pidieron que diseñara una red de comunicaciones capaz de sobrevivir a un ataque nuclear. Era 1962 y la posibilidad no parecía nada lejana. La Guerra Fría estaba en su punto más caliente con la crisis de los misiles cubanos. Mientras la sociedad estadounidense discutía abiertamente la legitimidad de disparar al vecino que intentara colarse en el refugio radioactivo familiar, el ejército barruntaba cómo podrían reagruparse y reorganizarse después de «el acontecimiento». Unos meses antes, varios miembros de un grupo revolucionario llamado American Republican Army habían hecho volar tres estaciones de radio de Utah y Nevada. La respuesta de Baran fue: redundancia. Cuanto más repartida esté la responsabilidad de la comunicación, más posibilidades tendrá de llegar a su destino. El sistema estaría formado por ordenadores y sería digital.

El famoso diagrama de Baran tiene tres redes: una centralizada con forma de estrella, otra descentralizada con varias constelaciones y una tercera red distribuida de nodos interconectados de manera uniforme, con una estructura explícitamente no jerárquica, donde cada nodo era indistinguible del resto e intercambiable por cualquier otro. El argumento ahora parece obvio: cuando la información se concentra en un solo punto —como hace por ejemplo el correo en la oficina postal—, la destrucción de ese punto acabaría con todo el sistema. Si todos los puntos son oficinas postales, la desaparición de una de ellas solo requeriría redistribuir el tráfico. En lugar de un rey, cuya muerte acaba la partida, un ejército de peones, cada uno de ellos susceptible de convertirse en reina. Después ingenió una burocracia administrativa capaz de optimizar la eficiencia y la supervivencia del mensaje a través de esa red.

Las claves eran redundancia y velocidad. Cada nodo mandaría la información al nodo siguiente lo más rápido posible, como si fuera una patata caliente. Lo llamó «enrutado de patata caliente».² La otra cosa que se le ocurrió fue que cada bloque de información sería fragmentado y dispersado a través de la red, en pequeños bloques que viajarían por separado de nodo en nodo para volver a reunirse al llegar a su destino. De esta manera, no solo aligeraba la carga de los nodos, que podían pasar su pequeña porción de patata caliente mu-

cho más rápido que la patata entera. También significaba que, si un nodo quedaba comprometido, el mensaje no sería interceptado entero. O que, si algunos nodos se caían, al menos una parte importante del mensaje llegaría a su destino. Así fue como Paul Baran inventó el sistema de conmutación de paquetes, uno de los principios claves de la red.

Cuando entregó el informe, no le hicieron ni caso. El modelo que proponía era radicalmente opuesto al sistema de conmutación de circuitos creado en Bell Telephone Laboratories, el mítico laboratorio de genios de AT&T, que establecía de antemano un canal de comunicación con un ancho de banda predeterminado para realizar cada transmisión, como un único cable entre emisor o receptor por el que se desplazaba el mensaje. La gestión era mucho más simple: la patata hacía un solo viaje, entera, de manera directa, sin tener que negociar nada con nadie. Y desde luego, no tenía que descomponerse y volverse a recomponer. También era un viaje más lento, pesado y peligroso. Un solo fallo y todo estaba perdido. Si el mensaje era interceptado, el atacante se lo llevaba entero. Había ventajas de sobra en la conmutación de paquetes, pero los ingenieros de Bell Labs recibieron la propuesta con franca hostilidad.

La única compañía telefónica de Estados Unidos no podía correr riesgos, dijeron. La integridad de su servicio y la compatibilidad de sus sistemas era su única prioridad. «Querer innovar en un sistema como este es como someterte a un trasplante de corazón mientras corres una milla en cuatro minutos»,³ era la frase habitual de Jack A. Morton, jefe del Departamento de Ingeniería Electrónica del laboratorio. Con ese espíritu, la empresa que inventó el transistor dejó escapar algo mucho más gordo: el microchip. En todo caso, añadieron, el nuevo modelo resultaría mucho más caro, porque en aquel momento cada cambio en el itinerario tendría que hacerse de manera manual, con una operadora de carne y hueso. La propuesta de Baran descentralizaba la operación, quitándoles control sobre todo el proceso, incluyendo el canal, el trayecto y la velocidad del mensaje. El memorándum que entregó en agosto de 1964 con el diagrama, la tecnología y el sistema de gestión por paquetes fue archivado y olvidado en un cajón. Por suerte para la conmutación de paquetes, había dos ingenie-

ros que estaban estudiando el problema desde dos instituciones distintas y que habían llegado a la misma conclusión que Baran. Eran Donald Davies en el Laboratorio Nacional de Física de Londres y Leonard Kleinrock en el MIT.

Muchos de los inventos más significativos de nuestra historia han sido simultáneos, desarrollados a la vez por personas distintas en lugares distintos, sin que entre ellos mediara una palabra (menos frecuente es el genio que alumbró algo completamente nuevo desde la isla de su propia imaginación). Ha ocurrido, por ejemplo, con el cálculo y la evolución de las especies, el teléfono, la radio o la máquina de vapor. Brian Eno tiene una palabra horrible para describir el fenómeno: *Scenius*. «*Scenius* representa la inteligencia y la intuición de una escena cultural entera. La forma comunal del genio.» En su *Historia natural de la innovación*, Steve Johnson defiende que la invención simultánea es la forma más corriente de invención humana, y que no se limita a los tres que la terminan. «Se necesitan mil hombres para inventar un telégrafo, o una máquina de vapor, o un fonógrafo, o la fotografía, o un teléfono o cualquier cosa de importancia; y el último que llega se lleva la gloria y nos olvidamos de los demás.»⁴

Davies y Baran llegaron a la misma solución tratando de resolver problemas distintos, en contextos políticos distintos. «Davies, un investigador científico del prestigioso Laboratorio Nacional, ponía el énfasis en las virtudes científicas y técnicas de la conmutación de paquetes como un modelo más eficiente de comunicación de datos. Baran, por su parte, trabajaba para RAND, el *think tank* estadounidense de la Guerra Fría. Su publicación enfatizaba, como es bien sabido, las virtudes estratégicas de las redes descentralizadas y distribuidas: las redes con múltiples nodos son más robustas y susceptibles de sobrevivir a un cataclismo nuclear que una red centralizada basada en la conmutación de circuitos.»⁵ Kleinrock estaba estudiando la conmutación de paquetes como parte de su proyecto de tesis en el MIT. Con el tiempo, Baran se llevó la gloria, Davies le puso el nombre y Kleinrock tuvo el honor de estrenar la criatura, cuando la Sigma 7 SDS de su laboratorio en la Universidad de California se conectó con la SDS 940 del laboratorio de Douglas Engelbart en Standford, Menlo Park, el 29 de octubre de 1969. El primer mensaje habría sido la

palabra «login», pero la Sigma se congeló después de las primeras dos letras, así que la primera palabra que se dijeron los dos ordenadores fue «lo». «¡Como en *lo and behold!*», le gusta decir a Kleinrock, una expresión habitual en los relatos de magia o milagro, y que da título al famoso documental de Werner Herzog sobre internet, pero en aquel momento nadie se enteró de nada. El Concorde había roto la barrera del sonido y Neil Armstrong ya había dado su pequeño paso para el hombre, pero uno grande para la humanidad. El Gobierno estaba probando bombas nucleares en Nevada. Estados Unidos tenía muchas cosas en las que pensar.

Aquel milagro desencadenó otros. El 21 de noviembre ya tenían una conexión estable entre UCLA y Stanford. Dos semanas más tarde, se incorporaban a la red el IBM 360 de la Universidad de Utah y el PDP-10 de la Universidad de California en Santa Barbara. Durante los años que siguieron, ARPANET fue conectando laboratorios universitarios con bases militares y empresas tecnológicas. En junio de 1973, estrenaron la primera conexión transatlántica con la Norwegian Seismic Array (NORSAR), un punto de detección de terremotos y actividad nuclear estacionado en Kjeller, al norte de Oslo. Desde allí montaron la primera conexión terrestre con el University College de Londres. El ancho de banda era de 9,6 Kb/s.

El plan original había sido «explotar las nuevas tecnologías computacionales para atender las necesidades del mando militar y el control ante la amenaza nuclear, conseguir la supervivencia de las fuerzas nucleares estadounidenses y mejorar las decisiones tácticas y de gestión del ejército», pero el Gobierno fue perdiendo interés en el proyecto, cuyo desarrollo no estaba precisamente en manos de militares.⁶ Era un matrimonio forzoso entre los ordenados ingenieros de redes telefónicas y una nueva clase de extrañas y barbudas criaturas que establecían relaciones con las máquinas a través del código, tomaban ácido y escuchaban a Grateful Dead. ARPANET «existía en clases vacías de departamentos de ciencias de la computación, en las dependencias de las bases militares, en las líneas de cobre y los enlaces por microondas de la red telefónica».⁷ Los nodos estaban conectados a través de líneas telefónicas permanentemente abiertas, operadas por AT&T, y esas conexiones eran muy irregulares. El sistema descentra-

lizado de paquetes que Baran había diseñado para sobrevivir a un invierno nuclear resultó clave para sobrellevar las frecuentes caídas de los ordenadores y la pérdida de conexiones del lento y accidentado sistema. El presupuesto de ARPA estaba bajo mínimos. En 1971, Defensa trató de venderle la red entera a AT&T para que la pusiera a funcionar decentemente y después se la alquilara como servicio. La operadora dijo que no.

«Cuando la tuvimos ya no la querían —contaba Larry Roberts, el jefe del proyecto—. Fui a ver a AT&T y les ofrecí vendérsela y que siguieran con ella. Básicamente se la regalamos. Podían cogerla y seguir expandiéndola comercialmente y alquilárnosla como servicio. [...] Se reunieron todos y pasaron por Bell Labs y tomaron la decisión; dijeron que era incompatible con sus redes. Que no podían ni considerarlo. No era algo que podían usar. O vender». En otras palabras: si internet nació como una red abierta y fuertemente descentralizada fue porque el Gobierno estadounidense no entendió su potencial y porque la única operadora que podía comprarla dijo que no la quería. Si el experimento llegaba a algún lugar, tendría que seguir haciéndolo con dinero público y como bien público.

El Gobierno y la operadora no se enteraban, pero entre los programadores la cosa estaba ardiendo. Aquel mismo año, Ray Tomlinson mandaba el primer email. Y ARPANET no era la única red en el mundo. Muy al contrario. Donald Davies había construido una red de conmutación de paquetes en el Laboratorio Nacional de Física. Su compañero de laboratorio Derek Barber preparaba la construcción de una red informática europea para el entonces todavía Mercado Común Europeo. Louis Pouzin implementaba CYCLADES en el Instituto Nacional para la Investigación de las Ciencias de la Computación y la Automatización (INRIA) de Francia. Varios avispados de ARPANET lanzaban una empresa para explotar la nueva industria de conectar cosas con cosas, llamada Packet Communications. Las empresas públicas de telecomunicaciones hacían cuentas con los gobiernos para conectar sus instituciones usando conmutación de paquetes, incluyendo la Oficina Postal británica. La Primera Conferencia Internacional de Comunicación por ordenador los reunió a todos ellos en Washington, en octubre de 1972.

ARPANET es la estrella del histórico encuentro. Bob Kahn, de la oficina de Mando & Control del Departamento de Defensa estadounidense, consigue conectar veinte ordenadores en vivo y en directo, «el punto de inflexión que hizo que la gente se diera cuenta de que la conmutación de paquetes era una tecnología real». Allí nace el International Network Working Group (INWG), el primer grupo de trabajo de la red. Su núcleo son Alex McKenzie, los británicos Donald Davies y Roger Scantlebury y los franceses Louis Pouzin y Hubert Zimmermann. No hay ninguna mujer y son todos del frente aliado. Su primer presidente es un joven matemático llamado Vint Cerf.

EL PROBLEMA DE INTERNET

«A principios de 1973, Bob [Kahn] aparece en mi laboratorio de Stanford y me dice: “Tengo un problema” —cuenta Cerf—. Y le pregunto qué problema. Y me dice: “ahora que ARPANET funciona están pensando cómo podemos introducir esos ordenadores en [el departamento de] Mando y Control”.»⁸ Kahn venía muy crecido de la Conferencia de Washington, pero sus jefes solo querían saber cómo iban a construir una estructura de comunicación superresistente para distribuir información a las distintas cadenas de mando durante o después de un ataque o desastre. Esto significaba muchas clases de objetos dispares, a través de métodos dispares, en contextos distintos. «Para considerar seriamente el uso de ordenadores —explica Cerf—, había que poder ponerlos en los vehículos en movimiento, los barcos que están en el mar y en los aviones, además de las instalaciones fijas.»

En ese momento, toda la experiencia que teníamos era con instalaciones fijas de ARPANET. Así que [Kahn] estaba pensando en algo que llamó «redes abiertas» [*open networking*] y pensaba que permitiría optimizar las redes por radio de manera distinta a las redes por satélite para los barcos y de manera distinta a la optimización de las líneas de teléfono dedicadas. Así que, en su teoría, teníamos varios tipos de redes, todas ellas basadas en la conmutación de paquetes pero con distintas características. Unas eran más grandes, otras más veloces, unas

perdían más paquetes, otras no. La cuestión es cómo hacer que todos los ordenadores en cada una de esas redes variadas piensen que son parte de la misma red común, con todas sus variaciones y diversidad.

Lo llamaron «el problema de internet», porque el problema era interconectar todas las NETS entre ellas. Que, en principio, era como tratar de construir un universo coherente con una caja de Legos, otra de Quimicefa, un Scalextric y la Casita de Pin y Pon. Pero ese no era su único problema. En septiembre de 1973, el grupo se volvió a reunir en la Universidad de Sussex. Los ánimos estaban caldeados. Consiguieron demostrar una conexión fugaz, mixta y transatlántica, entre Brighton y Virginia, encadenando líneas telefónicas a ambos lados del charco con la señal de un satélite. Todos se pusieron muy contentos. Pero cuando Cerf y Kahn presentaron su solución al «problema de internet», los europeos la bloquearon, no por motivos técnicos sino políticos. Sobre todo Pouzin:

Vint y Bob Kahn y probablemente otros como Yogen Dalal trataron de usar esta estrategia: el paquete sería fragmentado por el camino en un número de paquetes que llegarían desordenados, pero usando la misma ventana [de conexión] para controlar la transmisión. Era técnicamente complejo, y con eso quiero decir inteligente, pero no nos gustó la idea porque primero nos pareció demasiado complejo de implementar y difícil de vender a la industria. Y, segundo, porque mezclaba en el mismo protocolo dos cosas: las correspondientes a la capa de transporte y las que concernían al protocolo de extremo a extremo. Esa dualidad era políticamente inaceptable, porque estas dos capas del sistema debían ser gestionadas por dos mundos: las operadoras y la computación. Así que no era aceptable en términos de sociología técnica. No se podía vender algo que implicara el consenso de dos mundos tan distintos. No nos pareció una buena manera de organizar las cosas, aunque técnicamente tuviera sentido.

El problema inicial de internet se podía resolver, porque los objetos a conectar eran todos ordenadores programables. La principal característica de un ordenador como ese es que puedes programarlo para que haga lo mismo que otro de la misma clase, aunque uno sea un armario de seis puertas y el otro una torre de medio metro con

un ventilador. El nuevo problema de internet no era de hardware ni de software, sino de gobierno. Necesitaban un código que sirviera de bisagra entre los distintos sistemas pero que además mantuviera la separación de poderes entre los dueños de las infraestructuras y los nodos interconectados de los diferentes países. El TCP daba poder a las operadoras sobre la gestión del tráfico. En Europa, las operadoras eran monopolios del Estado. Era demasiado poder.

Pouzin no tenía que imaginarse cómo sería un internet controlado por el Gobierno porque en Francia ya había uno, llamado Minitel. El Ministerio de Correos, Telégrafos y Telefonía francés (PTT) había implementado un sistema parecido al teletexto que tenía su propia red (TRANS-PAC), protocolo de comunicaciones (CEPT) y hasta su propia plataforma de aplicaciones externas llamada Kiosk, no muy diferente a Google Play o la AppStore.⁹ Era un sistema absolutamente centralizado, donde el usuario operaba desde terminales tontas, sin capacidad de procesamiento ni memoria. El protocolo estaba diseñado para impedir que los usuarios se conectaran entre ellos directamente. Eran tan baratas que el Gobierno las regalaba a través de la oficina de correos, y tenía programas para hacer la contabilidad, leer las noticias, comprar billetes de tren y cumplimentar los formularios de los impuestos, un cliente de correo y un popular chat llamado Minitel Rose, todo almacenado y procesado por la red de datos pública en un único servidor central, propiedad del Estado. También había terminales en las bibliotecas, universidades y colegios. A finales de los ochenta, Minitel tenía veinticinco millones de usuarios y más de veintitrés mil servicios.

El grupo debatió entre las dos versiones enfrentadas de la conmutación de paquetes. La solución Cerf-Kahn era dejar que el itinerario y ancho de banda de la transmisión fuera preasignado por la operadora, como una llamada telefónica. Este modelo se llamaba de «circuito virtual». La solución Pouzin-Davies era repartir esa responsabilidad entre los nodos, que podrían recalcular la trayectoria óptima de cada paquete en función del tráfico existente, el ancho de banda disponible y el número de nodos disponibles en ese preciso momento. Además de distribuida, en teoría era mucho más eficiente. Para facilitar el proceso, cada fragmento o paquete contendría dos clases de

información: una cabecera con su identificador, lugar de salida, destino y número de orden y el fragmento del propio mensaje. Pouzin lo llamó «datagrama», un híbrido entre dato y telegrama.

Cerf lo recordaría como una guerra religiosa. La revolución informática, en palabras del teórico Lev Manovich, había sido «la sustitución de cada constante por una variable». Se enfrentaba el universo constante de los objetos de los ingenieros de telecomunicaciones con el mundo cambiante de los departamentos de computación. Era hardware *versus* software, un cambio total de paradigma. El grupo de trabajo no sabía qué tecnologías surgirían, qué clase de ordenadores habría o para qué la iban a necesitar en el futuro. Tenía que poder evolucionar sin estar optimizada para ningún tipo de material, técnica, conductor o metodología específica, de manera que una o muchas de sus partes pudieran ser reemplazadas sin alterar su estructura fundamental. Los ingenieros de las telefónicas estaban acostumbrados a diseñar para objetos específicos y problemas concretos. Por ejemplo, sostener una llamada telefónica intercontinental. Si la red no estaba optimizada para una función concreta, sobre una tecnología concreta, y dependía de demasiados factores, nunca funcionaría bien. AT&T era la única operadora interestatal en Estados Unidos. Su servicio era crítico. ¿Cómo podían garantizar el servicio si no podrían controlar todos los aspectos de la transmisión, incluyendo la gestión del tráfico que circulaba por sus redes? Pero también y sobre todo era una pelea a cara de perro por el dominio de un mercado emergente: ¿para qué iban a desarrollar una infraestructura si luego no podían negociar servicios con las empresas que la iban a utilizar? AT&T y las operadoras pujaban por el modelo de circuito virtual, IBM y el resto de tecnológicas por el modelo datagrama. Unos no querían renunciar a la soberanía sobre su propia infraestructura y otros no pensaban dejar pasar la oportunidad. Tras dos años de debate, el grupo estuvo de acuerdo en la necesidad de proteger el experimento de los intereses de las empresas o países que controlaban la infraestructura y optaron por el datagrama. Bautizaron a la criatura con un nombre compuesto: Protocolo de control de transmisión / Protocolo de Internet o TCP/IP.

Para entender cómo nació este protocolo, es importante saber que sus responsables eran un pequeño grupo internacional de cientí-

ficos trabajando con dinero público y que su objetivo era crear una inteligencia colectiva de laboratorios científicos en un momento de gran efervescencia, después de la Segunda Guerra Mundial. El libro de moda era *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn, que argumenta que los laboratorios son los lugares donde se produce ciencia «normal»: se testan los modelos, se generan las teorías y se establecen los paradigmas; pero que la ciencia extraordinaria, los saltos cuánticos de la ciencia ocurren en la fricción de unos laboratorios y otros, y de los paradigmas de unos científicos y los de otros científicos, muy especialmente cuando vienen de disciplinas distintas. «Ningún proceso histórico descubierto hasta ahora por el estudio del desarrollo científico se parece en nada al estereotipo metodológico de la demostración de la falsedad por medio de la comparación directa con la naturaleza. Por el contrario, es precisamente lo incompleto y lo imperfecto del ajuste entre la teoría y los datos lo que define muchos de los enigmas que caracterizan a la ciencia normal.» Con ese espíritu reciente de la interdisciplinariedad, el grupo estaba convencido de que interconectar a todos los distintos genios de sus respectivos países sería tan significativo para la prosperidad y el bienestar de la humanidad como el ferrocarril, la electricidad o los antibióticos. Al menos a la humanidad en el bloque aliado. La red debía estar diseñada a prueba de monopolios, sin beneficiar un tipo de información sobre otra, o este usuario sobre aquel. También a prueba de fascismos. La historia más reciente les había demostrado que las buenas intenciones no bastaban si no estaban codificadas en el diseño fundacional del sistema. Había que planear para lo inimaginable y también para lo peor. La solución Pouzin se postulaba como una protección contra los cambios políticos, la vida y muerte de las grandes compañías y el paso del tiempo. El tráfico no sería gestionado por una sola organización, ni tendría un solo punto de acceso, ni dependería de una sola legislación. Estaba pensado a prueba de fascismos y de revoluciones. En 1975, presentaron su protocolo ante el Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico que establecía los estándares internacionales. Sus expertos eran todos ingenieros de telecomunicaciones de las grandes telefónicas, y la institución lo rechazó.

Cerf se disgustó tanto que renunció a la presidencia del grupo, se

marchó de Stanford y se fue a trabajar para el ARPA. Pouzin se quejó tanto que perdió la financiación de CYCLADES. Hubert Zimmermann propuso al comité desarrollar otro protocolo. Así nació el modelo de interconexión de sistemas abiertos, más conocido como OSI. Los que habían sido colaboradores se convirtieron en rivales.

Teóricamente, internet tenía que haber sido OSI. Tenía el apoyo de las operadoras, dinero de los gobiernos, la legislación de cara, el Comité a favor. Incluso tenía el apoyo del Gobierno estadounidense, que prefería archivar ARPANET que pelearse con AT&T. Tenía a Charles Bachman de presidente, un genio de la gestión de bases de datos al que le acababan de dar el premio Turing. Pero también tenía que poner de acuerdo a las operadoras, ministerios y tecnológicas de Europa, Norteamérica y Asia. Un gallinero en el que todos los gallos quieren dominar el corral. En 1984 publicaron el «Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos», y todo el mundo se puso a trabajar. Nacieron la red JANET en Inglaterra, DFN en Alemania, SUNET en Suecia, SURFnet en Países Bajos, ACOnet en Austria y SWITCH en Suiza; seguidas de RedIRIS en España y GARR en Italia. Después OSI se empezó a demorar. «¿Te imaginas tener que hacer que los delegados de diez grandes compañías tecnológicas que compiten entre ellas, y diez grandes operadoras telefónicas y monopolios estatales y los especialistas de diez países distintos se pongan de acuerdo en algo?», se lamentaba Bachman en una conferencia. A principios de los noventa, el desarrollo estaba estancado. El protocolo X.25 para el que todos los países habían implementado sus placas, máquinas y servicios era deficiente en la transferencia masiva de datos o conexiones remotas. Los programas eran malos o caros, los costes de conexión internacional extremadamente altos.¹⁰ Al otro lado del charco, ARPANET tenía ya ciento sesenta mil redes y empezaba a trascender el entorno académico-militar para convertirse en un fenómeno social.

Técnicamente, internet nació la noche de fin de año de 1983, aunque el mundo la recuerda como la noche en que Michael Jackson estrenó *Thriller*. Esa noche ARPA dejó de mantener el protocolo original de ARPANET, obligando al resto de las redes a adoptar el TCP/IP o quedarse fuera del sistema. Podían hacer lo que quisieran.

Tenían dinero del Gobierno y ningún país o empresa con la que negociar. Empezaron siendo quince redes. Tres años más tarde eran cuatrocientas. Los ordenadores conectados usaban un sistema operativo llamado UNIX, que había sido creado por ingenieros de Bell Labs, pero un estudiante del Departamento de Computación de la Universidad de Berkeley llamado Bill Joy había creado su propia distribución, con la licencia Berkeley Software Distribution o BSD. Para desarrollar la red, ARPA compró la licencia de Bell Labs pero se quedó con la distro de Berkeley, que pronto se convirtió en un estándar de la época. En 1981, Cerf le pidió a Joy que hiciera una distribución especial de UNIX, su protocolo. Un año después, Joy fundaba Sun Microsystems. Su primera estación de trabajo es un UNIX modificado para TCP/IP.

ARPA financió a muchas instituciones para que instalaran el UNIX modificado en sus equipos y entraran en el sistema. En el proceso surgieron soluciones duraderas para problemas futuros. ALOHNET, una estructura supercentralizada de los setenta que conectaba la Universidad de Hawái con las islas, no por cable sino por radio, creó un ingenioso sistema de gestión de colisiones y medios compartidos que luego se convertiría en el protocolo de Ethernet. No todo el mundo podía estar en ARPANET. Te tenían que invitar. Al no ser invitados, dos estudiantes de la Universidad de Duke crearon USENET, «el ARPANET de los pobres», en 1979. «Se daba por hecho que para unirse a ARPANET había que tener conexiones políticas y cien mil dólares —explicaba Stephen Daniel, programador de la red—.¹¹ No sé si era verdad, pero estábamos tan lejos de tener conexiones o ese dinero que ni lo intentamos.» En principio, era una red comunitaria para entusiastas de UNIX. Para entrar solo hacía falta tener acceso a un ordenador con UNIX y un marcador automático de fabricación casera. Fuera del entorno militar, el ambiente era completamente distinto. «USENET estaba organizado en torno a los grupos de noticias, donde el receptor controla lo que recibe —explica Daniel—. ARPANET estaba organizado en torno a listas de correo, donde hay un control central para cada lista que potencialmente controla quién recibe el material y qué material se transmite. Todavía prefiero el modelo lectorcéntrico.» En sus grupos de noticias se anunció y com-

partió por primera vez el código fuente de algunos de los pilares de la red, desde la World Wide Web al kernel de Linux. Fue la inspiración de los canales IRC y de los primeros movimientos sociales online. Comparada con el modelo OSI y TCP/IP, USENET era la verdadera red abierta, democrática y neutral. Al menos, si olvidamos por un momento que eran todos hombres de entre veinte y treinta años, programadores y blancos de clase media/alta con acceso a un ordenador y una línea telefónica.

Lo del acceso estaba a punto de empezar a arreglarse. Mientras los locos de la computación resolvían el problema de los estándares y la interoperatividad, la industria informática experimentaba su propio salto cuántico. Gordon Moore había dejado Fairchild Semiconductors para montar Intel Corporation con Robert Noyce en 1968, augurando que «la complejidad de los circuitos integrados se duplicaría cada año con una reducción de coste conmensurable». Durante varias décadas, la Ley de Moore fue lo único estable en un mundo en permanente aceleración. Intel sacó el primer microprocesador de cuatro bits en 1971 para una línea de calculadoras de la firma japonesa Busicom, lo que reducía de manera contundente el tamaño de las máquinas de computación. En 1974 inaugura la era del ordenador personal con el Intel de 8 bits en el Altair 8800.

IBM PC: CONSTRUYA SU PROPIO ORDENADOR

El Altair 8800 fue la portada de enero de *Popular Electronics*, una revista para manitas de la electrónica. Llevaba el primer bus de datos (bus S-100), una placa de circuito diseñada para conectar al resto de componentes del ordenador. También llevaba el Altair BASIC, escrito por Bill Gates y Paul Allen. A Gates le gusta contar que, cuando vieron aquel ordenador en la portada, corrieron a fundar Microsoft. Apple lanzó su primer ordenador de producción masiva en 1977. El Apple II tenía pantalla a color y un rompedor software de hoja de cálculo llamado VisiCalc, con el que triunfó en las oficinas, a pesar de su precio. En las casas triunfaban el Spectrum, el Amstrad y, especialmente, el Commodore 64, aún hoy el modelo de ordenador más vendido de

todos los tiempos. Probablemente porque traía muchos videojuegos. En 1981, mientras Steve Jobs trataba de producir el primer ordenador con interfaz gráfico de usuario y ratón, IBM reventó el mercado con un ordenador genérico, fabricado con piezas producidas por otros fabricantes en otros países. No se parecía a nada. Lo llamaron IBM PC.

El Gigante Azul había sido durante décadas el gran monopolio tecnológico. Sus enormes ordenadores eran el estándar de la industria. «Nunca han despedido a nadie por comprar IBM», se decía. Y era verdad. Durante sus setenta años de vida, había ejercido un control absoluto sobre el producto, que ocupaba habitaciones enteras, costaba millones de dólares y llevaba docenas de ingenieros de IBM dentro porque nadie más sabía cómo operar. Como explicaba Pepe Cervera, «aquellos ordenadores usaban programas de IBM en un sistema operativo de IBM con formatos de datos de IBM para realizar cálculos con los algoritmos propiedad de IBM mediante los circuitos lógicos y de memoria de IBM».¹² Fabricaban hasta el último tornillo del último mueble que alojaban sus máquinas y escribían hasta el último punto y coma de cada línea del código. IBM no era compatible con nada que no fuera IBM. Su cultura de empresa giraba en torno a los grandes proyectos para los grandes clientes, como el Departamento de Defensa. La revolución de los microprocesadores les convirtió en dinosaurios de la noche a la mañana. De pronto eran demasiado lentos para competir con Hewlett-Packard, Texas Instruments y Data General. Los jefes esperaban que «se pasara la moda». «Pretender que IBM saque un ordenador personal es como enseñar a bailar a un elefante», decían. Bill Lowe, director del laboratorio de IBM, convenció al resto de directivos de que sí podía hacerse, pero no dentro de la cultura de la empresa. Le dieron un año para producir un prototipo y convocó a un grupo de ingenieros en Boca Ratón, once hombres y una mujer.¹³ Los llamaron *The Dirty Dozen*.¹⁴ En un mes tenían una propuesta: había que abrir el proyecto a otros fabricantes y desarrolladores. Y, para hacerlo, tendrían que abrir su propia arquitectura. Era un escándalo absoluto y a la vez la única opción.

El «ordenador personal» era un Frankenstein compuesto de procesador central, un sistema operativo para reconocer y arrancar el hardware (BIOS), una memoria sólida para el proceso de información

(ROM) y una memoria alternativa para almacenar información (*floppy disk*). Tenía una placa base y un sistema operativo de software llamado QDOS. En lugar de fabricar cada una de las partes, dejarían que terceros lo hicieran para ellos. El sistema operativo era de Microsoft, rebautizado como PC-DOS y vendido por separado más adelante como MS-DOS. También tenía programas de contabilidad, procesador de texto y hasta un videojuego. El procesador era un Intel 8088, también todos los chips de soporte de la placa base. Los chips de memoria eran de terceros, la tarjeta gráfica de Motorola. El monitor y el teclado eran reciclados de otros modelos de IBM. Con el ordenador, publicaron el Manual de Referencia Técnica del IBM PC, con los diagramas esquemáticos de los circuitos, el código fuente de la BIOS y los detalles técnicos de cada uno de sus componentes. Los primeros clones tardaron menos de un año en salir al mercado.

IBM se había reservado el diseño de la BIOS, el código que haría de bisagra con el hardware del resto de fabricantes, cuya propiedad intelectual pensaba explotar en el nuevo mercado que había creado. No calculó lo fácil que sería adivinarlo. Con todos los demás detalles técnicos al descubierto, su competencia aisló rápidamente las características principales de su sistema central y las reprodujo sin pagar peaje. Pronto el PC era el estándar del mercado, y una nueva flota de fabricantes especializados empezó a producir software y periféricos para él. A pesar de los clones, a IBM no le fue nada mal. En enero de 1983, en algún lugar del mundo vendía un PC cada minuto laborable del día. El Gigante Azul recuperó su dominio del mercado y los usuarios ganaron acceso al mundo de la experimentación informática. Cualquiera podía construirse su propio equipo, entenderlo, repararlo y modificarlo cambiando piezas de distintos fabricantes para mejorar su rendimiento. Pero nadie se benefició más de este proceso que Microsoft.

IBM le había encargado a Bill Gates la producción del sistema operativo para despreocuparse por completo del software de escritorio. Habían tenido problemas de propiedad intelectual con otros fabricantes de software y querían eximirse completamente de esa responsabilidad. Cuando el PC se convirtió en el estándar del mercado, la separación de poderes le permitió a Microsoft venderles el mismo

software a muchos fabricantes distintos, con el resultado que ya conocemos. Hasta entonces, el monopolio de IBM había sido la ballena blanca de Apple, pero su archienemigo acababa de mutar hacia algo mucho más peligroso. Steve Jobs atacó a la nueva hidra de dos cabezas con su famoso anuncio 1984, dirigido por Ridley Scott. Estaba claro que IBM era el Gran Hermano y el software genérico de Microsoft su doctrina. Y Apple la bella atleta rubia con el disruptivo martillo de la revolución.

Hoy celebramos el primer glorioso aniversario de las Directivas de Purificación de Información. Hemos creado, por primera vez en la historia, un jardín de ideología pura donde cada obrero puede florecer a salvo de las plagas que proveen de pensamientos contradictorios. Nuestra Unificación del Pensamiento es un arma más poderosa que cualquier flota o armada sobre la Tierra. Somos un pueblo con una voluntad, una resolución, una causa. Nuestros enemigos hablarán entre sí hasta su muerte y nosotros los sepultaremos en su propia confusión. ¡Nosotros prevaleceremos!

En el anuncio, Apple iba a conseguir que 1984 no fuera como 1984, pero el combo PC-Windows prevaleció. Y con el desembarco de cientos de miles de terminales en los hogares y oficinas de millones de personas, internet dejaba de ser una red circunscrita a los círculos académicos internacionales para convertirse en la tierra de las oportunidades. En enero de 1983, la «persona del año» en la revista *Time* fue el ordenador. «El eterno romance estadounidense con el automóvil y el televisor está siendo ahora transformado por una pasión vertiginosa por el Ordenador Personal [...] el resultado de una revolución tecnológica que lleva cocinándose desde hace décadas y que está ahora, literalmente, desembarcando en el hogar.»

INTERNET ENTRA EN EL MERCADO

Cuando presentó el primer protocolo, Vince Cerf pensaba que «ARPANET era un proyecto de investigación y que probablemente no pasaría de las 128 redes». A finales de 1985 había ya 2.000 ordenado-

res conectados por TCP/IP. En 1987 eran 30.000 y en 1989 159.000. La división militar de ARPANET se separó del proyecto en 1984, argumentando motivos de seguridad. En este momento, internet requería de una inversión de dinero público desproporcionadamente grande para una red experimental entre departamentos de física y computación. Se reconfiguró como una red académica a nivel nacional que conectaría a todas las universidades, llamada National Science Foundation's Network (NSFNET). El proyecto costó doscientos millones de dólares de dinero público. Se estableció una estructura con cinco nodos en los cinco centros de supercomputación, la primera *backbone* de internet. Pero la red crecía y crecía por encima de sus posibilidades. Necesitaban invertir más o morirían de éxito.

La política de uso aceptable que habían impuesto a la NSFNET limitaba la red a un uso estrictamente académico, educativo y científico. Teóricamente, no podía tercerizar su infraestructura o conectarse a ninguna red comercial. Cuando surgió una tecnología llamada fibra óptica que supera al cobre en todos los aspectos posibles, no pudieron contratarla ni implantarla sin pedir mucho más dinero. Ni siquiera pudieron contratar a la industria emergente de servicios especializados que interconectan unas redes con otras en espacios donde el alquiler y la electricidad son baratos. La política de uso aceptable no tuvo muchas ventajas, y pronto fue eliminada por la High Performance Computing and Communication Act de 1991, firmada por George W. Bush y conocida como Ley Gore, porque fue impulsada principalmente por el congresista demócrata Al Gore. La ley asignaba seiscientos millones de dólares para la creación de una nueva Red Nacional de Investigación y Educación que uniría «industria, academia y Gobierno en un esfuerzo conjunto para acelerar el desarrollo de una red de banda ancha». Internet salía del gueto académico para ponerse al servicio de la sociedad civil.

Años más tarde, en su única campaña para la presidencia en la que competía con George W. Bush, Al Gore llegó a decir que él había creado internet. No fue un comentario muy afortunado y le cayeron numerosos capones, especialmente de su rival. Pero Gore no quería decir que él había inventado la conmutación de paquetes ni la fibra óptica, sino que había convertido el experimento académico en la

«autopista de la información». Se había inspirado en el trabajo de su padre, quien había impulsado la Ley Nacional de Carreteras Interestatales y de Defensa de 1956. De ahí la metáfora de las «autopistas» que dominó la primera época de internet. Gracias a Gore padre, Eisenhower destinó veintiséis mil millones de dólares de la época para construir autopistas que conectaran unos estados con otros de manera eficiente y segura. El Model T de Ford había democratizado el acceso al automóvil y, con la nueva infraestructura, el Gobierno había democratizado conducir. El IBM PC era el Model T de la revolución informática, y Gore Jr. quería democratizar la interconexión. Pero la democratizó poniendo dinero público en manos de operadoras privadas. El empresario William Schrader, que había pedido créditos y vendido su coche para montar el primer proveedor comercial regional de internet en Estados Unidos, acusó a la NSF de regalarle un parque nacional a Kmart.

Un año más tarde, como vicepresidente del Gobierno de Bill Clinton, Al Gore declara en el National Press Club que «las autopistas de la información serán construidas, pagadas y financiadas por el sector privado». En las siguientes cuarenta y ocho horas, el Comité Nacional Demócrata recibe quince mil dólares de Sprint; setenta mil de MCI, diez mil de U.S. West y veinticinco mil de NYNEX, las dos últimas particiones de AT&T. El *backbone* de NSFNET sale de los centros de supercomputación y queda en manos de cuatro empresas: la MAE-East en Washington; Sprint en Nueva York y otras dos particiones de AT&T: Ameritech en Chicago y Pacific Bell en California. El cambio es significativo: hay cuatro nodos en la nueva red que concentran mucho más poder que otros. La conmutación de paquetes sigue siendo distribuida pero hay cuatro empresas que deciden quién se conecta con quién, de acuerdo a sus propios intereses y alianzas. En 1994, el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología aconseja abandonar definitivamente el proyecto OSI y unirse a la Red de redes unidas por TCP/IP. En 1995, la NSFNET desapareció y con ella el sueño de una red distribuida que soñaron en los sesenta. Pero renacería como internet.

En 1996, aunque internet había dejado de ser el proyecto de un puñado de científicos para hacer el mundo un lugar mejor, seguía

siendo una red de propósito general. El detalle no es banal. Es lo que permitió cambiar el cobre de la línea telefónica por cable de fibra óptica sin tener que reconstruir la red entera. Y, más adelante, cambiar el protocolo de transmisión de datos por otro encriptado. Su conocida «apertura radical» ha permitido que evolucionen los contenidos y los formatos, del correo a la realidad virtual. Así lo contaba Dave Clark, uno de los arquitectos, en 2016.

En los primeros años, internet era principalmente correo, y cuando la gente te preguntaba si estabas en internet, querían decir que si tenías una dirección de email. El correo es una aplicación bastante poco exigente, y si internet se hubiese volcado demasiado en sostenerla (cosa que casi pasó), la [World Wide] web no habría podido surgir. Pero la web triunfó y su presencia complementaria al correo recordó a los ingenieros el valor de tener un propósito general. Pero este ciclo se repite y la emergencia del audio y el vídeo por *streaming* en los primeros 2000 puso a prueba la generalidad de un internet que se había recompuesto con la presunción de que ahora era la web —y no el email— la aplicación estrella. Hoy el *streaming* del vídeo y el audio de alta calidad son el motor que conduce el constante recalcular de internet, y es tentador asumir una vez más que ahora sabemos para qué estaba diseñada, y optimizarla con ese propósito. El pasado nos enseña que debemos estar siempre alerta para proteger el principio de generalidad de internet, y hacer sitio al futuro incluso cuando nos enfrentamos a las necesidades del presente.¹⁵

Justo antes de que la nueva red se privatizara, un joven físico británico se frustraba tratando de trabajar con las distintas bases de datos que confluyen en el Laboratorio Europeo de Física Nuclear de Ginebra, el primer nodo europeo de internet.

TIM BERNERS-LEE: ESTA WEB ES PARA TODOS

«La gente que venía a trabajar al CERN venía de universidades de todas partes del mundo y con ellos venían toda clase de ordenadores —cuenta Tim Berners-Lee—. No solo eran Unix, Mac y PC; había toda clase de ordenadores centrales y medianos ejecutando todo tipo

de software». Para poder usar archivos de un ordenador había que loguearse de manera remota. «Y a veces tenías que aprender a usar los distintos programas que había en esos ordenadores. A menudo era más sencillo pedirselo a la gente mientras estaban tomando café.»

Como el resto de sus colegas, Berners-Lee estaba harto de escribir programas para convertir los documentos de un sistema a otro. Hacía falta una nueva capa que fuese común a todos los sistemas, un «sistema de información imaginario» que fuese nativo de la nueva red y que todo el mundo pudiese leer y escribir. En resumen, hacía falta una biblioteca. Tratando de resolver aquel problema de una vez y para siempre, en los siguientes dos años creó de manera independiente la arquitectura de la red en la que nos movemos ahora. Primero inventó un lenguaje de etiquetas llamado hipertexto (HTML), un sistema que permitiría ordenar la información para ser leída en la pantalla a través de etiquetas descriptivas, como si fuera la página de un libro. Pero como era una página de la web, lo llamó página web. Toda la información de internet que quisiera ser compartida podría ser convertida a HTML y depositada en la memoria de unos ordenadores dedicados, como si fueran estanterías. A esos repositorios llenos de páginas HTML los llamaría servidores web. Para la comunicación entre los servidores y el ordenador que quisiera acceder a sus páginas, creó un protocolo de transferencia del hipertexto (HTTP). Cada página web tendría una dirección (Uniform Resource Locator) para poder encontrarla, aunque también se podría acceder a ella desde cualquier otra página web, gracias a un interconector interno llamado hiperenlace. De este modo, uno podría saltar de página en página y de servidor en servidor, de la misma manera que un investigador salta de referencia en referencia y de libro en libro. Habría muchos servidores en muchas instituciones en muchas partes del mundo, pero una sola biblioteca. Berners-Lee la presentó el 6 de agosto de 1991 en el grupo de noticias de USENET, llamado alt.hypertext. Pidió la colaboración de la comunidad para ponerla en marcha. La llamó World Wide Web.

Es imposible exagerar el impacto que tuvo este momento. Antes de la web, internet era básicamente tres cosas: correo, grupos de noticias¹⁶ y una forma de entrar de manera remota en otros ordenadores para husmear en las bases de datos de las universidades y centros de

investigación. Era todo texto, línea de comandos y programas como WAIS o Gopher, un buscador prehistórico basado en un código de caracteres heredado de la telegrafía llamado ASCII. Internet no era para todos; era solo para los que sabían usar una consola de texto y teclear los comandos adecuados. Tim creó ese mundo en un verano, pero no lo inventó solo. Los conceptos de hipertexto e hiperenlace habían sido desarrollados por Ted Nelson, Nicole Yankelovich, Andries van Dam y Douglas Engelbart, que también creó una interfaz que podía usarse de manera sencilla gracias a un ratón. El asunto estaba tan caliente que la Universidad de Carolina del Norte le dedicó un congreso: *Hypertext '87*. Todos los asistentes habían leído el famoso ensayo que publicó Vannevar Bush en la *Atlantic* en julio de 1945. Se titulaba «As we may think».

El ensayo delibera sobre la utilidad de la ciencia, y es aún más fascinante si se advierte que fue publicado solo un mes antes de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki. Vannevar Bush era el jefe máximo de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico y el primer responsable del proyecto Manhattan. El texto no habla de la bomba pero, entre los numerosos inventos que propone, hay una máquina llamada Memex, «una especie de librería mecánica» donde uno puede guardar todos sus libros, discos y comunicaciones, y que está «mecanizada de manera que los pueda consultar de manera veloz y flexible, como una extensión íntima de su memoria». Se diría que habla del iPhone, pero enseguida parece *Minority Report, vintage edition*. «Es como un escritorio y se puede operar a distancia [...] en la parte de arriba tiene pantallas traslúcidas donde se proyecta el material para su lectura. Hay un teclado y un juego de botones y palancas. Por todo lo demás parece un escritorio normal.» El material (libros, discos, etcétera.) se compran en microfilm y se descargan en el escritorio. «Si el usuario quiere consultar algo, teclea el código en el teclado y el libro aparece proyectado delante de él.» Las palancas sirven para desplazar el texto como una barra de desplazamiento mecánica. Si empujas hacia abajo, bajas por la página; si bajas y presionas un poco a la derecha, pasas página. Cuanto más hacia la derecha, más páginas pasas a la vez: diez páginas, cien páginas. La navegación del Memex ya era mejor que la del Kindle. «Todos los libros que consul-

ta pueden quedar abiertos por la página que más le convenga para ser llamados después. Puede añadir notas al margen y comentarios.»

«Todo esto es convencional», asegura modestamente Bush, salvo por las proyecciones/pantallas y sobre todo lo que llama *indexador asociativo*, «donde cualquier objeto es susceptible de ser marcado para seleccionar inmediata y automáticamente otro objeto distinto». El autor considera que este proceso de enlazar dos objetos es la verdadera innovación del Memex. Esa parece haber sido la inspiración de Tim Berners-Lee y de prácticamente todo lo que pasó en las siguientes dos décadas, de la blogosfera a Twitter, pasando por el buscador más popular del mundo. Casi podemos decir que el mundo está aún tratando de ponerse al día con Vannevar Bush.

Pongamos que el dueño del Memex está interesado en el origen y propiedades del arco y la flecha. Específicamente, estudia por qué el arco corto de los turcos era aparentemente superior al arco largo de los británicos en las escaramuzas de las Cruzadas. Tiene docenas de libros y artículos potencialmente pertinentes en su Memex. Primero revisa la enciclopedia, encuentra un artículo interesante pero superficial, y lo deja proyectado. Después, en un [libro de] historia, encuentra otro artículo pertinente y los conecta. Y así va construyendo una cadena de objetos. Ocasionalmente inserta algún comentario de su cosecha, bien enlazándolo al hilo principal o pegándolo como un hilo nuevo asociado a uno de los objetos. Cuando se hace evidente que la disponibilidad de material elástico tiene mucho que ver con el arco, se bifurca en un hilo lateral que le lleva a través de libros sobre elasticidad y tablas de constantes físicas. Inserta su propio análisis escrito a mano sobre el particular. Así construye un hilo con sus intereses que recorre el laberinto de material disponible.

En el mismo texto, Bush observa que muchas de las maravillas del mundo moderno estaban ya inventadas. Por ejemplo, el ordenador. Ni Leibnitz ni Babbage pudieron construir uno porque hacían falta otros avances tecnológicos para implementarlo, como el sistema de producción distribuido y la industria de producción en masa que hicieron posible el Palacio de Cristal. «Si le hubieran dado a un faraón los detalles y el diseño exacto de un coche, y hubiera podido entenderlos completamente, habría necesitado todos los recursos de su

reino para construir las miles de partes de un solo coche, y ese coche se hubiera averiado en su primer viaje a Giza.» También auguraba que su escritorio indexador haría aparecer «nuevas formas de enciclopedia, cruzadas por multitud de hilos asociativos, listas para ser volcadas en el Memex y amplificadas».

Bush fue sin duda una de las mentes más brillantes de su época, una mente portentosa con una gran capacidad de visión. Cuando intentó patentar una versión anterior del Memex, llamada Rapid Selector, la oficina de patentes le dio calabazas: ya había sido inventado en 1927 por un científico israelí llamado Emanuel Goldberg, que encima había patentado también un buscador. Y que era amigo de Paul Otlet, hoy considerado el padre de las ciencias bibliográficas, inventor de una red internacional de bases de datos que permitirían a cualquiera navegar por el gran repositorio de libros, artículos, fotografías, discos, exposiciones y películas almacenados en microfilm gracias a unos «telescopios eléctricos». Como una proyección a nivel planetario que reflejaría el mundo en tiempo real, porque toda creación sería instantáneamente registrada y almacenada para ser compartida en el mismo momento en que se producía. «Desde la distancia, todo el mundo podrá leer textos, ampliados y limitados al tema deseado, proyectados en una pantalla individual. De esta manera, cualquiera desde su sofá podrá contemplar la creación entera o alguna de sus partes.» Incluso podría «participar, aplaudir, hacer ovaciones o cantar en el coro». Todo esto se publicó en 1935, en un libro titulado *Monde*.

Goldberg y Otlet no solo se escribían sino que se encontraban en reuniones internacionales en las que se debatían las nuevas tecnologías de transmisión de conocimiento. En 1936 coincidieron con H. G. Wells, que ya imaginaba una especie de inteligencia colectiva en su ensayo, *World Brain*. «Toda la memoria humana puede ser, y probablemente lo sea dentro de muy poco tiempo, accesible a cada individuo. Puede tener al mismo tiempo la concentración de un animal craneado y la vitalidad difusa de una ameba.» Las ideas existen siempre en todas partes y quizá por eso Tim Berners-Lee decidió poner su implementación directamente en el dominio público, para beneficio de toda la humanidad. Como repitió en las siguientes dos décadas,

la web era demasiado importante para dejarla en manos del mercado. El 30 de abril de 1993, CERN publicó un comunicado diciendo que «la World Wide Web, en adelante referida como W3, es un sistema de información interconectado global [...]. Las webs pueden ser independientes, o pueden ser un subconjunto de otras o un superconjunto de muchas. Pueden ser locales, regionales o mundiales. Los documentos disponibles en una web pueden estar alojados en cualquier ordenador que sea parte de esa web». Al mismo tiempo, el Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación estadounidense lanzó Mosaic, un navegador gráfico para navegar con clicks de ratón. La primera versión para UNIX tuvo tanto éxito que en dos meses lanzaron otra para PC y Macintosh. Uno de sus principales programadores era un estudiante en prácticas llamado Marc Andreessen, que al año fundó su propia empresa para lanzar Netscape Navigator, el primer navegador comercial.

Berners-Lee se mudó al MIT en Massachusetts, donde fundó el World Wide Web Consortium (W3C), una institución dedicada a proteger los estándares abiertos de su criatura. Se dejó enchufado en el CERN un pequeño cubo de NeXT, la empresa que creó Steve Jobs cuando le echaron de Apple. Tiene una pegatina con un texto escrito en naranja brillante: «Esta máquina es un servidor. ¡¡NO LA APAGUES!!». Ese primer servidor web, que hoy se exhibe en el Museo de las Ciencias de Londres, cedido por el CERN, es la semilla de uno de los fenómenos más poderosos de nuestro tiempo: la nube.

KILÓMETROS DE FIBRA ÓPTICA PARA RECOLONIZAR EL MUNDO

La Ley de Telecomunicaciones de 1996 libera radicalmente el mercado de las comunicaciones en Estados Unidos, eliminando toda restricción sobre fusiones, adquisiciones, propiedades o negocios cruzados. Elimina las fronteras entre las emisoras de radio y televisión, la televisión por cable, los servicios telefónicos, los servicios de internet y el desarrollo de infraestructura. Todo el mundo puede crear y vender lo que quiera, todo a la vez: servicio telefónico, cable, espectro electromagnético, todos contra todos. La ley es aprobada en el Con-

greso y el Senado por unanimidad. Después de firmarla, Bill Clinton prometió que «estimulará la inversión, animará la competición y proveerá el libre acceso de todos los ciudadanos a la Autopista de la Información». Las grandes empresas inician un periodo de fusiones y adquisiciones que las hacen todavía más grandes, lo que consolida grandes monopolios. Otros se endeudan hasta las cejas instalando infraestructura. Fue la época del salvaje oeste. Y de la Declaración de Independencia del Ciberespacio que John Perry Barlow escribió para leer en Davos, el 8 de febrero del mismo año. El documento fundacional del cypherpunk se escribió para decirle al FMI, al Banco Mundial, a la Organización Mundial del Comercio, al Banco Internacional de Pagos, a las Naciones Unidas, a la OCDE y al resto de asistentes al Foro Económico Mundial que no podían regular la red. Que la red era LIBRE. «Yo declaro un espacio social independiente que construimos nosotros, por naturaleza independiente de la tiranía que nos tratáis de imponer. No tenéis derecho moral para gobernar sobre nosotros, ni tenéis herramientas para obligarnos a que tengamos motivos para temer.» Pensaban genuinamente que iban a ser los propios programadores, los veteranos barbudos de los departamentos de computación, los hippies desaliñados de Berkeley y no los militares ni las telefónicas los que iban a colonizar el nuevo espacio. Que surgiría una nueva clase de colono y que sería fiel al espíritu abierto y descentralizado de internet. Este es el mito fundacional de Silicon Valley, la famosa cultura californiana que impregna todas las manifestaciones públicas de las empresas más poderosas del mundo. John Perry Barlow estaba tan equivocado que pasó el resto de su vida peleándose contra los colonos que conquistaron el mercado y monopolizaron el espacio con herramientas que le dieron muchos motivos para temer. Ese fue y es aún el trabajo de la Electronic Frontier Foundation, la organización que fundó en 1990 y que sigue siendo uno de los pilares de la lucha por los derechos civiles online.

En retrospectiva, el cable parecía una inversión segura. Internet iba a cambiarlo todo y tener un trozo de propiedad en el nuevo imperio era crucial, costara lo que costase. Cientos de empresas pidieron prestados miles de millones de dólares para cablear el mundo con fibra óptica, incluyendo los cables submarinos que conectan los conti-

nentes. Pensaban que la demanda se iba a triplicar cada año y que pronto pagarían su deuda y recuperarían su inversión. Pero una de las perversiones del mercado es que todo el mundo quiere ofrecer el mismo servicio. «Todos decidieron tender un montón de cables submarinos al mismo tiempo, prácticamente todos haciendo la misma ruta», explicaba Tim Stronge, investigador de la empresa de cartografía técnica TeleGeography, en una conferencia. Entre todos, fueron tirando más cable del que pedía el mercado: saturaron las grandes ciudades mientras que las zonas mal comunicadas sufrieron su primera brecha digital. Con el exceso de competencia y la falta de demanda, los precios se desplomaron y el mercado entero se fue a la quiebra. Cuando estalló la burbuja en 2001, solo el 5 por ciento de la fibra instalada era utilizada por alguien. Las grandes operadoras estatales y los grandes negocios vivieron para contarlos y privatizar el botín. Muchos se hicieron de oro «rescatando» los restos del naufragio. La deuda combinada era de tres billones de dólares.

Curiosamente, hoy se celebra este episodio como el derroche que hizo posible la era de la información. Debajo de las ciudades hay todavía un exceso monumental de fibra óptica infrautilizada, al que se llama fibra oscura y que sirve como infraestructura mercenaria para quien pueda pagarla. En cierto sentido, aquella fiebre del oro no fue muy diferente a la del telégrafo o la del ferrocarril. En el capitalismo salvaje no hay revolución sin burbuja. El mercado distribuyó la responsabilidad y los costes de su desarrollo para luego recentralizar los beneficios. Muchos pagaron por la infraestructura y unos pocos se la quedaron después. La red quedó en manos de unos cuantos monopolios y la deuda redistribuida entre los contribuyentes y futuros usuarios.

Cuando se constituyó, la Unión Europea estableció enero de 1998 como fecha límite para la liberalización de las telecomunicaciones, con prórrogas para España, Portugal, Grecia e Irlanda. Eran los países más afectados por la grave crisis económica de 1993. El notorio informe de Martin Bangemann, comisario responsable del área de Telecomunicaciones en Europa, aseguraba que privatizar era la única vía hacia el progreso. Las administraciones públicas no podían seguir sufragando el desarrollo de la tecnología sin robar recursos a la cultu-

ra, la educación o la sanidad, argumentaba el informe. Tampoco podían desangrar a la sociedad civil con nuevos impuestos. Por otra parte, los países de la Unión Europea no podían permitirse quedarse en la cuneta de la autopista de la información. Había que privatizar las operadoras estatales y hacer que compitieran entre ellas, por el bien del consumidor. Después de firmarlo, en 1997, Martin Bangemann se incorporaba al consejo de administración de Telefónica, que José María Aznar acababa de privatizar sin pasar por el Congreso. En honor a la verdad, para entonces al Estado solo le quedaba un 20,9 por ciento de la empresa pública. En 1995, Felipe González ya le había vendido la división de instalaciones de telecomunicaciones Sintel, con filiales en América Latina y África, a la familia cubano-estadounidense Mas Canosa, dueña de MasTec. Vendió la máquina de instalar cable por cuatro mil novecientos millones de pesetas un año después de haber invertido cinco mil millones de dinero público y en la antesala de la burbuja del cable. La compañía de los Mas Canosa está ahora en la lista de los 500 de *Fortune* y acaba de ganar un contrato de quinientos millones de dólares para reconstruir la red que destruyeron los huracanes en Puerto Rico en 2017.

Tras la «liberación», España fue dividida en cuarenta demarcaciones provinciales, comunidades autónomas y alguna municipal. Telefónica Cable obtuvo permiso automático para poner cable en todas las demarcaciones, y sacaron a concurso una licencia por zona para el resto de aspirantes. Al poco tiempo, Telefónica cambió su licencia para reciclar su vieja instalación de cobre como ADSL. Las licencias regionales se las repartieron ONO, Menta, Supercable, Able, Telecable, R, Euskaltel, Retena, Canarias Telecom, Retecal, Reterioja y Madritel. Cablearon las ciudades, con subvenciones de bancos, cajas regionales y compañías eléctricas, dejando las zonas rurales cautivas del ADSL. Con el tiempo, todo el negocio de la fibra óptica en España, salvo Galicia, Asturias y el País Vasco, acabó en manos de una empresa británica: Vodafone. Además de ser jefa del cable en España, es también la segunda operadora de telefonía móvil más grande del planeta, con cuatrocientos setenta millones de usuarios en todo el mundo. La primera es China Mobile.

«Me he dado cuenta de que la idea de que internet es un sistema

de comunicación redundante y fuertemente distribuido es un mito —le decía Douglas Barnes a su amigo Neil Stephenson en el famoso ensayo sobre cables submarinos que publicó *Wired* en 1996—. Virtualmente todas las comunicaciones entre países pasan por un pequeño número de cuellos de botella, y el ancho de banda que tienen no es precisamente bueno.» La cosa no ha cambiado tanto desde entonces. En ese momento, la mitad del tráfico de red pasaba por la MAE-East, en un lugar a 48 kilómetros al noroeste de Washington llamado Tysons Corner.

Con la explosión del cable de fibra óptica se disparó la demanda de puntos de interconexión entre los distintos servicios comerciales, espacios fronterizos donde el cable de una compañía se convertía en el de otra. Pero el *backbone* estaba ahora en manos de un pequeño grupo de operadoras, y funcionaban de acuerdo a sus propios intereses. La única excepción era la MAE-East. El nodo primigenio de internet había nacido cuando «unos cuantos proveedores de Virginia quedaron para tomar unas birras y decidieron interconectar sus redes». ¹⁷ Al ser operadores de cable —principalmente la Metropolitan Fiber Systems y UUNET—, no estaban anclados a los nodos telefónicos urbanos de principios de siglo. Podían escoger un lugar donde la electricidad y el suelo fueran baratos y hubiera sitio para expandir, y lo encontraron en el quinto piso del 80100 de Boone Boulevard en Tysons Corner, al norte de Virginia. Cuando la industria empezó a plantar nuevos puntos de intercambio «independiente de operadores» para conectar las nuevas redes entre ellas, lo hicieron alrededor de la MAE-East. El pionero fue Equinix, hoy el proveedor de interconexiones y centro de datos más grande del mundo. Amazon eligió el mismo lugar para lanzar su servicio de nube, Amazon Web Services, en 2006.

Al principio todo entraba dentro de lo comprensible. Se podía ver físicamente quién era quién y qué era qué. Este punto conecta estos tres servicios que conectan con estos otros cuatro en otros puntos de intercambio. Esta antena es de AT&T. Este cable conecta Australia con Estados Unidos. Aquel es de Amazon. El otro es de un banco. Con la superposición de tecnologías, contratos, acuerdos secretos, servicios, sistemas y redundancias, el diagrama de la red se fue

volviendo demasiado complejo para ser desglosado en detalle. Como cuenta James Bridle en *The New Dark Age*, un símbolo empezó a sustituir a muchos otros, como un paréntesis capaz de contener un conjunto de cosas cuyo contenido era irrelevante o conocido.

Lo que fuera que el ingeniero estaba haciendo, se podía conectar a esta nube y eso era todo lo que hacía falta saber. La otra nube podía ser un sistema eléctrico o tráfico de datos, otra red de ordenadores o lo que fuera. No importaba. La nube era una forma de reducir complejidad: le permitía a uno concentrarse en la tarea pertinente y no preocuparse por lo que podía estar pasando en aquel otro sitio. Con el tiempo, a medida que las redes crecieron y se interconectaron, la nube se volvió más y más importante. Los sistemas pequeños se definían con respecto a la nube —cuán rápido podían intercambiar datos con ella; qué podían sacar de ella. La nube empezó a pesar, a convertirse en un recurso: la nube puede hacer eso y esto otro. La nube podía ser poderosa e inteligente. Se convirtió en una palabra clave del negocio y una estrategia de venta. Se convirtió en algo más que el atajo de un ingeniero: se convirtió en metáfora. Hoy la nube es la metáfora central de internet: un sistema global de poder y energía que todavía retiene el aura de algo fenomenológico y luminoso, algo casi imposible de comprender. Nos conectamos a la nube; trabajamos en ella; guardamos y sacamos cosas de ella, pensamos con ella. Pagamos por ella y solo la sentimos cuando falla. Es algo que experimentamos todo el tiempo sin entender lo que es o cómo funciona. Es algo en lo que nos hemos acostumbrado a confiar sin tener la más remota idea de lo que estamos confiando, y a quién.

La gestión del tráfico ofrece dos clases de poder. El primero, el poder de leer la información de las cabeceras de los paquetes, para comprobar que cumplen los requisitos del protocolo. Segundo, el de regular su itinerario. La suma de toda esa información se llama metadatos y tienen un enorme valor. Para que una red siga siendo descentralizada es crucial que los metadatos se dispersen. Ahora mismo, el 70 por ciento del tráfico de internet pasa por Tysons Corner, una nube tan opaca, infranqueable, indeseable como una cámara acorazada que no solo se ocupa de conducir una gran parte del tráfico sino que, para hacerlo, lo tiene que leer. Tiene que recoger estadísticas

sobre ese tráfico en ordenadores cada vez más grandes, capaces de hacer cálculos cada vez más enrevesados para optimizar su gestión. Y emplear algoritmos que analizan esas grandes cantidades de tráfico para encontrar los patrones de ese tráfico y predecir su comportamiento. Y con él, el comportamiento de los mercados, de los países, de las personas. Justo el objetivo inicial de ARPANET. El vínculo no puede ser más directo: Tysons Corner era el corazón de los servicios secretos durante la Guerra Fría.

Como todo, es por conveniencia. Está lo bastante lejos de Washington para sobrevivir a un ataque nuclear, pero lo bastante cerca como para seguir estando en la capital y a medio camino del aeropuerto. Los pioneros de internet aprovecharon las antiguas instalaciones para ahorrarse unos dólares. Lo cierto es que las grandes empresas de internet trabajan mano a mano con cientos de contratistas militares, a pocos bloques del cuartel general de la CIA. Allí permanece una de las veintitrés torres de control del programa SAGE, que en 1952 conectaba a Washington con la red secreta de búnkers de la Guerra Fría diseñada para resguardar al presidente y otros miembros del Gobierno en caso de un ataque nuclear.