

**La construcción social de hechos y de artefactos:
o acerca de cómo la sociología de la ciencia
y la sociología de la tecnología pueden
beneficiarse mutuamente***

Trevor J. Pinch / Wiebe E. Bijker

Uno de los rasgos más sorprendentes del crecimiento de los "estudios sociales de la ciencia" en los años recientes ha sido la separación de la ciencia y la tecnología. Abundan los estudios sociológicos acerca del nuevo conocimiento sobre la ciencia, lo que también ocurre con los estudios sobre la innovación tecnológica, pero pocos intentos se han realizado en juntar ambos cuerpos de conocimiento.¹ Es posible que la

* Publicado originalmente como "The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other", en Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. J. Pinch (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, The MIT Press. Este artículo es una versión abreviada y actualizada de Pinch y Bijker (1984). Agradecemos a Henk van den Belt, Ernst Homburg, Donald MacKenzie y Steve Woolgar por comentarios realizados a un borrador anterior. Queremos agradecer a la Stiftung Volkswagen, de la República Federal Alemana, a la Twente University of Technology, en los Países Bajos, y al SSRC del Reino Unido (bajo el subsidio G/00123/0072/1) por el apoyo económico.

¹ El divorcio entre la ciencia y la tecnología pareciera resultado no tanto de la ausencia de metas analíticas globales al interior de los "estudios de la ciencia", sino más a las demandas contingentes del desarrollo de estudios en esas áreas. Para dar un ejemplo: la nueva sociología del conocimiento científico, que intenta tener en cuenta el actual contenido del conocimiento científico, puede ser mejor desarrollada por investigadores que poseen algún entrenamiento en la ciencia que estudian, o al menos por quienes poseen alguna familiaridad con un extenso cuerpo de literatura técnica (en verdad, muchos investigadores son ex científicos naturales). Habiendo ganado esta experticia, los investigadores tienden a estar dentro del dominio donde su experticia puede ser mejor desarrollada. De manera similar, los estudios sobre I+D y sobre innovación, en los cuales los análisis

ciencia y la tecnología sean esencialmente diferentes y que se justifiquen diferentes aproximaciones a su estudio. Sin embargo, no podemos estar seguros de esto hasta que no haya sido realizado el intento de tratarlas dentro del mismo esfuerzo analítico.

El argumento de este artículo es que el estudio de la ciencia y el estudio de la tecnología debieran, y de hecho pueden, beneficiarse mutuamente. En particular, argumentamos que la perspectiva del constructivismo social que prevalece en la sociología de la ciencia –y que también está emergiendo en la sociología de la tecnología– provee un punto de partida útil. Establecemos las preguntas constitutivas a las que dicha aproximación unificada –proveniente del constructivismo social– debería contestar tanto empírica como analíticamente.

Este artículo consta de tres secciones principales. En la primera parte esbozamos varios hilos argumentativos y revisamos bibliografía que consideramos relevante para nuestras metas. Luego discutimos las dos aproximaciones específicas a partir de las cuales se ha desarrollado nuestro punto de vista: el “programa empírico del relativismo” (Collins, 1981d) y el constructivismo social en el estudio de la tecnología (Bijker *et al.*, 1984). En la tercera parte juntamos estas dos aproximaciones y damos algunos ejemplos empíricos. En las conclusiones resumimos nuestros hallazgos e indicamos las direcciones en las que creemos que el programa puede ser proseguido de manera fructífera.

ALGUNA BIBLIOGRAFÍA RELEVANTE

En esta sección llamamos la atención sobre tres cuerpos de literatura en los estudios de ciencia y tecnología. Las tres áreas discutidas son

están centrados en la firma y en el mercado, han tendido a demandar la competencia especializada de economistas. Estos cuerpos de trabajo tan dispares no han llevado a una concepción más integrada de la ciencia y la tecnología. Una excepción notable es Ravetz (1971). Este es uno de los pocos trabajos en los estudios recientes sobre la ciencia en el que tanto la ciencia como la tecnología, así como sus diferencias, son exploradas dentro de un marco analítico común.

la sociología de la ciencia, la relación entre ciencia y tecnología, y los estudios sobre tecnología.

Sociología de la ciencia

No es nuestra intención revisar en profundidad desarrollos en este campo tomado como un todo.² Estamos ocupados aquí solo con la emergencia reciente de la sociología del *conocimiento* científico.³ Los estudios en esta área toman el contenido actual de las ideas científicas, las teorías y los experimentos como temas de análisis. Esto contrasta con la orientación de trabajos anteriores en sociología de la ciencia, interesados en la ciencia como institución y el estudio de las normas científicas, los patrones de las carreras y las estructuras de recompensa.⁴ Tal vez un desarrollo significativo en el campo durante la última década, quizá el más significativo, ha sido la extensión de la sociología del conocimiento en la arena de las “ciencias duras”. La necesidad de tal “programa fuerte” fue esbozada por Bloor. Sus principios centrales son que, al investigar las causas de las creencias, los sociólogos deben ser imparciales respecto a la verdad o la falsedad de las creencias, y que estas creencias deben ser explicadas de manera simétrica (Bloor, 1973). En otras palabras, no debería buscarse explicaciones diferenciadas para lo que es considerada una “verdad” científica (por ejemplo, la existencia de los rayos X) y una “falsedad” científica (por ejemplo la existencia de los rayos N). Dentro de dicho programa, todo conocimiento y toda afirmación cognitiva han de ser tratados como siendo socialmente construidos; es decir, que las explicaciones acerca de la génesis, la aceptación y el rechazo de las afirmaciones cognitivas se deben buscar en el dominio del mundo social más que en el mundo natural.⁵

² Una revisión abarcativa puede encontrarse en Mulkay y Milic (1980).

³ Para una revisión reciente de la sociología del conocimiento científico, véase Collins (1983c).

⁴ Para una discusión del trabajo anterior (asociado con Robert Merton y sus discípulos), véase Whitley (1972).

⁵ Para más discusiones, véase Barnes (1974), Mulkay (1979a), Collins (1983c) y Barnes y Edge (1982). Los orígenes de esta aproximación pueden hallarse en Fleck (1935).

Esta aproximación ha generado un vigoroso programa de investigación empírica, y es posible ahora entender los procesos de construcción del conocimiento científico en una diversidad de lugares y contextos. Por ejemplo, un grupo de investigadores ha concentrado su atención en el estudio de los laboratorios.⁶ Otro ha elegido las controversias científicas como el lugar para su investigación y de tal modo se ha focalizado en la construcción social del conocimiento científico dentro de una comunidad más amplia de científicos.⁷ De igual modo que en ciencias duras –como en física y en biología– la aproximación teórica ha demostrado ser fructífera en el estudio de las ciencias marginales⁸ y en el estudio de debates públicos sobre la ciencia, tales como los vinculados a la polución con plomo.⁹

Si bien se presentan las usuales diferencias de opinión entre los investigadores acerca del mejor lugar en el que focalizar estas investigaciones (por ejemplo, el laboratorio, la controversia o el artículo científico), y si bien hay diferencias acerca de la estrategia metodológica más adecuada a seguir,¹⁰ existe un amplio consenso acerca de que puede mostrarse –y de hecho se ha mostrado con profundidad– que el conocimiento científico está socialmente construido. Estas aproximaciones, a las que nos referimos como “constructivismo social”, marcan un nuevo desarrollo en la sociología de la ciencia. El tratamiento del conocimiento científico como una construcción social implica que no hay nada especial –desde el punto de vista epistemológico– en el conocimiento científico natural. Es meramente uno entre un conjunto de culturas del conocimiento (incluyendo, por ejemplo, los sistemas de conocimiento pertenecientes a tribus “primitivas”) (Barnes, 1974; Collins

⁶ Véase, por ejemplo, Latour y Woolgar (1979), Knorr-Cetina (1981), Lynch (1985a) y Woolgar (1982).

⁷ Véase, por ejemplo, Collins (1975), Wynne (1976), Pinch (1977, 1986), Pickering (1984) y los estudios de Pickering, Harvey, Collins, Travis, y Pinch y Collins (1981a).

⁸ Collins y Pinch (1979, 1982).

⁹ Robbins y Johnston (1976). Para un análisis similar de las controversias públicas de la ciencia, véase Gillespie *et al.* (1979) y McCrea y Markle (1984).

¹⁰ Algunos de los debates más recientes pueden encontrarse en Knorr-Cetina y Mulkay (1983).

y Pinch, 1982). Desde luego, los éxitos y los fracasos de ciertas culturas del conocimiento requieren aún ser explicados, pero esto debe ser visto como una tarea sociológica, no epistemológica.

La sociología del conocimiento científico ha generado nuevas posibilidades de estudio en otras áreas de los “estudios de la ciencia”. Por ejemplo, se ha argumentado que el nuevo trabajo posee relevancia para la historia de la ciencia (Shapin, 1982), la filosofía de la ciencia (Nickles, 1982), y la política científica (Healey, 1982; Collins, 1983b). La perspectiva del constructivismo social no solo parece estar ganando terreno como un importante cuerpo de trabajos por propio derecho, sino que también muestra potencial para ser aplicado en ámbitos más amplios. Este cuerpo de trabajos constituye uno de los pilares de nuestra propia aproximación al estudio de la ciencia y la tecnología.

La relación ciencia-tecnología

La literatura sobre la relación entre la ciencia y la tecnología es heterogénea, e incluye contribuciones correspondientes a distintas perspectivas disciplinarias. No pretendemos presentar aquí más que una revisión parcial, reflejando nuestros propios intereses.

Un tema –tratado fundamentalmente por filósofos– es el intento de separar la tecnología de la ciencia desde una perspectiva analítica. Al hacer esto, los filósofos tienden a plantear distinciones idealizadas en extremo, tales como que la ciencia trata del descubrimiento de verdades mientras que la tecnología trata acerca de las aplicaciones de la verdad. En este sentido, la bibliografía sobre la filosofía de la tecnología desilusiona bastante (Johnson, 1984). Preferimos suspender el juicio sobre esta hasta que los filósofos propongan modelos más realistas tanto de la ciencia como de la tecnología.

Otra línea de investigación en torno a la naturaleza de la relación entre la ciencia y la tecnología ha sido desarrollada por los investigadores de la innovación. Han intentado investigar empíricamente el grado en el cual la innovación tecnológica incorpora –o se origina a partir de– la ciencia básica. Un corolario de esta aproximación ha sido

el trabajo de algunos investigadores que han buscado relaciones en la dirección opuesta; es decir, han argumentado que la ciencia pura es deudora de desarrollos tecnológicos.¹¹ Los resultados de las investigaciones empíricas acerca de la dependencia de la tecnología en la ciencia han sido bastante frustrantes. Ha sido difícil especificar la interdependencia. Por ejemplo, el Proyecto Hindsight, financiado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, encontró que la mayor parte del crecimiento tecnológico, más que de la ciencia pura, proviene de proyectos orientados a la resolución de problemas específicos y de la ingeniería de I+D (Sherwin e Isenson, 1966, 1967). Estos resultados fueron apoyados hasta cierto punto por un estudio británico posterior (Langrish *et al.*, 1972). Por el otro lado, el Proyecto TRACES -financiado por la National Science Foundation en respuesta al Proyecto Hindsight- encontró que la mayor parte del desarrollo tecnológico proviene de la investigación básica (Illinois Institute of Technology, 1968). Todos estos estudios han sido criticados por su carencia de rigor metodológico, por lo tanto es necesaria suma cautela a la hora de sacar cualquier conclusión definitiva a partir de estos trabajos (Kreilkamp, 1971; Mowery y Rosenberg, 1979). La mayoría de los investigadores hoy en día pareciera estar dispuesta a admitir que la innovación tecnológica tiene lugar en un amplio rango de circunstancias y de épocas históricas, y que por lo tanto la importancia que puede atribuirse a las ciencias básicas probablemente varíe considerablemente en cada caso.¹² Ciertamente, la mirada prevaleciente en los "malos tiempos idos" (Barnes, 1982a) -en los que la ciencia descubría y la tecnología aplicaba- ya no será suficiente. Los modelos simplistas y las generalizaciones han sido abandonados. Como lo señalaba Layton en una entrevista:

La ciencia y la tecnología se han entremezclado. La tecnología moderna involucra científicos que "hacen" tecnología y tecnólogos que funcionan como científicos [...] La vieja perspectiva acerca de que las ciencias

¹¹ El *locus classicus* es el estudio de Hessen (1931).

¹² Véase, por ejemplo, De Solla Price (1969), Jevons (1976) y Mayr (1976).

básicas generan todo el conocimiento que los tecnólogos luego aplican, simplemente no sirve para comprender la tecnología contemporánea (Layton, 1977, p. 210).

Los investigadores interesados en medir con exactitud la interdependencia entre la ciencia y la tecnología parecen haber realizado la pregunta equivocada, debido a que han asumido que la ciencia y la tecnología son estructuras monolíticas bien definidas. No han percibido que la ciencia y la tecnología son producidas socialmente en una variedad de circunstancias sociales (Mayr, 1976). Parece existir en la actualidad, sin embargo, un movimiento hacia concepciones más sociales de la relación entre la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, Layton escribe: "Las divisiones entre la ciencia y la tecnología no son las divisiones entre las funciones abstractas del conocer y el hacer. Más bien, son sociales" (Layton, 1977, p. 209).

Barnes ha descrito recientemente este cambio de pensamiento:

Comienzo con la mayor reorientación de nuestro pensamiento acerca de las relaciones entre la ciencia y la tecnología que ha ocurrido en los años recientes [...] Reconocemos que la ciencia y la tecnología se encuentran a la par. Ambos conjuntos de prácticas suponen la extensión y el desarrollo creativo de su cultura, pero ambas también toman y explotan parte de la cultura de la otra [...] Están de hecho enredadas en una relación simbiótica (Barnes, 1982a, p. 166).

Si bien Barnes puede ser excesivamente optimista al afirmar que ha ocurrido una "reorientación mayor", puede verse que la perspectiva del constructivismo social se adecua bien a su concepción sobre la relación entre la ciencia y la tecnología. Puede considerarse que los científicos y los tecnólogos construyen sus respectivos cuerpos de conocimiento y de técnicas, cada cual tomando recursos de los otros en el lugar y el momento en que estos recursos pueden ser ventajosamente explotados. En otras palabras, tanto la ciencia como la tecnología son culturas socialmente construidas, y apelan a los recursos culturales

que son apropiados para los propósitos que tienen entre manos. Desde esta perspectiva, la frontera entre la ciencia y la tecnología es –bajo instancias particulares de cada caso– un asunto de negociación social, que no representa distinciones *a priori* que deban subrayarse. Tiene poco sentido entonces tratar la relación entre la ciencia y la tecnología de un modo general y unidireccional. Si bien no proseguiremos este asunto más allá en este artículo, es claramente un asunto que merece investigaciones empíricas posteriores.

Estudios sobre tecnología

Nuestra discusión acerca de los estudios sobre tecnología es aún más esquemática. Existe una gran cantidad de escritos rotulados como “estudios sobre tecnología”. Es conveniente dividir esta literatura en tres partes: estudios sobre innovación, historia de la tecnología, y sociología de la tecnología. Discutimos cada uno de ellos por separado.

La mayoría de los estudios sobre innovación ha sido llevada a cabo por economistas que buscaban establecer las condiciones del éxito en la innovación. Los factores investigados incluyen varios aspectos de la firma innovativa (por ejemplo las dimensiones del esfuerzo en I+D, capacidad gerencial y capacidad de comercialización) junto con factores macroeconómicos pertenecientes a la economía como un todo.¹³ Esta literatura tiene, en algunos aspectos, reminiscencias de las primeras épocas de la sociología de la ciencia, cuando el conocimiento científico era tratado como una “caja negra” (Whitley, 1972). Para el alcance de este tipo de estudios, los científicos bien habrían podido dedicarse a producir pasteles de carne. De manera similar, en el análisis económico de la innovación tecnológica se incluye todo aquello que posee una influencia sobre la innovación, excepto una discusión sobre la tecnología en sí misma. Como lo nota Layton:

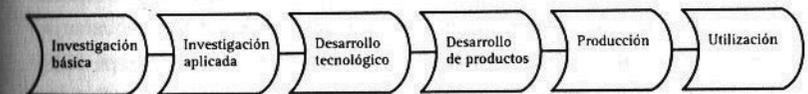
¹³ Véase por ejemplo, Schumpeter (1928, 1942), Schmookler (1966, 1972), Freeman (1974, 1977) y Scholz (1976).

Lo que se necesita es una comprensión de la tecnología desde adentro, como un cuerpo de conocimiento y como un sistema social. En lugar de eso, la tecnología es habitualmente tratada como una “caja negra”, cuyos contenidos y comportamientos pueden ser asumidos a partir del conocimiento común (Layton, 1977, p. 198).

Solo recientemente los economistas han comenzado a mirar dentro de esa caja negra.¹⁴

El fracaso en explicar el contenido de la innovación tecnológica es resultado del amplio uso dado al modelo lineal simple para describir el proceso de innovación. El número de pasos en el desarrollo asumido por estos modelos parece ser bastante arbitrario (para un ejemplo de un proceso en seis etapas véase la figura 1).

Figura 1. Un modelo de seis etapas del proceso de innovación (Adaptado de Uhlmann, 1978, p. 45)



Si bien estos estudios han contribuido en mucho a la comprensión de las condiciones del éxito económico en la innovación tecnológica, no pueden ser usados como base para una perspectiva constructivista social de la tecnología dado que ignoran el contenido tecnológico.¹⁵

Esta crítica no puede ser adjudicada a la historia de la tecnología, donde existen diversos estudios elaborados con sutileza acerca del desarrollo de tecnologías particulares. Sin embargo, para los propósitos de una sociología de la tecnología, estos desarrollos disciplinares

¹⁴ Véase por ejemplo, Rosenberg (1982), Nelson y Winter (1977, 1982) y Dosi (1982, 1984a). Un estudio que los precede es Rosenberg y Vincenti (1978).

¹⁵ Para otra crítica de estos modelos lineales, véase Kline (1985).

presentan dos niveles de problemas. El primero es que la historiografía descriptiva es un problema endémico en esta disciplina. Pocos investigadores (si bien existen algunas excepciones notables) parecen interesados en generalizar más allá de las instancias históricas, y es difícil discernir patrones generales sobre los cuales construir una teoría sobre la tecnología (Staudenmaier, 1983; 1985). Esto no quiere decir que tales estudios no sean ladrillos útiles para una perspectiva constructivista social de la tecnología, sino que estos historiadores no han mostrado aún intenciones de realizar sociología del conocimiento de una forma diferente.¹⁶

El segundo problema concierne al carácter asimétrico de la selección del objeto de análisis. Por ejemplo, se ha señalado que en los veinticinco volúmenes de la revista *Technology & Culture* solo nueve artículos fueron dedicados al estudio de innovaciones tecnológicas fracasadas (Staudenmaier, 1985). Esto contribuye a la adopción implícita de una estructura del desarrollo tecnológico lineal, que sugiere que "toda la historia del desarrollo tecnológico ha seguido un camino ordenado o racional, como si el mundo actual fuera la meta precisa hacia la cual todas las decisiones, hechas desde el comienzo de la historia, hubieran estado dirigidas conscientemente" (Ferguson, 1974b, p. 19).

Esta preferencia por las innovaciones exitosas parece llevar a los investigadores a asumir que el éxito de un artefacto constituye una explicación de su desarrollo y funcionamiento. Los historiadores de la tecnología a menudo parecen estar satisfechos en confiar en el éxito manifiesto de un artefacto como una evidencia de que no se requiere un trabajo explicativo posterior. Por ejemplo, muchos historiadores del plástico sintético comienzan por describir las características "técnicamente agradables" de la baquelita; estos rasgos son luego utilizados para situar a la baquelita al comienzo del glorioso desarrollo de este

¹⁶ Shapin plantea que "una perspectiva adecuada acerca de los usos de la ciencia debería revelar que la sociología del conocimiento y la historia de la tecnología tienen más en común de lo que es usualmente pensado" (1980, p. 132). Aún cuando simpatizamos con los argumentos de Shapin, consideramos que los tiempos ya están maduros para hacer preguntas más agudas en los estudios históricos.

campo: "¡Dios dijo: 'hágase la baquelita' y todo fue plástico!" (Kaufman, 1963, p. 61).

Un estudio más detallado del desarrollo del plástico y de la química del barniz, con posterioridad a la publicación, en 1909, del proceso de elaboración de la baquelita (Baekeland, 1909c; 1909d) muestra sin embargo que la baquelita no fue reconocida inicialmente como aquella maravillosa resina sintética, como posteriormente ocurrió.¹⁷ Y esta situación no sufrió alteraciones significativas a lo largo de los siguientes diez años.

Durante la Primera Guerra Mundial las perspectivas del mercado para los plásticos sintéticos devinieron aún peores. Sin embargo el *dumping* que se produjo en los suministros de fenol (usado en la manufactura de la baquelita) durante la guerra cambiaron radicalmente el escenario en 1918 (Haynes, 1954, pp. 137-138), e hicieron posible mantener los precios lo suficientemente bajos como para competir con resinas (semi)naturales, como el celuloide.¹⁸ Es posible especular acerca de si la baquelita hubiera adquirido su preeminencia, en caso de no haberse beneficiado de la situación generada por el *dumping* del fenol. En cualquier caso, es claro que una explicación histórica basada en el éxito retrospectivo del artefacto deja mucho que desear.

Dada nuestra intención de construir una sociología de la tecnología que trate el conocimiento tecnológico del mismo modo simétrico e imparcial con que son tratados los hechos científicos en la sociología del conocimiento científico, parecería que gran parte de los textos históricos disponibles resultan insuficientes. El éxito de un artefacto no es

¹⁷ Los manuales que describen los materiales resinosos mencionan la baquelita, pero no con la atención que, retrospectivamente, pensamos que estaría justificada. El profesor Max Bottler, por ejemplo, dedica una sola página a la baquelita en su libro de 228 páginas acerca de resinas y la industria de la resina (Bottler, 1924). Aún cuando —en otro texto— Bottler se concentra en los materiales resinosos *sintéticos*, la baquelita no recibe un indiscutible "primer lugar". Solo la mitad del libro está dedicado a los productos condensados de fenol-formaldehído, y alrededor de la cuarta parte está dedicada a la baquelita (Bottler, 1919). Véase también Matthis (1920).

¹⁸ Para una descripción de otros aspectos del éxito de la baquelita, véase Bijker en este volumen.

lo que explica su existencia, sino que es precisamente lo que necesita ser explicado. Para una teoría sociológica de la tecnología "el éxito" no debería ser el *explanans*, sino el *explanandum*.

Nuestro análisis no estaría completo, sin embargo, si no mencionamos algunos estudios desarrollados de manera reciente, especialmente en la historia norteamericana de la tecnología. Los mismos muestran la emergencia de un número creciente de temas teóricos en los cuales se ha focalizado la investigación histórica (Staudenmaier, 1985; Hughes, 1979b). Por ejemplo, la perspectiva de sistemas acerca de la tecnología,¹⁹ la consideración del efecto de las relaciones laborales en el desarrollo tecnológico,²⁰ y ciertos estudios detallados acerca de algunas invenciones no tan exitosas,²¹ parecen anunciar un desvío respecto a la "vieja" historia de la tecnología. Estos trabajos parecen ser prometedoros para un análisis sociológico de la tecnología, y volveremos sobre ellos más adelante.

El último grupo de investigaciones que quisiéramos discutir es lo que puede ser descrito como "sociología de la tecnología".²² Han existido algunos intentos limitados en los años recientes por lanzar una sociología de este tipo, usando ideas desarrolladas en la historia y la sociología de la ciencia —estudios de, por ejemplo, Johnston (1972) y Dosi (1982), quienes abogan por la descripción del conocimiento tecnológico en términos de los paradigmas kuhnianos.²³ Estas aproximaciones cier-

¹⁹ Véase, por ejemplo, Constant (1980), Hughes (1983) y Haneski (1973).

²⁰ Véase, por ejemplo, Noble (1979), Smith (1977) y Lazonick (1979).

²¹ Véase, por ejemplo, Vicenti (1986).

²² Existe una tradición norteamericana en la sociología de la tecnología. Véase, por ejemplo, Gilfillan (1935), Ogburn (1945), Ogburn y Meyers Nimkoff (1955) y Westrum (1983). Una perspectiva comprensiva y ajustada del presente estado del arte en la sociología de la tecnología alemana puede obtenerse en Jokisch (1982). En Krohn *et al.* (1978) pueden encontrarse algunos estudios en la sociología de la tecnología que intentan romper con la aproximación tradicional.

²³ Dosi utiliza el concepto de trayectoria tecnológica, desarrollado por Nelson y Winter (1977); véase también Van der Belt y Rip (1987). Otras aproximaciones a la tecnología basadas en la idea de Kuhn acerca de la estructura comunal de la ciencia son mencionados en Bijker (en este volumen). Véase también Constant (1987) y la colección editada por Laudan (1984a).

tamente parecen ser más prometedoras que la historiografía descriptiva habitual, pero no es claro si sus autores comparten o no nuestra comprensión de los artefactos tecnológicos como construcciones sociales. Por ejemplo, ni Johnston ni Dosi consideran explícitamente la necesidad de una explicación sociológica simétrica que trate a los artefactos exitosos y fallidos de un modo equivalente. En verdad, al localizar su discusión en el nivel de los paradigmas tecnológicos, no estamos seguros acerca de cómo se deben analizar los artefactos en sí mismos. Como ningún autor ha producido aún un estudio empírico de la tecnología utilizando las ideas kuhnianas, es difícil evaluar cómo los términos kuhnianos pueden ser utilizados.²⁴ Ciertamente este ha sido un problema significativo en la sociología de la ciencia, donde no siempre ha sido posible dar a los términos de Kuhn una referencia empírica clara.

Las posibilidades de una perspectiva constructivista más radical de la tecnología han sido examinadas por Mulkay (1979b). Argumenta que el éxito y la eficacia de la tecnología puede plantear problemas especiales para una perspectiva constructivista social del *conocimiento científico*. Mulkay se opone al argumento de que la eficacia práctica de la tecnología de algún modo demuestra el privilegio epistemológico de la ciencia y su carácter excepcional respecto a una explicación sociológica.

A nuestro juicio, Mulkay se opone, de manera correcta, a este argumento señalando que existe en esa afirmación una noción implícita del tipo "la ciencia descubre, la tecnología aplica". En un segundo argumento contrario a esta posición, Mulkay nota —siguiendo a Mario

²⁴ La primera decepción aparece, de hecho, en los estudios kuhnianos en sociología de la ciencia. Se esperaba que el concepto de *paradigma* de Kuhn fuera empleado por los sociólogos de manera directa en su estudio de la ciencia. Y, en verdad, hubo un conjunto de estudios en que se hicieron intentos por identificar fases en ciencia, tales como fase preparadigmática, normal y revolucionaria. Pero pronto fue evidente que los términos de Kuhn habían sido formulados de un modo vago, y por lo tanto podían ser objeto de una variedad de interpretaciones. Y que, por lo tanto, estos conceptos no permitían, por sí mismos, una operacionalización directa. Véase por ejemplo, la discusión no concluyente acerca de la aplicabilidad de los análisis kuhnianos a la psicología en Palermo (1973). Una excepción notable es la contribución de Barnes a la discusión del trabajo de Kuhn (Barnes, 1982b).

Bunge (1966)– que es posible usar para una aplicación práctica una teoría total o parcialmente falsa: el éxito de la tecnología no tendría nada que decir acerca de la “verdad” del conocimiento científico en el cual está basado. Este segundo punto no lo encontramos totalmente satisfactorio. Quisiéramos más bien enfatizar que la verdad o la falsedad de un conocimiento científico es irrelevante para el análisis sociológico de una creencia: volver al argumento de que la ciencia puede estar equivocada pero que la tecnología aún puede estar basada en ella es equivocarse en el punto central. Aún más, el éxito de una tecnología queda todavía sin explicar por medio de ese argumento. La única manera efectiva para lidiar con estas dificultades es adoptar una perspectiva que intente mostrar que la tecnología, al igual que la ciencia, puede ser entendida como una construcción social.

Mulkay parece reluctant a dar este paso debido a que, como lo señala, “hay pocos estudios [...] que consideran el modo en el que el significado técnico de las tecnologías duras está socialmente construido” (Mulkay, 1979b, p. 77). Esta situación, sin embargo, está comenzando a cambiar: ya se están realizando algunos estudios de este tipo. En un estudio pionero, Michel Callon ha mostrado, por ejemplo, la efectividad de focalizarse en las controversias tecnológicas. A partir de un extenso estudio de caso sobre el automóvil eléctrico francés (1960-1975), demuestra que casi cualquier cosa puede ser negociada: lo que es cierto y lo que no, quién es un científico y quién es un tecnólogo, qué es tecnológico y qué es social, quién puede participar en la controversia (Callon, 1980a; 1980b; 1981, y en este volumen). El estudio de David Noble acerca de la introducción de las máquinas-herramientas de control numérico puede ser leído como una contribución relevante a una perspectiva de la tecnología basada en el constructivismo social (Noble, 1984). Las metas explicativas de Noble provienen de una tradición un poco distinta (el marxismo).²⁵ Hay mucho para recomendar en este estudio: considera tanto el de-

²⁵ Para una revisión valiosa de los trabajos marxistas en esta área, véase MacKenzie (1984)

desarrollo de tecnologías exitosas como el de tecnologías fracasadas e intenta dar una explicación simétrica de ambos desarrollos. Otro estudio –intrigante dentro de esta tradición– es el relato de Lazonick (1979) acerca de la introducción de la *self-acting mule*: muestra que ciertos aspectos de este desarrollo técnico pueden ser entendidos en términos de relaciones de producción más que a partir de una lógica interna del desarrollo tecnológico. El trabajo desarrollado por Bijker, Böning y Van Oost es otro intento por mostrar cómo el carácter socialmente construido del contenido de ciertos artefactos tecnológicos puede ser analizado de manera empírica.²⁶

En resumen, entonces, podemos decir que las tradiciones predominantes en los estudios acerca de la tecnología –estudios sobre innovación y de historia de la tecnología– no son muy estimulantes desde la perspectiva de nuestro programa. Hay excepciones, sin embargo: algunos estudios recientes en sociología de la tecnología presentan comienzos prometedores sobre los cuales construir una aproximación unificada. Daremos ahora una descripción más detallada acerca de cómo estas ideas pueden ser sintetizadas.

EL PER Y LA CST

En este apartado esbozamos de un modo más detallado los conceptos y métodos que queremos emplear. Comenzamos por describir el “programa empírico del relativismo” (PER) tal como fue desarrollado por la sociología del conocimiento científico. Luego discutimos más pormenorizadamente la aproximación tomada por Bijker y sus colaboradores en la sociología de la tecnología.

²⁶ Fueron realizados estudios de caso, utilizando fuentes históricas. Para un informe provisional de este estudio, véase Bijker *et al.* (1984). Los cinco artefactos estudiados fueron la baquelita, la luz fluorescente, la bicicleta segura, el telar Sulzer y el transistor. Véase también Bijker en este volumen.

El programa empírico del relativismo

El PER es una aproximación que ha producido diversos estudios orientados a demostrar la construcción social del conocimiento científico en las ciencias "duras". Esta tradición de investigación ha emergido recientemente de la sociología del conocimiento científico. Sus principales características, que la distinguen de otras aproximaciones en la misma área, son: el foco en el estudio empírico de los desarrollos científicos contemporáneos, y el estudio de las controversias.²⁷

Pueden identificarse tres etapas en los objetivos explicativos del PER. En la *primera etapa* se exhibe la flexibilidad interpretativa de los datos científicos; en otras palabras, se muestra que los hallazgos científicos están abiertos a más de una interpretación. Esto cambia el foco de la explicación de los desarrollos científicos del mundo natural al mundo social. Si bien esta flexibilidad interpretativa puede ser recuperada bajo ciertas circunstancias, es el caso que en la ciencia esta flexibilidad pronto desaparece. Es decir, que usualmente emerge un consenso científico acerca de lo que es la "verdad" en cualquier instancia particular. Los mecanismos sociales que limitan la flexibilidad interpretativa, y que por lo tanto permiten que las controversias científicas concluyan, son descriptas en la *segunda etapa*. Una *tercera etapa*, que aún no ha sido desarrollada en ningún estudio sobre la ciencia contemporánea, es vincular estos "mecanismos de clausura" con el medio social más amplio. Si estas tres etapas fueran demostradas en un único estudio, como escribe Collins, "el impacto de la sociedad en el conocimiento 'producido' en el laboratorio podría ser reconocido aún en el caso más difícil posible" (Collins, 1981d, p. 7).

El PER representa un esfuerzo continuo, de parte de los sociólogos, por comprender el contenido de las ciencias naturales en tér-

²⁷ Trabajos que pueden ser clasificados dentro del PER han sido desarrollados primariamente por Collins, Pinch y Travis en el Centro de Estudios de la Ciencia, de la Universidad de Bath, y Pickering en la Unidad de Estudios de la Ciencia, de la Universidad de Edimburgo.

minos de construcción social. Algunas áreas del programa han sido mejor investigadas que otras. La tercera etapa del programa no ha sido ni siquiera inicialmente trabajada, pero hay, en cambio, varios estudios excelentes que exploran la primera etapa. La mayor parte de los estudios en curso (correspondientes a la segunda etapa) están orientados a la elucidación de los mecanismos de clausura: allí donde el consenso emerge.

Varios de los estudios más fructíferos dentro del PER se han situado en el área de las controversias científicas. Las controversias ofrecen una ventaja metodológica debido a la relativa facilidad con la que revelan la flexibilidad interpretativa de los resultados de la investigación científica. Las entrevistas con científicos implicados en una controversia revelan fuertes y divergentes opiniones acerca de los hallazgos científicos. En la medida que dicha flexibilidad se desvanece, resulta difícil de recuperar a partir de las fuentes textuales con las que trabajan usualmente los historiadores. Collins ha destacado la importancia de los "grupos de controversia" en la ciencia por medio del uso del término "núcleo central" (*core set*) (Collins, 1981b). Estos son los científicos más íntimamente involucrados en un tema de investigación controversial. Debido a que el núcleo central se define en relación a la producción de conocimiento en ciencia (el "núcleo central" construye el conocimiento científico), algunos de los problemas empíricos encontrados en la identificación de grupos pueden ser resueltos a través de técnicas puramente sociométricas. Estudiar el "núcleo central" posee una ventaja metodológica extra: el consenso resultante puede ser monitoreado. En otras palabras, el grupo de científicos que experimentan y teorizan en la frontera de la ciencia y que se han visto involucrados en controversias científicas también reflejará el consenso creciente que resulta de dicha controversia. El mismo "grupo central" de científicos puede ser estudiado tanto en la primera como en la segunda etapa del PER. Pero, para los propósitos de la tercera etapa, la noción de "núcleo central" puede ser demasiado limitada.

La construcción social de tecnología (CST)

Antes de esbozar algunos de los conceptos que Bijker y sus colaboradores han hallado fructíferos en sus estudios sobre sociología de la tecnología, señalaremos un desequilibrio entre las dos aproximaciones (PER y CST) que estamos considerando. El PER es parte de una tradición floreciente en la sociología del conocimiento científico: es un programa bien establecido, apoyado en mucha investigación empírica. En contraste, la sociología de la tecnología es un campo embrionario sin tradiciones de investigación bien establecidas. La aproximación que trazamos específicamente (CST), si bien está ganando impulso, está solo en sus primeras etapas empíricas.²⁸

En la CST el proceso de desarrollo de un artefacto tecnológico es descrito como una alternancia entre variación y selección.²⁹ Esto resulta en un modelo "multidireccional", en contraste con los modelos lineales usados explícitamente en muchos estudios sobre innovación e, implícitamente, en muchos estudios de historia de la tecnología. Dicha perspectiva multidireccional es esencial para cualquier descripción de la tecnología a partir del constructivismo social. Por supuesto, para una mirada retrospectiva, es posible colapsar el modelo multidireccional en un modelo lineal simple, pero esto debilita nuestra argumentación, que es que las etapas "exitosas" en el desarrollo no son las únicas posibles.

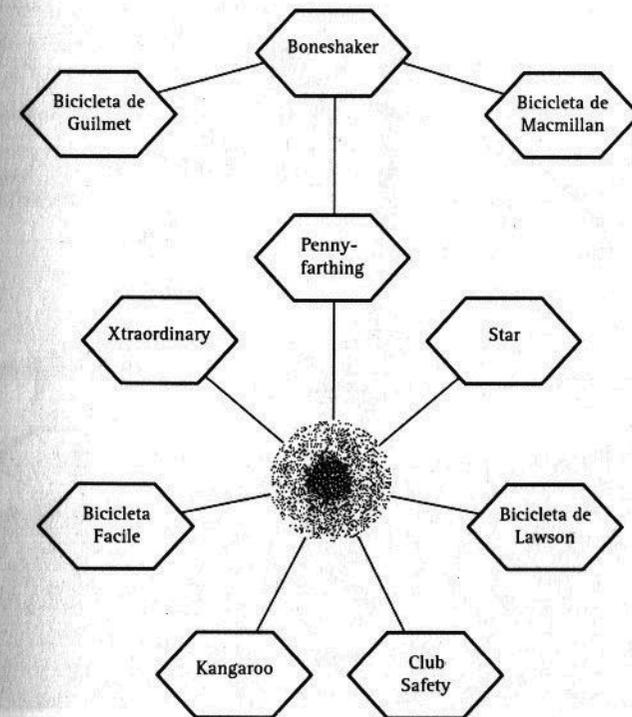
Consideremos el desarrollo de la bicicleta.³⁰ Aplicada al nivel de

²⁸ Véase por ejemplo, Bijker y Pinch (1983) y Bijker (1984 y en este volumen). Los estudios de Van der Belt (1985), Schot (1985, 1986), Jelsma y Smith (1986) y Elsen (1985, 1986) también están basados en la CST.

²⁹ Constant (1980) usó una aproximación evolutiva similar. Tanto el modelo de Constant como el nuestro parecen surgir por fuera de la epistemología evolucionista; véase por ejemplo, Toulmin (1972) y Campbell (1974). Elster (1983) da una revisión de los modelos evolucionistas del cambio técnico. Véase también Van den Belt y Rip (1987).

³⁰ Puede ser útil señalar explícitamente que consideramos en toda su plenitud a las bicicletas como una tecnología de igual modo que consideramos una tecnología a los automóviles o a los aviones. Puede ser de una ayuda para lectores que no viven en países habituados a las bicicletas (como los Países Bajos, Francia o Gran Bretaña) señalar que tanto la industria del automóvil como la industria aeronáutica son, de algún modo, descendientes de la industria de la bicicleta. Muchos nombres son compartidos por la historia de la bicicleta y el automóvil: Triumph, Rover, Humber y Raleigh, para mencionar

Figura 2. Una perspectiva multidireccional del proceso de desarrollo de la bicicleta Penny-farthing. El área sombreada es llenada y magnificada en la figura 11. Los hexágonos simbolizan artefactos



los artefactos, esta perspectiva multidireccional resulta en la descripción resumida en la figura 2.

Aquí vemos el artefacto "Ordinary" (o, como fue apodada cuando devino menos ordinaria, la "Penny-farthing". Figura 3) y un rango

solo a unos pocos (Caunter, 1955, 1957). Los hermanos Wright manufacturaron y vendieron bicicletas antes de empezar a construir máquinas voladoras -en su mayor parte construidas a partir de partes de bicicletas- (Gibbs-Smith, 1960).

Figura 3. Una típica Penny-farthing, la Bayliss-Thomson Ordinary (1878)



de posibles variaciones. Es importante reconocer que, en la mirada de los actores de esos días, estas variantes eran al mismo tiempo bastante distintas unas de otras y también serias rivales. Es solo por la distorsión retrospectiva que emerge un desarrollo cuasi lineal, tal como es descrito en la figura 4. En esta representación las así llamadas ordinarias seguras (Xtraordinary, 1878; Facile, 1879, y Club Safety, 1985) figuran solo como entretenidas aberraciones que no deben ser tomadas seriamente (figuras 5, 6 y 7). Una descripción retrospectiva

Figura 4. La perspectiva cuasi lineal del proceso de desarrollo de la bicicleta Penny-farthing. Las líneas continuas indican desarrollos exitosos, y las líneas cortadas indican los desarrollos fracasados

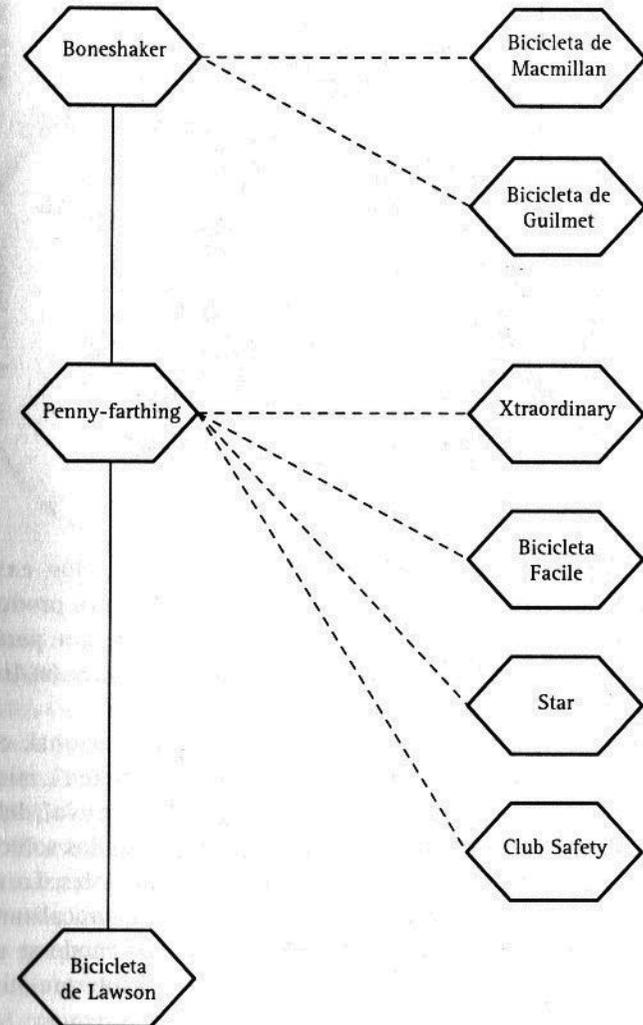
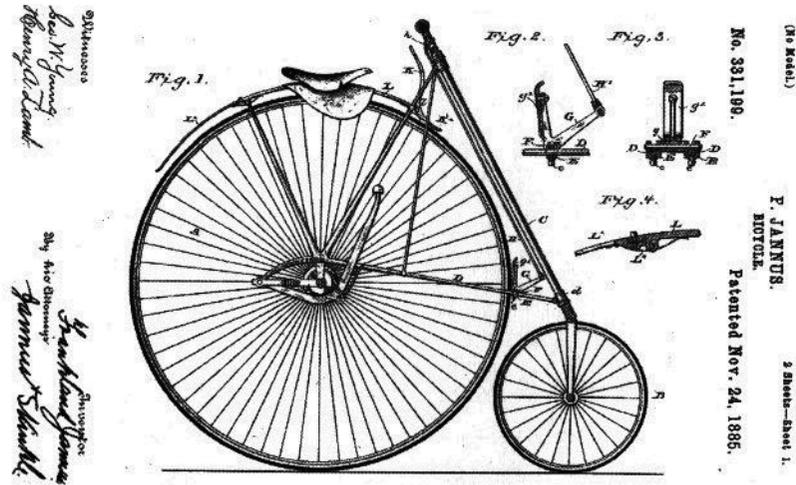


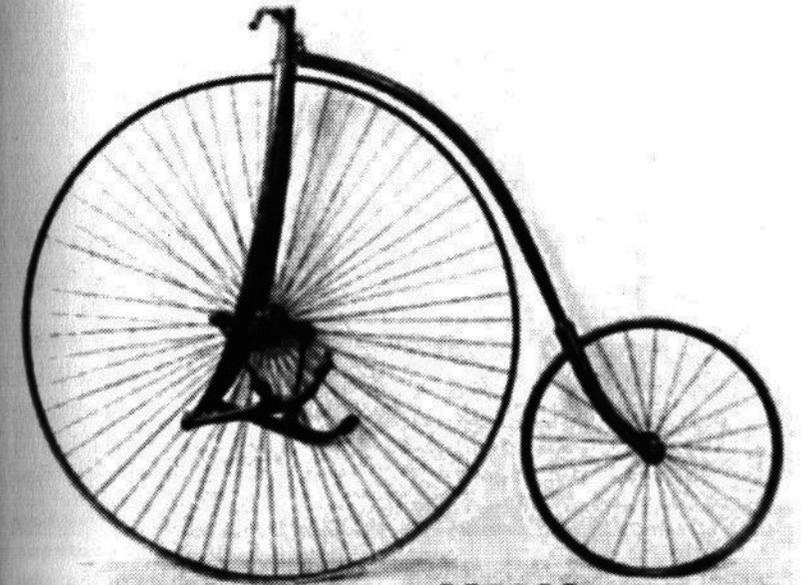
Figura 5. La bicicleta norteamericana Star (1885)



de este tipo puede ser desafiada observando la situación existente hacia 1880. Algunas de las "ordinarias seguras" eran producidas comercialmente, mientras que la bicicleta de Lawson, que pareciera tener un importante papel en el modelo lineal, probó ser un fracaso comercial (Woodforde, 1970).

Sin embargo, si se adopta un modelo multidireccional, es posible preguntar por qué algunas de las variantes "mueren", mientras que otras "sobreviven". Para iluminar esta parte "selectiva" del proceso de desarrollo se deben considerar los problemas y las soluciones presentadas por cada artefacto en momentos particulares. La racionalidad de este movimiento es la misma que lleva a focalizarse en las controversias científicas dentro del PER. De este modo se puede poner en escena de modo más claro la flexibilidad interpretativa de los artefactos tecnológicos.

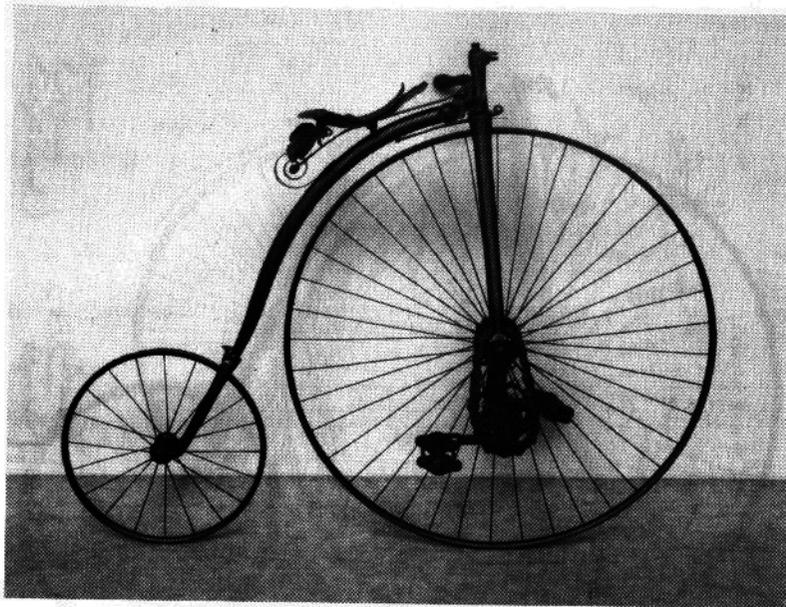
Figura 6. Bicicleta Facile (1874)



Al decidir qué problemas son relevantes, los grupos sociales implicados con el artefacto y los significados que dichos grupos dan al artefacto juegan un papel crucial: un problema es definido como tal solo cuando hay un grupo social para el cual el mismo constituye un "problema".

El uso del concepto de grupo social relevante es bastante frontal. La frase es utilizada para denotar instituciones y organizaciones (como los militares o alguna compañía industrial específica), así como grupos de individuos organizados o desorganizados. El requerimiento clave es que todos los miembros de un determinado grupo social compartan el mismo conjunto de significados, vinculados a un

Figura 7. Una forma de la Kangaroo bicycle (1878)



artefacto específico.³¹ Al decidir qué grupos sociales son relevantes, primero debemos preguntar si el artefacto posee algún significado para los miembros del grupo social bajo investigación.

Obviamente el grupo social de los “consumidores” o “usuarios” del artefacto llena este requerimiento. Pero también otros grupos sociales menos obvios deben ser incluidos. En el caso de la bicicleta, uno debe tener en cuenta a los “anticiclistas”. Sus acciones van desde los aplausos burlones hasta métodos más destructivos. Por ejemplo, el

³¹ No hay una receta de cocina para identificar un grupo social. Instrumentos cuantitativos utilizando citas pueden ser de alguna ayuda en ciertos casos. Se requiere más investigación para desarrollar operacionalizaciones de la noción de “grupo social relevante”. Véase también Law (1987) acerca de la demarcación de redes y Bijker, en este volumen.

reverendo L. Meadows White describió dicha resistencia a la bicicleta en su libro, *A Photographic Tour on Wheels*:

[...] pero cuando a las palabras se le agregan hechos, y las piedras son arrojadas, los palos empujados en las ruedas, o los sombreros arrojados en la maquinaria, la imagen tiene otro aspecto. Todo lo anterior es habitual en ciertos distritos, y todo ello me ha ocurrido, especialmente cuando paso a través de un pueblo justo después que la escuela ha sido cerrada (Meadows, citado en Woodforde, 1970, pp. 49-50).

¡Claramente, para los anticiclistas el artefacto “bicicleta” ha adquirido significado!

Otra pregunta que necesitamos contestar es si un grupo social provisionalmente definido es homogéneo respecto a los significados dados a un artefacto –o si es más efectivo describir el proceso de desarrollo dividiendo un grupo un poco heterogéneo en varios grupos sociales diferentes. De tal modo, dentro del grupo de los usuarios de bicicletas, discernimos un grupo social separado de mujeres ciclistas. Durante la época de la bicicleta Ordinary, que poseía una rueda muy alta, no se suponía que las mujeres debieran montar en bicicleta. Por ejemplo, en una columna de avisos de una revista (1885) se proclama, en respuesta a la carta de una joven dama: “El mero hecho de conducir una bicicleta no es en sí pecaminoso, y si es el único medio de llegar a la iglesia un domingo, puede ser excusado” (citado en Woodforde, 1970, p. 122).

Los triciclos eran las máquinas permitidas para las mujeres. Pero los ingenieros y los productores anticiparon la importancia de las mujeres como potenciales ciclistas. En una revisión de la Exhibición de Bicicletas Stanley en 1890, el autor observa:

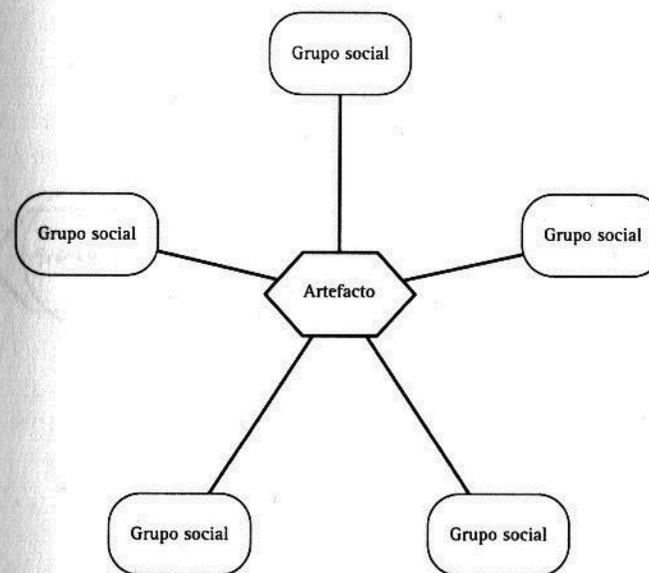
A partir del número de salvaguardas adaptadas para el uso de las damas, pareciera que el ciclismo estuviera deviniendo popular a través del sexo débil, y no nos sorprende, si se considera el esfuerzo ahorrado a través del uso de una máquina cuando se tiene cierta lasitud (Stanley Exhibition of Cycles, 1890, pp. 107-108).

De tal modo algunas partes del desarrollo de las bicicletas pueden ser explicadas mejor incluyendo un grupo social separado de usuarios femeninos de bicicletas. Esto no necesita hacerse, por supuesto, en otros casos: por ejemplo, no parece útil considerar un grupo social separado de mujeres usuarias de lámparas fluorescentes.

Una vez que los grupos sociales relevantes han sido identificados, se los describe con más detalle. Es aquí también cuando entran en la descripción, si son relevantes, aspectos como el poder o la fuerza económica. Si bien la única propiedad definitoria es algún significado homogéneo dado a cierto artefacto, la intención no es solo retraerse a gastados enunciados acerca de "consumidores" y "productores". Necesitamos una descripción detallada de los grupos sociales relevantes para definir mejor la función del artefacto para cada grupo. Sin esto no se puede esperar dar ninguna explicación del proceso de desarrollo. Por ejemplo, el grupo social de ciclistas que conducía la bicicleta Ordinary consistía en "hombres jóvenes de medios y vigorosos: deben ser profesionales, oficinistas, maestros de escuela o caballeros" (Woodforde, 1970, p. 47). Para este grupo social la función primaria de la bicicleta era el deporte. El siguiente comentario del *Daily Telegraph* (septiembre 7 de 1877) enfatiza el deporte más que el transporte: "El ciclismo es un ejercicio saludable y varonil que tiene mucho para ser recomendado, y, a diferencia de otras locuras, no ha muerto" (citado en Woodforde, 1970, p. 122).

Volvamos ahora a la exposición del modelo. Habiendo identificado los grupos sociales relevantes para un determinado artefacto (figura 8), estamos especialmente interesados en los problemas que cada grupo tiene respecto a ese artefacto (figura 9). Alrededor de cada problema pueden identificarse diversas variantes para solucionarlo (figura 10). En el caso de la bicicleta, algunos problemas y soluciones relevantes se muestran en la figura 11, en la cual se ha llenado el área sombreada de la figura 2. Esta forma de describir el proceso de desarrollo muestra con claridad toda clase de conflictos: la conflictividad de los requerimientos técnicos de cada grupo social (por ejemplo, los requisitos de velocidad y de seguridad); los conflictos entre las distintas soluciones al mismo problema (por

Figura 8. La relación entre un artefacto y los grupos sociales relevantes

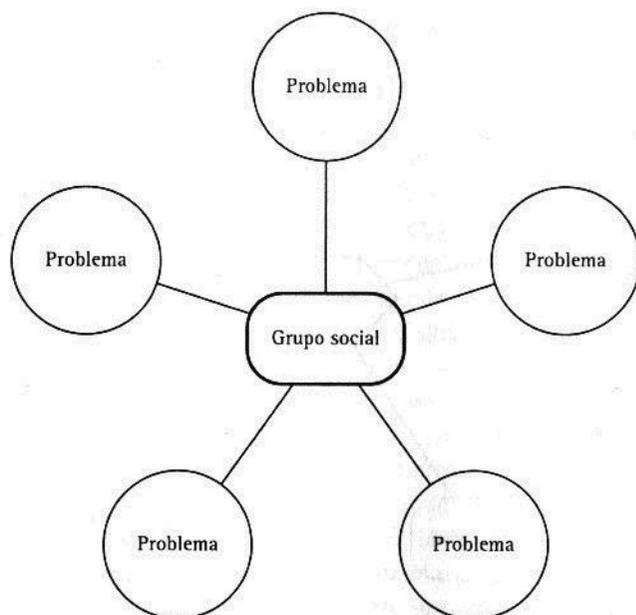


ejemplo, la seguridad de las ruedas altas o bajas); y los conflictos morales (por ejemplo, mujeres vistiendo faldas o pantalones en las bicicletas con ruedas altas; véase figura 12). Dentro de este esquema son posibles diversas soluciones a estos conflictos y problemas, no solo soluciones tecnológicas sino también judiciales o incluso morales (por ejemplo, el cambio de actitudes frente a las mujeres que usan pantalones).

Siguiendo el proceso de desarrollo de este modo, vemos grados crecientes y decrecientes de estabilización de los diversos artefactos.³²

³² Previamente han sido usados dos conceptos que pueden ser comprendidos como dos conceptos distintivos dentro de la idea más amplia de estabilización (Bijker et al., 1984). *Reificación* fue utilizado para denotar la existencia social -existencia en la conciencia de los miembros de un determinado grupo social. *Estabilización económica* fue usado para indicar la existencia económica de un artefacto -teniendo un mercado.

Figura 9. Relación entre un grupo social y los problemas percibidos



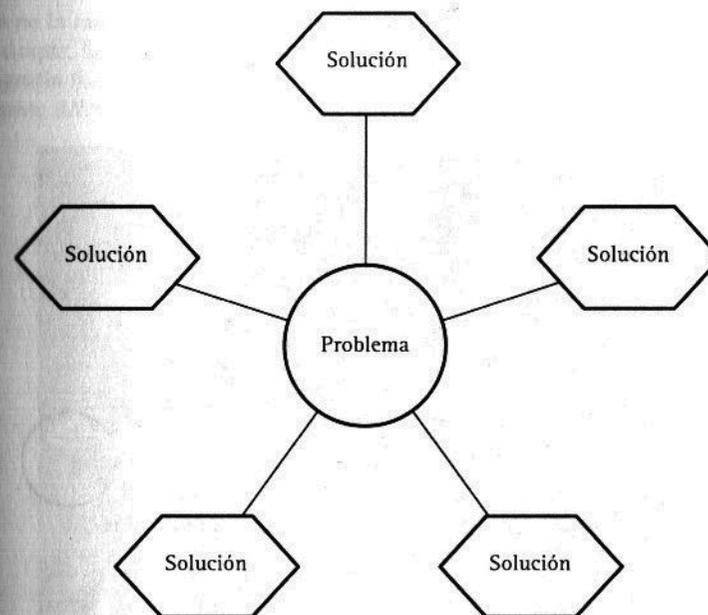
En principio, el grado de estabilización varía en diferentes grupos sociales. Utilizando el concepto de estabilización, vemos que la "invención" de la bicicleta Safety³³ no fue un evento aislado (1884), sino un proceso que llevó diecinueve años (1879-1898). Por ejemplo, al comienzo de este periodo los grupos relevantes no vieron la "bicicleta Safety"³⁴ sino un amplio espectro de bi y triciclos -y, entre ellos, una

Ambos conceptos son usados de un modo continuo y relativo, requiriendo frases tales como "el grado de reificación de la rueda alta es más alto en el grupo de hombres jóvenes de medios y vigor que en el grupo de los hombres de más edad".

³³ La bicicleta modelo Safety es la bicicleta tal como la conocemos hoy, con ruedas de tamaño mediano y de igual diámetro, y con tracción trasera, piñón-corona.

³⁴ Véase nota 33.

Figura 10. La relación un problema y sus posibles soluciones



bicicleta bastante fea con aspecto de cocodrilo con una rueda frontal relativamente baja y cadena trasera impulsora (Lawson's Bicycleette; véase figura 13). Para el final de este periodo, la frase "bicicleta segura" denotaba una bicicleta con ruedas bajas con una cadena trasera impulsora, un cuadro con forma de diamante y neumáticos con cámara. Como resultado de la estabilización después de 1898, no hizo falta especificar esos detalles: se tomaba por sentado que estos eran los "ingredientes" esenciales de la bicicleta segura.

Queremos enfatizar que nuestro modelo no es utilizado como un modelo en el cual los datos empíricos deban ser forzados, *coûte que coûte*. El modelo ha sido desarrollado a partir de una serie de estudios

Figura 11. Algunos de los grupos sociales, problemas y soluciones en el proceso de desarrollo de la bicicleta Penny-farthing. Debido a la falta de espacio no se incluyen todos los elementos identificados

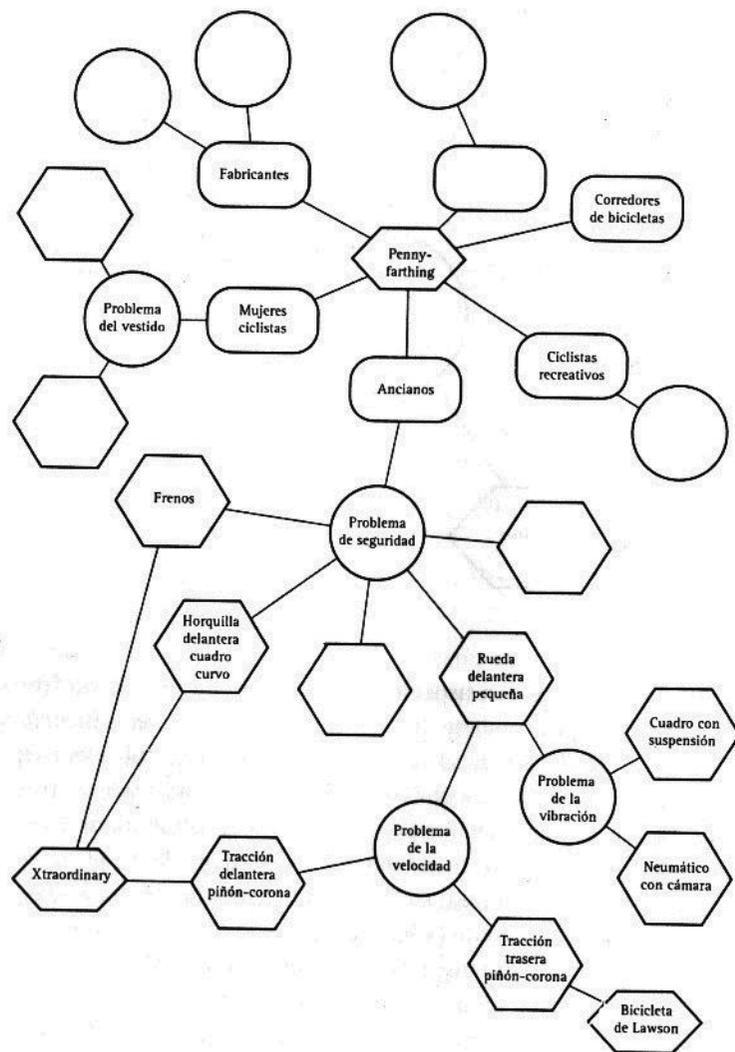
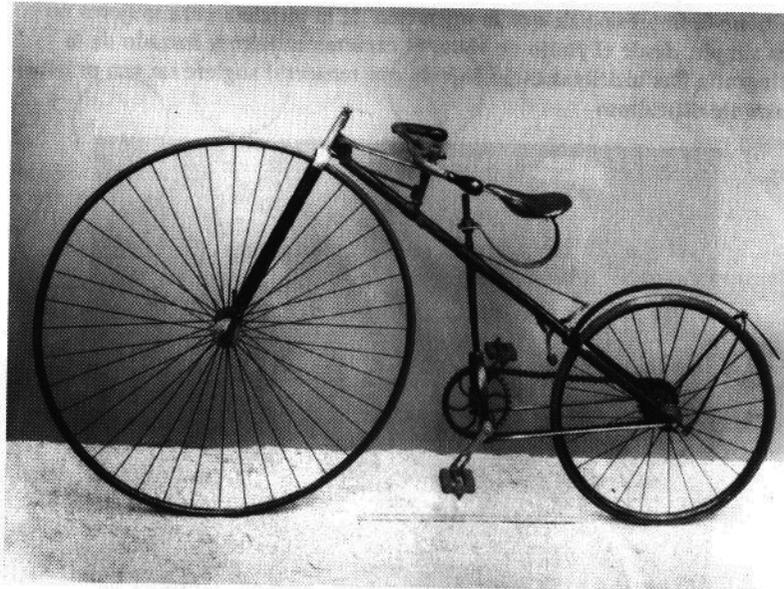


Figura 12. Una solución para el problema de la vestimenta femenina con respecto a la bicicleta con rueda alta delantera. Obviamente esta solución de diseño considera aspectos técnicos y atléticos. Contemplando la imagen, se tiene la impresión de que la operación de la bicicleta para mujeres no era simple, desde el punto de vista. El carácter estático y forzado de la fotografía (las bicicletas están sujetas con tensores) sugiere un uso práctico bastante dificultoso



Figura 13. Bicicleta de Lawson



de caso y no a partir de un análisis puramente teórico o filosófico. Su función es primariamente heurística –mostrar todos los aspectos que sean relevantes para nuestros propósitos. Esto no quiere decir que no haya objetivos explicativos o teóricos análogos a las diferentes etapas del PER (Bijker, 1984 y este volumen). Y en verdad, como hemos mostrado, este modelo hace algo más que describir el desarrollo tecnológico: ilumina su carácter multidireccional. Como será indicado, también presenta la flexibilidad interpretativa de los artefactos tecnológicos y el papel que los distintos mecanismos de clausura pueden jugar en la estabilización de los artefactos.

LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE HECHOS Y ARTEFACTOS

Hablando descripto las dos aproximaciones al estudio de la ciencia y la tecnología que queríamos presentar, ahora discutiremos con más detalles los paralelos existentes entre ellas. Como forma de poner algo de sustancia en la discusión que planteamos, presentamos ilustraciones empíricas provenientes de nuestras propias investigaciones allí donde es apropiado.

Flexibilidad interpretativa

La primera etapa del PER involucra la demostración de la flexibilidad interpretativa de los hechos científicos. En otras palabras, debe mostrarse que los científicos disponen interpretaciones diferentes de la naturaleza y por ello la naturaleza por sí misma no resuelve de manera determinante los debates científicos.³⁵

En la CST el equivalente a la primera etapa del PER pareciera ser la demostración de que los artefactos tecnológicos son construidos e interpretados culturalmente; en otras palabras, debe mostrarse la flexibilidad interpretativa de los artefactos tecnológicos. No queremos decir con esto que existe flexibilidad solo en el modo en que la gente piensa o interpreta los artefactos, sino también que existe flexibilidad en el modo en que los artefactos son *diseñados*. No existe un solo modo o "el mejor modo" para diseñar un artefacto. En principio esto podría demostrarse del mismo modo que para la ciencia, es decir, entrevistando tecnólogos involucrados en una controversia tecnológica actual. Por ejemplo, podemos imaginar que si se hubieran realizado entrevistas a los ingenieros de bicicletas en 1890 estaríamos en condiciones de mostrar la flexibilidad interpretativa del artefacto "neumático con cámara". Para algunos este artefacto era una solución al problema de la vibración de los vehículos con ruedas pequeñas:

³⁵ El uso de conceptos como flexibilidad interpretativa y clausura retórica en los estudios sobre ciencia es ilustrado por Pinch y Bijker (1984).

[El neumático con cámara fue] diseñado con la perspectiva de proporcionar más facilidades para los pasajeros de los vehículos con ruedas -principalmente los más livianos, como velocípedos, sillas para inválidos, ambulancias- en rutas y caminos, sobre todo cuando estos últimos son de carácter tosco y desigual (Dunlop, 1888, p. 1).

Para otros, el neumático con cámara era un modo de ir más rápido (esto es desarrollado con más detalle más adelante). Aun para otro grupo de ingenieros era un modo desagradable de hacer las ruedas bajas todavía más inseguras de lo que ya eran (debido al deslizamiento hacia los costados). Por ejemplo, el siguiente comentario, que describe la Stanley Exhibition of Cycles, es revelador:

La innovación más conspicua en la construcción de bicicletas es el uso de los neumáticos con cámara. Estos neumáticos son huecos, poseen aproximadamente dos pulgadas de ancho, y son inflados por medio del uso de una pequeña bomba de aire. Se dice que los mismos proveen una conducción más cómoda, reduciendo el más grosero macadán y los guijarros al asfalto más suave. No habiendo tenido oportunidad de probar estos neumáticos, no estamos en condiciones de hablar de ellos desde la experiencia práctica; pero mirándolos desde un punto de vista teórico, opinamos que se experimentará una considerable dificultad en mantener las ruedas lo suficientemente infladas. Es difícil tratar con el aire a presión. A partir de los informes de quienes han usado estos neumáticos, pareciera que los mismos están prestos a deslizarse en los caminos lodosos. Si esto es así, tememos que su uso en las bicicletas seguras de tracción trasera -las cuales son todas más o menos tendientes a deslizarse de costado- está fuera de cuestión, dado que el objetivo de cualquier mejora en esta línea debiera ser prevenir ese deslizamiento y no incrementarlo. Aparte de estos defectos, la apariencia de estos neumáticos destruye la simetría y la gracia de una bicicleta, y esto solo es, pensamos, suficiente para prevenir su incorporación en el uso general (Stanley Exhibition of Cycles, 1890, p. 107).

Figura 14. Cuadro con amortiguadores Whippet (1885)



Y en verdad, se pensaba que otros artefactos proveían una solución al problema de la vibración, tal como lo revela el siguiente comentario:

Con la introducción de la bicicleta segura de tracción trasera ha crecido la demanda de dispositivos antivibratorios, dado que las pequeñas ruedas de estas máquinas conducen una considerable vibración, incluso en los mejores caminos. Prácticamente cualquier expositor de este tipo de máquina posee alguna aplicación destinada a suprimir la vibración (Stanley Exhibition of Cycles, 1889, pp. 157-158).

La mayoría de las soluciones involucraban el uso de resortes en el cuadro, la silla y el manubrio (figura 14). En 1896, incluso después de que la bi-

cicleta segura (y con ella, los neumáticos con cámara) alcanzaron un alto grado de estabilización, aún se vendían "cuadros con amortiguadores".

Es importante darse cuenta que esta demostración de la flexibilidad interpretativa por medio de entrevistas y fuentes históricas es solo uno del conjunto de los métodos posibles. Al menos en el estudio de la tecnología es aplicable otro método (que en verdad ya ha sido utilizado). Es posible mostrar que distintos grupos sociales poseen interpretaciones radicalmente distintas de un artefacto tecnológico. Llamamos a estas diferencias "radicales" debido a que el *contenido* del artefacto parece estar involucrado. Es algo más que lo que Mulkay ha afirmado correctamente: que es fácil "mostrar que el significado social de la televisión varía con, y depende de, el contexto social en el que es empleada". Tal como lo señala Mulkay: "Es mucho más difícil mostrar qué cuenta para afirmar que un 'estudio de televisión funciona', dado que es de modo similar dependiente del contexto en cualquier aspecto significativo" (Mulkay, 1979a, p. 80).

Creemos que nuestra explicación –en la cual las diversas interpretaciones de los grupos sociales acerca del contenido de los artefactos conducen por diversas cadenas de problemas y soluciones a distintos desarrollos posteriores– involucra el contenido del artefacto en sí mismo. Nuestro ejemplo anterior acerca del desarrollo de la bicicleta segura es de este tipo. Otro ejemplo son las variaciones respecto a las ruedas altas. El significado de las bicicletas con ruedas altas, como una bicicleta viril y de alta velocidad, llevó al desarrollo de ruedas frontales más grandes –a partir de una determinada velocidad angular, un modo de alcanzar una velocidad de traslado más alta era agrandando el radio. Una de las últimas bicicletas que resultaron de esta línea de desarrollo fue la Rudge Ordinary de 1892, que poseía una rueda de 56 pulgadas y neumáticos con cámara. Pero grupos de mujeres y de hombres más ancianos dieron a esta bicicleta otro significado. Para ellos su característica más importante era su falta de seguridad:

Debido a la disparidad existente en el diámetro de las ruedas y al pequeño peso del cuadro y de la rueda trasera, así como a la posición del

conductor –prácticamente sobre el centro de la rueda delantera–, si la rueda mayor golpeaba un ladrillo o una piedra grande en el camino y el conductor no estaba preparado, el frenado súbito de la rueda usualmente lo arrojaba por encima del manubrio. Por esta razón la máquina era vista como peligrosa, y por más entusiasmado que se estuviera con la Ordinary –y yo fui en alguna ocasión un conductor entusiasta– no había posibilidad de negar que solo podía ser conducida por hombres comparativamente jóvenes y atléticos (Grew, 1921, p. 8).

Este significado llevó a disminuir la rueda frontal, hacer retroceder el asiento, y llevar la horquilla frontal a una posición menos vertical. Por medio de otra cadena de problemas y soluciones (véase figura 7), esto resultó en artefactos como la bicicleta de Lawson (1879) y la Xtraordinary (1878; véase figura 15).

De tal modo no hubo *una* bicicleta con rueda alta. Existió la máquina para *macho*, que llevó a nuevos diseños de bicicletas con ruedas frontales aún más altas, y también existió la máquina *insegura*, que condujo a nuevos diseños de bicicletas con ruedas frontales más bajas, asientos más atrasados o con ruedas altas y bajas invertidas. De tal modo la flexibilidad interpretativa del artefacto Penny-farthing se materializa en líneas de diseños bastante distintas.

Clausura y estabilización

La segunda etapa del PER involucra establecer un mapa de los mecanismos que permiten la clausura del debate –o, en la CST, para la estabilización de un artefacto. Ilustraremos ahora qué queremos decir por mecanismos de clausura dando ejemplos de dos tipos, que parecen haber jugado un papel en casos que nos resultan familiares. Nos referimos a los mecanismos particulares en los que nos focalizamos hablando de clausura retórica y clausura por redefinición del problema.

Clausura retórica. La clausura en la tecnología involucra la estabilización de un artefacto y la "desaparición" de problemas. Para cerrar una "controversia" tecnológica no se requiere *resolver* los problemas

Figura 15. Bicicleta Singer Xtraordinary



en el sentido común de esta palabra. El punto clave es si los grupos sociales relevantes *ven* resuelto el problema. En la tecnología, la publicidad puede jugar un papel importante en la formación del significado que un grupo social le da a un artefacto.³⁶ De tal modo, por ejemplo, se realizó un intento por “cerrar” la “controversia por la seguridad” de la bicicleta de rueda alta simplemente alegando que el artefacto era perfectamente seguro. En un aviso sobre la bicicleta “Facile” (*¡sic!*) (figura 16) se lee:

¡Ciclistas! Por qué arriesgar sus miembros y vidas en máquinas altas cuando la Facile de 40 o 42 pulgadas les da todas las ventajas de la otra junto con una seguridad casi absoluta (*Illustrated London News*, 1880; citado en Woodforde, 1970, p. 60).

Esta afirmación acerca de la “seguridad casi absoluta” era un movimiento retórico, considerando la altura de la bicicleta y la posición delantera del conductor, lo cual era bien conocido por los ingenieros de la época como algo que presentaba problemas de seguridad.

Clausura por redefinición del problema. Hemos ya mencionado la controversia en torno al neumático con cámara. Para la mayoría de los ingenieros era una monstruosidad teórica y práctica. Para el público general, al principio significaba un feo accesorio antiestético:

Los muchachos de mensajería se reían de la rueda con forma de salchicha, las trabajadoras se retorcían de la gracia, incluso sobrios ciudadanos eran llevados de la congoja a la alegría ante un cómico diseño obviamente creado exclusivamente para iluminar la oscuridad de su rutina diaria (Woodforde, 1970, p. 89).

³⁶ La publicidad parece constituir una gran y potencialmente rica fuente de datos para los estudios sociales empíricos acerca de la tecnología. La consideración de que los publicistas profesionales toman en cuenta la existencia de distintos “grupos de consumidores” obviamente se adecua a nuestro concepto de grupos relevantes diferenciados. Véase por ejemplo, Schwartz Cowan (1983) y Bijker, en este volumen.

Figura 16. Geared Facile bicycle (1888)



Para Dunlop y otros protagonistas de los neumáticos con aire, los mismos significaban originalmente una solución al problema de la vibración. Sin embargo, el grupo de ciclistas deportivos no aceptaba que este fuese un problema. La vibración presentaba solo un problema a los (potenciales) usuarios de bicicletas con ruedas bajas. Tres grupos sociales importantes estaban por lo tanto en contra de los neumáticos con aire. Pero entonces los neumáticos con aire fueron colocados en una bicicleta de carrera. Cuando, por primera vez, los neumáticos fueron utilizados en un circuito de carrera, su entrada fue saludada con una risa burlona. La misma fue silenciada rápidamente, sin embargo, debido a la alta velocidad alcanzada, y solo quedó el asombro cuando

la bicicleta sobrepasó a todos sus rivales (Croom, 1939). Muy pronto se debió dar ventaja a las bicicletas con ruedas altas si entraban en la competencia conductores con bicicletas con ruedas bajas y neumáticos con aire. Luego de un corto período ningún corredor con pretensiones dudó en competir con otra cosa (Grew, 1921).

¿Qué había pasado? Respecto a dos grupos importantes, los deportistas y el público general, la clausura se había alcanzado, pero no convenciéndolos de la posibilidad de usar los neumáticos con aire de acuerdo a su significado como dispositivo antivibratorio. Se podría decir, pensamos, que el significado de los neumáticos con aire fue traducido³⁷ para constituir una solución a otro problema muy distinto: el problema de cómo ir lo más rápido posible. Y de tal modo, redefiniendo el problema central respecto al cual el artefacto debió significar una solución, la clausura fue alcanzada por dos de los grupos sociales relevantes. El modo en que el tercer grupo, los ingenieros, aceptaron el neumático con aire es otra historia que no necesita ser contada aquí.

Por supuesto, no hay nada "natural" o "lógicamente necesario" en esta forma de clausura. Puede argumentarse que la velocidad no era la característica más importante de la bicicleta, que las carreras de bicicletas no eran apropiadas para probar la velocidad "real" de una bicicleta (después de todo, el mundo ideal de las pistas de carrera puede no ajustarse a las condiciones reales de las rutas, del mismo modo que un auto de carreras de Fórmula 1 no se sustenta en los requerimientos de un auto familiar promedio). Aún así, las carreras de bicicletas han jugado un importante papel en el desarrollo de la bicicleta. Y, dado que las carreras pueden ser vistas como una forma específica de prueba, esta observación está en relación con el reciente llamado de atención de Constant, quien enfatiza la necesidad de prestar más atención a los procedimientos de prueba al estudiar la tecnología (Constant, 1983).

³⁷ El concepto de traducción es fructíferamente utilizado de un modo extenso por Fallon (1980b, 1981b, 1986), Callon y Law (1982) y Latour (1983, 1984).

El contexto más amplio

Finalmente llegamos a la tercera etapa de nuestro programa de investigación. En el área de la tecnología, la tarea pareciera ser la misma que en la ciencia: vincular el contenido de un artefacto tecnológico a un medio sociopolítico más amplio. Este aspecto aún no ha sido demostrado para el caso de la ciencia,³⁸ al menos en estudios sociológicos contemporáneos.³⁹ Sin embargo, el método de la CST, de describir los artefactos tecnológicos focalizando los significados dados a los mismos por los grupos sociales relevantes, sugiere un paso más adelante. Obviamente la situación política y sociocultural de un grupo social forma sus normas y valores, lo cual a su vez influye en el significado que se le da a un artefacto. Debido a que hemos mostrado cuán distintos significados pueden constituir las diferentes líneas de desarrollo de una tecnología, el modelo descriptivo de la CST parece ofrecer una operacionalización de la relación entre el medio más amplio y el contenido actual de una tecnología. Para seguir esta línea de análisis, véase Bijker, en este volumen.

CONCLUSIÓN

En este capítulo hemos estado interesados en esbozar una aproximación integrada del estudio empírico de la ciencia y de la tecnología desde la perspectiva del constructivismo social. Hemos revisado varios cuerpos de bibliografía relevante y diversas líneas de argumentación. Hemos indicado que la perspectiva del constructivismo social es una tradición floreciente dentro de la tecnología de la ciencia y que la misma muestra promesas de una aplicación más amplia. Hemos revisado

³⁸ Un modelo de dicha explicación de "nivel 3" se ofrece en Collins (1983a).

³⁹ Los estudios históricos que se orientan a esta tercera etapa pueden ser una guía útil para este caso. Véase, por ejemplo, MacKenzie (1978), Shapin (1979, 1984) y Shapin y Schaffer (1985).

la literatura acerca de la relación entre la ciencia y la tecnología, y hemos mostrado que aquí también el constructivismo social está comenzando a dar sus frutos. Hemos revisado además las principales tradiciones en los estudios sobre tecnología. Hemos argumentado que los estudios sobre innovación y mucho de la historia de la tecnología son inadecuados para nuestros propósitos sociológicos. Hemos discutido algunos trabajos recientes en sociología de la tecnología y hemos notado signos estimulantes acerca de la emergencia inicial de una nueva ola de estudios de caso basados en el constructivismo social.

Luego hemos desarrollado con mayor detalle las dos perspectivas —una en la sociología del conocimiento científico (PER) y una en el campo de la sociología de la tecnología (CST)— en las cuales basamos nuestra perspectiva integrada. Finalmente indicamos la semejanza de las metas explicativas de las dos perspectivas, e ilustramos estas metas con algunos ejemplos traídos de la tecnología. En particular hemos visto que en el estudio social de la tecnología se le puede dar base empírica a los conceptos de flexibilidad interpretativa, mecanismo de clausura, así como a la noción de grupo social relevante.

Tal como lo hemos notado a lo largo de este artículo, la sociología de la tecnología está aún subdesarrollada en comparación con la sociología del conocimiento científico. Sería una vergüenza si los avances generados en este último campo no pudieran ser utilizados para echar luz en el estudio de la tecnología. Por el otro lado, en nuestros estudios de la tecnología pareciera ser fructífero incluir diversos grupos sociales en el análisis, y existen algunas indicaciones de que este método puede también tener frutos para el estudio social de la ciencia. De tal modo nuestra perspectiva integrada indica cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse una a la otra.

Pero existe otra razón —tal vez más importante— para argumentar a favor de una aproximación integrada. Y esto nos lleva a la pregunta que algunos lectores pueden haber esperado que tratáramos en el primer párrafo del trabajo, es decir, la pregunta acerca de cómo distinguir la ciencia de la tecnología. Pensamos que es bastante poco fructífero

hacer esta distinción *a priori*. En cambio, parece más valioso comenzar con nociones de la ciencia y la tecnología provenientes del sentido común y estudiarlas de modo integrado, tal como lo hemos propuesto. Cualesquiera sean las diferencias que puedan interesar, las mismas ganarán contraste dentro de tal programa. Esto será otro resultado concreto del estudio integrado de la construcción social de los hechos y de los artefactos.

La construcción social de la baquelita: hacia una teoría de la invención*

Wiebe E. Bijker

El objetivo de este trabajo es avanzar sobre ciertos conceptos teóricos orientados a comprender el proceso de desarrollo de los artefactos tecnológicos.¹ La aproximación que sugiero extiende el análisis del desarrollo propio del constructivismo social, perfilado por Pinch y Bijker (véase en este volumen). En el trabajo anterior, propusimos un modelo descriptivo que se focalizaba en los diversos significados atribuidos a un artefacto por los diversos grupos sociales. Esto nos permitía dar una explicación simétrica de los artefactos "exitosos" y "fracasados", y también tenía la ventaja de incorporar tanto elementos técnicos como no técnicos en la descripción. En este artículo desarrollo el modelo un paso más allá, considerando aspectos de la historia de la baquelita.

El trabajo está compuesto por cuatro partes. En la primera sección describo la historia temprana de los plásticos. Para mis propósitos, aquí el énfasis no está en los detalles históricos, sino en la presentación

* Publicado originalmente como "The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention", en Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. J. Pinch (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, The MIT Press.

¹ Agradezco a Michel Callon, Ed Constant, Ernst Homburg, Tom Hughes, Stephen Kline, Rachel Laudan, Simone Novaes, Trevor Pinch, Jeffrey Sturchio, Sharon Traweek, y mis colegas en De Boerderij por comentarios estimulantes sobre borradores previos de este artículo. Por supuesto, esta ayuda sustancial no me hace menos responsable de cualquier falla que haya en la argumentación. Quisiera dar las gracias a la Stiftung Volkswagen, de la República Federal Alemana, la Twente University of Technology y la Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO-Organización de los Países Bajos para el Avance de la Investigación Pura) por el apoyo financiero.

de algunos conceptos explicativos. En particular, se elabora la noción de flexibilidad interpretativa y se introducen por primera vez los conceptos de *marco tecnológico* (*technological frame*) e *inclusión*. El significado exacto de estos términos es el tópico de la segunda sección. En la tercera parte se pone alguna carne en los huesos de estos conceptos, siguiendo la historia del plástico hasta alcanzar la era de la baquelita. Finalmente, en la cuarta sección sugiero un esquema más general para una teoría del desarrollo tecnológico.

UNA DESCRIPCIÓN DE LA HISTORIA DEL PLÁSTICO ANTES DE LA BAQUELITA

La historia del uso humano de materiales de plástico es tan larga como la historia de la humanidad en sí misma. Los egipcios usaban resinas, plásticos naturales, para barnizar sus sarcófagos, y los griegos hacían joyas con ámbar. Estas dos aplicaciones –la producción de barnices y pequeños objetos sólidos– han provisto y continúan generando importantes mercados para la industria plástica. Algunos de los plásticos naturales –tal como la laca– pueden ser usados para ambos propósitos, mientras que otros –tal como la goma– son utilizados solo para un propósito.

Hasta mediados del siglo XIX, el uso de los plásticos ha estado restringido al lujo y a los bienes de fantasía (desde cajas de perfumes laqueadas hasta joyas de marfil). La vulcanización de la goma, sin embargo, creó nuevos mercados. Durante el proceso de vulcanización la goma es calentada en presencia de sulfuro, que la torna más flexible y durable. Esto vuelve a la goma adecuada para un gran rango de aplicaciones. En la segunda mitad del siglo XIX, tanto la goma como la laca fueron crecientemente usadas como aislantes eléctricos, especialmente la “goma dura” también conocida como “vulcanita” o “ebonita”. Esta goma, a diferencia del proceso ordinario de vulcanización, era manufacturada mezclando un porcentaje más alto de sulfuro con la goma cruda, y fue usada para varios propósitos industriales nuevos. En ninguno de ellos había sido empleado el plástico natural más antiguo.

Más allá de su uso como material eléctrico aislante, la goma dura fue utilizada como revestimiento interno de aparatos químicos y acumuladores, y para la manufactura de instrumentos quirúrgicos y dientes artificiales. De tal modo, aún cuando los materiales plásticos habían sido restringidos al uso de joyas por parte de las clases superiores, ahora encontraron el favor de nuevos grupos sociales. Esto, sin embargo, creó un problema.

Un problema de escasez y tres variantes de solución

La localización exótica de las fuentes de la laca y la goma llevó a varios químicos y fabricantes a percibir la inminente escasez de plásticos naturales. “Estamos agotando los suministros de goma y gutapercha de la India, su demanda es ilimitada pero su oferta no”, remarcó el presidente de la junta de reuniones de la Royal Society of Arts en 1865 (citado por Kaufman, 1963, p. 33). En esta reunión Alexander Parkes dio una clase sobre su nuevo material plástico, la parquesina, que fue la primera de una serie de variantes producidas en un intento por resolver el problema de la escasez tratando de modificar la nitrocelulosa (Parkes, 1865). Otro incentivo importante para estos investigadores fue el objetivo de largo plazo de los inventores del siglo XIX, es decir, encontrar un sustituto para el marfil (Friedel, 1983).

La nitrocelulosa puede producirse de un modo bastante barato a partir de papel, fibras de madera o trapos. Su importancia como sustancia explosiva llamó inmediatamente la atención del mundo cuando el químico suizo Christian Friedrich Schönbein encontró un proceso de producción comercialmente viable en 1846. Algún tiempo después, varios químicos e inventores exploraron las posibilidades de disolver nitrato de celulosa en una mezcla de alcohol con éter. El “colodión”, como fue llamada esta solución, era un fluido claro con la consistencia de un jarabe que resultaba en una película transparente cuando era vertida y se dejaba secar. Fueron desarrolladas varias aplicaciones, tales como un emplasto para heridas, un medio para hacer tejidos impermeables y una base para materiales fotosintéticos.

Parkes fue el primero en intentar producir "un material pesado, fuerte, brillante" que pudiera ser cortado y moldeado a partir de la nitrocelulosa (Parkes, 1855). El desarrollo de un nuevo mercado para las aplicaciones técnicas del plástico (más allá del mercado tradicional de bienes de consumo lujosos) es ejemplificado por la política de negocios de Parkes. En muchas ocasiones al presentar su nuevo plástico, la parquesina, Parkes no distinguió claramente entre los diversos usos que se le podían dar: era utilizable tanto como un sustituto de los plásticos de lujo, tales como el marfil y el caparazón de tortuga, como para reemplazar sustancias industriales como la goma y la gutapercha (una sustancia similar a la goma pero que se obtenía de un árbol tropical distinto). Parkes puso el énfasis inicial en el uso de este material para la producción de artículos de fantasía. Por ejemplo, en la Exhibición Mundial de 1862, presentó medallones, botones, peines, artículos calados, embutidos y agujereados, lapiceras y lapiceros (Kaufman, 1963). Sin embargo, hacia 1866, cuando Parkes trató de persuadir a los inversores para que pusieran capital en la nueva Parkesine Company Inc., el prospecto mencionaba escasamente a la parquesina como un bello material para hacer "obras de arte", pero enfatizaba sus aplicaciones para hacer cilindros para cardar e hilar, aislar cables telefónicos, manufacturar tuberías y barnizar y revestir barcos de hierro (Friedel, 1979). En paralelo con este cambio de énfasis respecto a las aplicaciones en chucherías, Parkes trató de hacer su material lo más barato posible (Friedel, 1979; Dubois, 1972), pero ello no fue suficiente para conseguir la incorporación del nuevo grupo social de usuarios. Su entusiasmo por mostrar la aplicabilidad de la parquesina a una variedad de propósitos distintos significó que pusiera menos énfasis en encontrar una fórmula química digna de confianza para al menos una forma específica de parquesina. De tal modo, el plástico no fue producido con una calidad consistente, y un gran número de productos vendidos por la nueva compañía fueron devueltos como inaceptables debido a su contracción, torsión y deformación (Worden, 1911). En 1868 la Parkesine Company fue liquidada.

Una segunda variante de la nitrocelulosa plástica estaba vincula-

da cercanamente a la parquesina. El gerente de la Parkesine Company, Daniel Spill, atribuyó el fracaso de la parquesina a que sus materiales no eran lo suficientemente claros. Si se pudiera hacer más blanca, la parquesina aparecería como un sustituto más creíble del marfil. En 1869 Spill fundó otra compañía, y con cambios solo menores en el proceso de manufactura continuó la producción de lo que ahora era llamada xilonita. A esta operación no le fue mucho mejor que a la anterior, y fue abandonada en diciembre de 1874. Spill tenía una fe inamovible en su material y estableció otra compañía en 1875. Esta vez tuvo éxito en encontrar un mercado pequeño pero estable para lo que ahora llamó marfilina (Kaufman, 1963).

La tercera variante para solucionar el problema de escasez de los plásticos naturales fue desarrollada por John Wesley Hyatt en Albany, Nueva York. Tal como lo relata la historia popular, la investigación de Hyatt se disparó por la oferta de 10 mil dólares como premio a quien pudiera patentar un material sustituto del marfil para la manufactura de bolas de billar. Hyatt trató primero varias composiciones conocidas de plástico, como las fibras de madera laqueadas. Aún cuando esto no resultó un sustituto adecuado, una consecuencia importante fue que Hyatt se familiarizó con el proceso de moldear plásticos bajo el calor y la presión (Friedel, 1979). Esta experiencia hizo que Hyatt fuese consciente de los problemas de las soluciones líquidas de colodión (tales como las que habían usado Parkes y Spill): el proceso de secado causaba de manera inevitable una contracción, lo cual hacía difícil que estas mezclas fueran usadas para moldear objetos sólidos. En sus propias palabras:

De mis experimentos iniciales con nitrocelulosa, incitado por el hallazgo incidental de un trozo seco de colodión del tamaño y espesor de una uña del pulgar, y por mis más serios esfuerzos por encontrar un sustituto para las bolas de billar de marfil, se hizo evidente que una solución semilíquida de nitrocelulosa (de la cual tres cuartas partes del total era un líquido volátil y el sólido final no era más que un cuarto de la mezcla original) estaba lejos de estar adaptada a la manufactura de artículos só-

lidos y que debía producir inicialmente una solución sólida por medios mecánicos (Hyatt, 1914, p. 158).

Luego de que Hyatt sacó varias patentes describiendo estos procesos, en 1870 salió una patente para referirse al "uso de una finamente penetrada goma de alcanfor mezclada por pulpa de piroxilina [nitrocelulosa] [...] [volviéndola] soluble por la aplicación de calor" (Hyatt, 1870). Solo muchos años después, cuando se involucró en litigios sobre patentes, Hyatt usó el término "solución líquida" para describir el material producido en una de sus primeras etapas del proceso de elaboración. Utilizó el término para presentar la diferencia crucial respecto a los plásticos de nitrocelulosa anteriores. Su solución líquida pareció -en su momento- ser más bien una mezcla húmeda:

Concebimos la idea de que era posible mezclar solventes de manera mecánica con la pulpa y la materia colorante cuando aún estaba húmeda, luego absorber la humedad con papeles secantes bajo presión, y luego someter la masa al calor y la presión (Hyatt, 1914, p. 159).

De cualquier modo, el uso posterior del término "solución" probablemente se añadió debido a la importancia que percibió en el papel de los solventes en la producción de celulosa. De manera irónica, Hyatt por sí mismo no mencionó el uso del alcanfor como solvente, solo como un aditivo. Junto con su hermano, Isaiah S. Hyatt, fundó la Albany Dental Plate Company en 1870. Anunciaron

un material recientemente inventado y patentado para dentaduras postizas o bases para dientes artificiales, que no puede dejar de encantar a todo dentista que desee un material mejor para este propósito que la goma dura (*The Dental Cosmos*, 13, 1871, citado en Fried, 1979, p. 53).

Las dentaduras postizas poseían varias imperfecciones. Algunas de ellas tenían un fuerte gusto a alcanfor, algunas se ablandaban en la boca (lo suficiente como para que se aflojaran los dientes), y las placas se

torcían después de ser ajustadas a la boca del paciente (Friedel, 1983). Aún cuando estas dentaduras postizas estaban lejos de ser satisfactorias, el esfuerzo concertado de producir un material con cualidades específicas, consistentes, resultó en la formación de la Celluloid Manufacturing Company de los hermanos Hyatt, para producir celuloide en una modalidad semiterminada (varillas, hojas, tubos, etc.). Desde 1872 hasta 1880, los Hyatt concedieron licencias a diferentes compañías para la producción de bienes de consumo de celuloide, dedicándose cada una de estas compañías a un nicho de mercado definido (Friedel, 1979; 1983).

Flexibilidad interpretativa del artefacto celuloide tal como es mostrado en el proceso de selección

¿Cuál de los dos plásticos rivales, marfilina/xilonita o celuloide, devino dominante? El proceso de selección (véase Pinch y Bijker, en este volumen) fue determinado en gran medida por una controversia de patentes. Esta controversia entre Spill y Hyatt implicó el problema de quién tenía la prioridad por la invención del uso del alcanfor en la producción de un plástico a partir de la nitrocelulosa.

El debate puede ser usado para mostrar la "flexibilidad interpretativa" del artefacto celuloide. Para Spill, el celuloide significaba una mezcla de nitrocelulosa y alcanfor que, si bien estaba preparada de un modo ligeramente distinto, era esencialmente la misma que en el caso de la xilonita o la marfilina. Sin embargo para Hyatt, la diferencia crucial entre el celuloide y otros plásticos de nitrocelulosa se encontraba en el proceso de fabricación: decía que él usaba una solución sólida de nitrocelulosa y alcanfor en vez de una solución líquida. Vinculado a estas diferencias acerca de cómo estos dos químicos industriales conceptualizaban los significados de sus plásticos se encontraban diferencias en las metas y en las líneas resultantes del proceso. Spill valoraba el uso de su plástico mayormente como un sustituto de los plásticos naturales caros, tal como es indicado por el nombre marfilina y su énfasis en la necesidad de que el material fuera blanco. Consecuentemente, la producción

en masa a través del moldeado no era su prioridad. Para Hyatt la meta de construir un material que pudiera ser usado para producir un gran número de productos estrictamente definidos y de calidad consistente lo llevaba inevitablemente a concentrarse en el proceso de producción y especialmente en las características del moldeado del material.

La disputa por la patente entre Spill y Hyatt fue resuelta por Samuel Blatchford, en ese momento un juez de la Suprema Corte de los Estados Unidos, y "el juez mejor visto en asuntos de patente en su época" (Friedel, 1983, p. 132). El 21 de agosto de 1884 decidió que ni Spill ni Hyatt debían ser considerados los inventores del plástico nitrocelulosa-alcanfor, debido a que en sus patentes Parkes ya había cubierto esta combinación de sustancias. Esto significó la victoria de Hyatt, dado que la decisión del juez negó a Spill la novedad de usar alcanfor y anuló los fundamentos para su litigio con Hyatt. La Celluloid Manufacturing Company tuvo éxito, consolidando una firme base financiera.

La creciente estabilización del celuloide puede ser trazada siguiendo su uso como un material intermedio entre un plástico barato pero feo, como la goma, y materiales de lujo como el marfil. Por ejemplo, el advenimiento del celuloide trajo peines, puños de camisa y cuellos al alcance de grupos sociales que hasta entonces no habían estado en condiciones de acceder a tales lujosos artículos (lujosos debido a que los puños y cuellos de algodón originales debían ser lavados todos los días y esto era un trabajo tan laborioso que necesitaba, al parecer, sirvientes para hacerlo).

UN PROBLEMA CON EL ARTEFACTO CELULOIDE

Habiendo descrito algunos de los procesos que condujeron a una eventual estabilización del celuloide, el próximo paso en el modelo descriptivo es preguntar qué problemas fueron percibidos en este artefacto. Uno de los problemas con el celuloide, en la mirada de ciertos grupos sociales importantes, nunca fue resuelto. Este era su carácter inflamable. Como en el caso del desarrollo de la bicicleta (Pinch y

Bijker, en este volumen), los problemas raramente tienen la misma pertinencia para todos los grupos sociales. De tal modo que los datos sobre incendios y accidentes causados por explosiones en los cuales se decía que estaba involucrado el celuloide eran interpretados de un modo bastante distinto según las personas (Kaufman, 1963). Por ejemplo, es dudoso que algún químico pudiera no pensar que calentar la nitrocelulosa bajo presión no fuera el colmo de la locura, sabiendo su carácter explosivo. Un profesor de química que visitó la fábrica de Hyatt se preocupaba señalando que si era aplicado mucho calor, ¡la sustancia se destruiría inevitablemente a sí misma, junto con el edificio y las propiedades adyacentes! Si bien Hyatt era escéptico, estaba lo suficientemente preocupado como para probar la proposición:

El siguiente día, entre las 0 y la 1 de la mañana, cuando todos estaban afuera, ensamblé tabloncitos de cuatro pulgadas utilizados como bancos, entre la prensa hidráulica y la bomba de mano, intentando escudarme de un posible daño. Preparé después el molde, calentándolo a cerca de 500 °F sabiendo ciertamente que iba a producir una ignición de la nitrocelulosa y el alcanfor, y sabiendo que iba a sufrir por el resultado. Los gases chiflaron penetrantemente a través de las juntas del molde, llenando la sala con un humo penetrante. El molde, la prensa, el edificio y sus contenidos estaban allí, incluyéndome a mí mismo, muy contento de no saber tanto como el Profesor (Hyatt, 1914, p. 159).

Sin embargo, no muchos usuarios estuvieron convencidos por este experimento, y las autoridades locales y nacionales establecieron regulaciones de seguridad especiales para las industrias de procesamiento del celuloide (Worden, 1911).

Otro artefacto y su flexibilidad interpretativa: el producto de la condensación del fenol-formaldehído

Más o menos al mismo tiempo que Hyatt se encontraba estableciendo su compañía para la manufactura de dentaduras postizas, Adolf Baeyer

en Alemania estaba observando las reacciones de condensación entre aldehídos y fenoles. Si bien descubrió que bajo condiciones específicas se formaban compuestos químicos que pertenecían al grupo de las tinturas fenólicas, la mayor parte de los productos de condensación eran resinosos y difíciles de cristalizar (Baeyer, 1872).

Muchos historiadores de la industria plástica identifican al producto de condensación de Baeyer como la primera resina sintética. Habiendo producido la "resina", los investigadores dirigieron sus esfuerzos a lograr su producción a través de un proceso industrial. Esto fue logrado finalmente por Leo Hendrik Baekeland. Para el propio Baeyer, sin embargo, el producto de la reacción significó algo completamente distinto a una resina sintética. Debido a que el carácter resinoso de los productos de condensación presentaba un problema para los métodos usuales de análisis, Baeyer no pudo evaluar su importancia como potencial colorante sintético. Esto hizo que la resina del fenol-formaldehído solo fuera otro producto que debía ser desechado. Un tercer significado fue atribuido a este producto de condensación por parte de Arthur Michael (quien era estudiante de Hofmann, Bunsen y Mendeleev, y terminó su carrera como profesor de química en la Universidad de Harvard). Para Michael la resina no significó un resultado no deseado para la investigación de tinturas sintéticas, tampoco significó un plástico sintético potencialmente útil. Michael estaba interesado en estas resinas sintéticas por razones puramente académicas y biológicas: esperaba que esta investigación le permitiera una mejor comprensión de las resinas naturales (Michael, 1883-1884). No tenía interés en sus aplicaciones industriales potenciales.

De tal modo, la flexibilidad interpretativa del producto de la condensación del fenol-formaldehído, considerado como un artefacto en los términos de nuestro modelo descriptivo, conduce a la existencia de tres artefactos distintos: un material plástico en estado embrionario, un colorante potencial en estudio, y un método para el estudio de las resinas naturales.² Sin embargo no fue sino a principios de siglo que

² La expresión "flexibilidad interpretativa" puede llevar a algunos lectores a pen-

el primer artefacto devino a la existencia. Es a través de una distorsión retrospectiva que se ve su origen en 1872. En la próxima parte de esta sección trato la cuestión de por qué el primer artefacto, la baquelita tal como se la conocería después, no fue descubierta antes.

Marcos tecnológicos y por qué no fue construido un plástico por condensación del fenol-formaldehído

Más de una década pasó después de la observación inicial de la reacción de condensación entre el fenol y el formaldehído, y nadie pareció interesado en estudiar su potencial para la producción de un plástico sintético, aún cuando al mismo tiempo el éxito del celuloide sugería un mercado atractivo. Se puede pensar en el alto precio del formaldehído como una explicación de este rechazo a las posibilidades de desarrollo de un plástico sintético comercial. Si esta explicación es correcta, entonces podríamos esperar que la disponibilidad de un formaldehído más barato condujera a un esfuerzo en la investigación para hacer un plástico a partir de este material.

No fue sino en 1888, luego del desarrollo de un proceso catalítico que permitía sintetizar directamente el formaldehído, que el mismo devino un material fácilmente disponible. La industria de las tinturas, por ejemplo, comenzó a usarlo en muchas tinturas. Podemos preguntar si hubo entonces algún renovado interés por hacer un plástico sintético a partir de la condensación del formaldehído.

En verdad un químico industrial, Werner Kleeberg, fue estimulado por la disponibilidad comercial del formaldehído para estudiar la reacción de condensación. Kleeberg estaba con seguridad interesado en la reacción debido a que, como Baeyer, esperaba encontrar un nuevo colorante. También para Kleeberg la "rosarote Masse" significaba

erróneamente, que hay una realidad independiente e invariable, frente a la cual solo las interpretaciones pueden variar. Para evitar esta incompreensión, tal vez debiéramos adoptar las expresiones "flexibilidad artefactual" y "flexibilidad factual". Agradezco a Michel Callon por sus comentarios en este punto.

una sustancia a ser analizada. Y esto, una vez más, parecía imposible con las técnicas analíticas disponibles. Como resultado, Kleeberg se concentró en otras reacciones del formaldehído que no producían sustancias resinosas (Kleeberg, 1891).

La disponibilidad de la sustancia disparó otros intereses entre los químicos también. Otto Manasse y Leonhard Lederer desarrollaron, de manera independiente, un proceso para hacer alcoholes fenólicos (Manasse, 1894; Lederer, 1894). Ambos probablemente estaban trabajando para firmas químicas, produciendo materiales en crudo para la industria de las tinturas sintéticas. Se consideró que estos químicos recientemente descubiertos eran de interés general, pero también tenían un valor comercial (Lederer, 1894). Hasta entonces, la producción de los alcoholes fenólicos había sido realizada por la reducción de los aldehídos respectivos, un proceso caro y engorroso. La abundante disponibilidad del formaldehído sugirió otra solución: sintetizar los alcoholes fenólicos a partir del formaldehído. Lederer, al resumir los esfuerzos por alcanzar esta meta, explicó que todos estos intentos habían fracasado debido a la aparición súbita de "unerquickliche Harze" (resinas tremendas; Lederer, 1894, p. 224). De tal modo, podemos decir que el material resinoso significaba algo distinto también para estos químicos. No era un plástico potencial a ser domesticado para su moldeo; tampoco era una tintura potencial a ser analizada para sintetizarla; ni era un instrumento para estudiar las resinas naturales; más bien era una sustancia poco interesante que debía ser evitada debido a que se estaba tras otra cosa.

Los trabajos de Kleeberg, Manasse y Lederer sobre la condensación resinosa producto del fenol y el formaldehído, además de mostrar de otro modo la flexibilidad interpretativa del artefacto (añadiendo una cuarta construcción a la lista), indican que no fue el precio elevado del formaldehído (antes de 1886) lo que explica la negativa al uso potencial de esta resina como un plástico comercial. El formaldehído barato no condujo al desarrollo de un plástico comercial. Debe buscarse otra explicación.

La observación de que "simplemente no lo vieron" es una forma

de decir lo mismo que aquello que debe ser explicado. ¿Por qué no figuró en la agenda de los químicos de ese momento la posibilidad de producir un material resinoso sintético a partir de la reacción fenol-formaldehído? Ciertamente, químicos como Baeyer, Manasse, Lederer y Kleeberg no carecían de inteligencia comercial. Con seguridad debían también estar familiarizados con la goma (pesada) y con el celuloide, aún cuando solo fuera en sus casas. Algo impedía que el plástico sintético deviniera en una cuestión para esta comunidad de químicos. Para describir esto introduciré la noción de *marco tecnológico*.

Un marco tecnológico está compuesto, para empezar, de conceptos y técnicas empleadas por una comunidad para la resolución de sus problemas. (Una descripción más comprensiva del marco tecnológico será desplegada más adelante.) El concepto de *resolución de problemas* debería ser leído como una noción amplia, incluyendo tanto el reconocimiento de aquello que cuenta como un problema como las estrategias disponibles para resolver los problemas y los requerimientos que una solución debe tener. Esto hace que el marco tecnológico sea una combinación de teorías corrientes, conocimientos tácitos, prácticas de ingeniería (tales como los métodos y los criterios de diseño), procedimientos de testeo y prueba especializados, metas, y prácticas de manipulación y uso. La analogía con el término "paradigma" de Kuhn es obvia. Retornaré a esta analogía en la próxima sección.

Si aplicamos ahora el concepto de marco tecnológico a la discusión de Baeyer y Kleeberg, deviene claro por qué no trataron de modificar el producto de la condensación del fenol-formaldehído en un plástico utilizable. Primero, tenían otras metas: la producción de nuevas tinturas sintéticas. Pero estas metas pueden ser cambiadas, especialmente cuando hay grandes beneficios en el horizonte. Por lo tanto debe haber más elementos que este. La idea de hacer un plástico por medio de una síntesis química simplemente no ocurrió ni *pudo* ocurrírseles a ellos. La teoría química de esa época no podía hacer frente a una sustancia de este tipo. Tampoco podía hacerlo la práctica química: sus prácticas diarias de laboratorio incluían todo tipo de análisis y síntesis químicas, pero la aplicación de presión y las técnicas

de moldeado eran de otro mundo. El marco tecnológico del plástico sintético no existía aún. Lo mismo se aplica a la imposibilidad de ver la potencialidad del producto de la condensación por parte de Manasse y Lederer: simplemente no se ajustaba al marco tecnológico de su comunidad.

BUSCANDO UN SUSTITUTO AL CELULOIDE DENTRO DEL MARCO TECNOLÓGICO DEL CELULOIDE

El celuloide, a pesar de su éxito y su estabilización dentro de varios grupos sociales, aún tenía importantes problemas. Tal como se ha mencionado previamente, para algunos grupos era bastante peligroso debido a su carácter inflamable; era también bastante caro debido al precio del alcanfor; y tercero, no era adecuado a altas temperaturas, lo que puso barreras a varias aplicaciones técnicas. Esta situación llevó a que muchos químicos comenzaran a buscar una alternativa al celuloide. Se probaron otros solventes más baratos para reemplazar el alcanfor. Todo tipo de aditivos químicos fueron estudiados con el fin de moderar su carácter inflamable. Y algunos de estos químicos dirigieron su investigación a la reacción de condensación entre el fenol y el formaldehído. Mi argumento es que esta comunidad de químicos tenía un marco tecnológico que, en gran medida, estaba dominado por la experiencia del celuloide.

Primero, para hombres como Smith, Luft, De Laire, Fayolle y Story, la meta fue explícitamente encontrar un sustituto al celuloide. A menudo describían sus productos como "sustitutos de la laca" o "sustancias semejantes al cuerno animal", pero el campo de aplicación buscado era claramente el mismo que el del celuloide. Segundo, la mayor parte de estos inventores no mostraron una sofisticación mayor respecto a la teoría química que la expresada por Hyatt: no hicieron ningún esfuerzo por decir nada acerca del producto de condensación ni de los detalles de la reacción química. Tercero, su estrategia de resolución de problemas se focalizó en hallar un solvente adecuado. A tra-

vés de los juicios de patentes, la elección del solvente correcto adquirió el significado de ser un paso crítico en la "invención del celuloide". Y también se puso mucha atención en el solvente debido al alto precio del alcanfor. Esto situó al papel del solvente en una posición central dentro del marco tecnológico del celuloide, tanto respecto a la identificación de los problemas cruciales *como* a la estrategia de resolución de problemas. En verdad hemos visto a los inventores previamente mencionados definiendo su problema de elaborar un plástico sintético como el modo de ablandar el producto de la condensación de modo tal que, esperaban, una vez ablandado fuera tratable del mismo modo que el celuloide. Su estrategia para realizar esto era aplicar toda clase de solventes en distintas etapas de la reacción. En las palabras de Baekeland, al comentar la patente de Luft:

Todo el proceso de Luft parece claramente un intento de hacer un plástico similar al celuloide y prepararlo y usarlo como el último. La semejanza es mayor por el uso del alcanfor y los mismos solventes que en el proceso del celuloide (Baekeland, 1909a, p. 322).

Sin embargo, esta estrategia no funcionó en este contexto y ninguno de estos hombres tuvo éxito en hacer una resina sintética comercialmente viable.

DIFERENTES GRADOS DE INCLUSIÓN, O ACERCA DE CÓMO TUVO ÉXITO LA BAQUELITA

Finalmente llego a Baekeland. Mi argumento es que Baekeland trabajó en un grado importante— dentro del marco del celuloide, y que trabajó de un modo igualmente importante en *desacuerdo* con este marco. Quiero abordar el problema de la descripción de esta situación con el concepto de *inclusión*.

Baekeland trabajó dentro del mismo marco que Smith, Luft, De Laire, Fayolle y Story, pero tenía una menor inclusión en el mismo.

Lo describo como trabajando dentro del marco del celuloide debido a que tenía la misma meta –hacer un sustituto para el celuloide y los plásticos naturales y los barnices– y porque comenzó a trabajar con la misma estrategia de resolución de problemas: buscar un solvente debilitante efectivo. Pero Baekeland no adhirió estrictamente a las ideas y métodos de este marco tecnológico. Esta inclusión relativamente baja en el marco del celuloide está vinculada a la alta inclusión de Baekeland en otro marco tecnológico: la ingeniería electroquímica. Por ejemplo, después de haber presentado varias alternativas en el campo tradicional de las aplicaciones del celuloide, añadió: “Este uso para artículos de fantasía no ha llamado mucho mi atención en la medida que existen importantes aplicaciones para los propósitos de la ingeniería” (Baekeland, 1909d, p. 157).

Obviamente Baekeland intentaba focalizarse en otros campos de aplicación, superponiéndose con el rango de las aplicaciones del celuloide, pero buscando un terreno que tuviera más el carácter de la ingeniería industrial. Cuando su búsqueda por un solvente debilitante no alcanzó ningún resultado, no quedó adherido al problema, debido a que su inclusión en el marco del celuloide era baja. En vez de ello, Baekeland comenzó a utilizar una de las estrategias familiares de resolución de problemas propia del marco tecnológico de los ingenieros electroquímicos. Llevó a cabo una investigación larga y sistemática orientada a analizar los distintos factores que estaban en conexión con la reacción. A pesar de que Baeyer había observado la reacción de condensación treinta y tres años antes, fue la primera vez que alguien investigaba esto.

Esta investigación permitió a Baekeland controlar la violenta reacción de condensación. Distinguió tres fases en la reacción y, debido a que pudo detener la reacción después de la primera y la segunda, estuvo en condiciones de manipular la masa moldeada antes que cambiara en la tercera fase final del ahora bien conocido plástico termoes estable. El elemento clave de este procedimiento fue formulado en las famosas “patentes de calor-presión” (Baekeland, 1907a; 1907b). Solo se contrarresta la producción de productos gaseosos en la reacción de condensación cuando la alta presión es aplicada *al mismo tiempo* que

el calor se eleva; de otro modo el producto es poroso y carece de valor para las aplicaciones que requieren su moldeado.

Podemos dejar aquí la historia de la baquelita para volver a las nociones de marco tecnológico e inclusión.

MARCO TECNOLÓGICO E INCLUSIÓN

De manera deliberada, he hecho el concepto de marco tecnológico lo suficientemente amplio como para incluir elementos tan distintos como las teorías en curso, las metas, las estrategias de resolución de problemas, y las prácticas de uso (el término “prácticas de uso” es en alguna medida congruente con la noción de “mercados existentes”, pero se focaliza en las prácticas del consumidor más que en los aspectos económicos). Dependiendo del marco tecnológico que se describe (y en los propósitos de hacer ese ejercicio), diferentes elementos pueden requerir distintos grados de atención. Por ejemplo, el elemento de las teorías en curso del marco del celuloide está bastante vacío si miramos a Hyatt en sus tempranos días de trabajo con el celuloide. Tal como lo dijo apropiadamente al final del experimento para probar su inflamabilidad: “[me encontraba] muy contento de no saber tanto como el Profesor”.

La necesidad de construir un concepto tan amplio de marco tecnológico deriva del requerimiento de ser también aplicable a grupos sociales de no-ingenieros. Para un análisis constructivista de la tecnología es importante *no* hacer una distinción apriorística entre diferentes tipos de grupos sociales (Callon, 1981b; Pinch y Bijker, en este volumen). Por supuesto, cuando se describe el marco tecnológico del grupo social de los dentistas respecto al artefacto de la goma dura, se requieren más detalles acerca de las metas y las prácticas de uso dentro de ese marco que elementos acerca de las teorías en curso. De tal modo, un marco tecnológico debería entenderse más como un marco respecto a la tecnología que como un marco propio del tecnólogo.³

³ Stephen Kline ha sugerido que bautice el concepto como marco sociotécnico.

El caso de la bicicleta Ordinary de ruedas altas (Pinch y Bijker, en este volumen) provee una ilustración en este sentido. Las prácticas de uso del grupo social de "hombres jóvenes de medios y vigor" –es decir: correr mostrándose e impresionando a las damas– constituyeron la "macho máquina", mientras que las prácticas de uso de los grupos sociales de las mujeres y de los hombres de más edad –es decir: ir de excursión, cayéndose, y "quebrándose los miembros y los huesos"– constituyeron la máquina insegura. La "macho máquina" condujo a una tradición de diseño con radios de rueda más grandes, y la máquina insegura llevó a una variedad de diseños con ruedas más pequeñas, asientos localizados más atrás, o ruedas más pequeñas en el frente. De tal modo, diferentes prácticas de uso pueden influir en el diseño de artefactos, incorporando elementos del marco tecnológico de quienes no son ingenieros.

Este aspecto representa una importante diferencia respecto de conceptos relacionados, utilizados por otros investigadores del desarrollo tecnológico. Los conceptos de estilo tecnológico (Hughes, 1983 y en este volumen), tradición tecnológica (Constant, 1980, 1984; Laudan, 1984a), paradigma tecnológico (Dosi, 1982, 1984a; Gutting, 1984; Van den Belt y Rip, 1989), complejo de orientación tecnológica (Weingart, 1984) y régimen tecnológico (Nelson y Winter, 1977, 1982; Van den Belt y Rip, 1989) son esfuerzos que se aplican solo al grupo social de los ingenieros. Aún más, el uso del término "estilo tecnológico" por parte de Hughes quiere expresar de manera primaria la existencia de diferencias en las tecnologías nacionales, lo que ubica al concepto en un nivel de agregación mucho mayor al que corresponde a la noción de marco tecnológico.

Un segundo rasgo del marco tecnológico –aún no mencionado de manera explícita– es igualmente importante y lo diferencia también de la mayoría de los otros conceptos. El concepto de marco tecnológico

En verdad esto describe sus connotaciones con más precisión. Sin embargo, la expresión deviene incluso más elaborada de lo que es el concepto de marco tecnológico; por esta razón me apego a la última.

intenta ser aplicado a la *interacción* de varios actores. De tal modo, no es una característica individual, ni tampoco una característica de sistemas o instituciones; los marcos se encuentran *entre* actores, no *en* los actores ni *encima* de los actores. En ese sentido, los marcos son similares a las redes de Callon (1986). Si bien mi uso del concepto de marco tecnológico deriva de otros estudios en los cuales conceptos similares han sido desarrollados de manera tanto empírica como teórica,⁴ su aplicación a la tecnología es hasta el momento solo tentativa. Esbozo brevemente algunos aspectos de la naturaleza interactiva de este concepto.

Tal como se indicó previamente, el significado atribuido a un artefacto por los miembros de un grupo social juega un papel crucial en mi descripción del desarrollo tecnológico. El marco tecnológico de estos grupos sociales estructura su atribución de sentido proveyendo, por así decirlo, su "gramática". Esta gramática es utilizada en la interacción de los miembros de este grupo social, resultando en una atribución de sentido *compartida* (que el significado de un artefacto es compartido entre los miembros de un grupo social es, después de todo, un elemento central para la identificación de un grupo social relevante; véase Pinch y Bijker, en este volumen).

La naturaleza interactiva de este concepto es necesaria para explicar la emergencia y desaparición de marcos tecnológicos. Un marco tecnológico es construido cuando comienza y continúa en el tiempo la interacción "alrededor" de un artefacto. De tal modo, el artefacto parquesina no dio lugar a un marco tecnológico específico debido a que la interacción "alrededor" de él terminó antes de verdaderamente haber comenzado. Lo opuesto ocurrió con el celuloide: su estabilización fue acompañada por el establecimiento de, por ejemplo, un grupo social de "químicos del celuloide". La continua interacción de estos químicos dio origen y fue estructurada por un nuevo marco tecnológico. Un ele-

⁴ En alguna medida son similares los conceptos de figuración (Elias, 1970) y juego (Crozier y Friedberg, 1977; Van der Meer, 1983, 1986; Wilhelm, 1985; Wilhelm y Bolz, 1986).

mento importante de este marco tecnológico fue, como hemos visto, el foco puesto en los solventes dentro del proceso químico.

De algún modo, entonces, el concepto de marco tecnológico es el resultado de hacer menos visibles las costuras de la red que fue urdida con el modelo descriptivo (véase la introducción a Bijker, Hughes y Pinch, 1987). Por un lado, un marco tecnológico puede ser utilizado para explicar cómo el ambiente social estructura el diseño de un artefacto. Por ejemplo: la dominación del grupo social de los químicos del celuloide tuvo como resultado varias patentes para un plástico a partir del fenol-formaldehído, en las cuales el uso del solvente jugaba un papel crucial. Por otro lado, un marco tecnológico indica cómo la tecnología existente estructura el ambiente social. Por ejemplo: la estabilización del artefacto celuloide dio como resultado la aparición de grupos sociales y marcos tecnológicos específicos. Respecto a esto, un artefacto (tal como el celuloide) en última instancia, juega un papel similar al concepto de "modelo ejemplar" de Kuhn (1970; Gutting, 1984, p. 56).

Un marco tecnológico estructura la interacción de los miembros de un grupo social. Pero nunca puede hacerlo de manera completa: primero, debido a que diferentes actores tendrán diferentes grados de inclusión en el marco (actores con una alta inclusión interactúan más en términos de ese marco tecnológico, y actores con un bajo grado de inclusión lo hacen en menor medida), y segundo, debido a que todos los actores serán en principio miembros de más de un marco tecnológico, como lo he sugerido en el caso de Baekeland.⁵ También en estos aspectos —la posibilidad de varios grados de inclusión en un marco tecnológico y la posibilidad de encontrarse en diversos marcos— el concepto de marco tecnológico difiere respecto de conceptos semejantes que fueron mencionados previamente.

⁵ Wesley Shrum (1984) argumentó sobre líneas similares en su análisis de los sistemas técnicos. Se refiere a Ludwik Fleck (1935), cuyos "estilo de pensamiento" y "círculo esotérico / exotérico" están en las raíces de los conceptos de marco tecnológico e inclusión (Bijker, 1984).

Las características del concepto de inclusión pueden ser ilustradas por el contraste entre el ingeniero que posee un grado relativamente bajo de inclusión en un marco tecnológico y el notorio "científico marginal" analizado por Gieryn y Hirsch (1983). Hay al menos tres importantes diferencias. Primero, la "marginalidad" de los conceptos discutidos por Gieryn y Hirsch posee solo una dimensión. Por ejemplo, en un estudio los científicos son considerados marginales si han migrado recientemente de otro campo, mientras que en otro estudio el concepto de marginal es operacionalizado como equivalente a "ser joven". Las diferentes dimensiones producen resultados contradictorios: si Gieryn y Hirsch pudieran escoger una única dimensión para caracterizar un científico, todos los noventa y ocho científicos de su muestra serían marginales. En contraste, el concepto de inclusión es *multidimensional* debido a que está relacionado a un concepto de múltiples facetas: el marco tecnológico. De tal modo, la inclusión de actores en un marco tecnológico puede ser especificada describiendo sus metas, sus estrategias de resolución de problemas, las habilidades experimentales, su entrenamiento teórico, y así en más. Después uno podría continuar indicando en qué medida cada uno de esos elementos es congruente con los elementos respectivos del marco tecnológico. Por ejemplo: las metas de Baekeland eran congruentes con el marco tecnológico de los productores de celuloide en la medida que intentó producir artículos plásticos en masa; no lo eran en la medida que se estaba focalizando en la producción de aplicaciones industriales más que en bienes de consumo. Segundo —tal como lo he mencionado antes—, inclusión no es un concepto binario: en vez de ser central o marginal, un miembro de un grupo social puede tener distintos *grados* de inclusión en el marco tecnológico. Esto es especialmente importante cuando queremos hacer justicia al carácter dinámico de la producción tecnológica. El grado de inclusión de un actor no es constante sino que puede cambiar con el curso de los eventos. Por ejemplo: el grado de inclusión de Baekeland en el marco del celuloide decreció cuando cambió de la aplicación de solventes a otra estrategia de resolución de problemas perteneciente al marco tecnológico de los electroquímicos. El tercer punto de diferencia

con el concepto de marginalidad ya fue mencionado previamente: los actores son típicamente miembros de diferentes grupos sociales y tienen (distintos grados de) inclusión en varios marcos tecnológicos.

En la próxima sección retomo el caso de la baquelita y sigo su historia a partir de 1907.

LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA BAQUELITA

En la perspectiva ortodoxa de la historia del plástico, las patentes de 1907 de Baekeland constituyen la invención de la baquelita. Pero un artefacto no puede nunca ser explicado como siendo inventado de un modo tan definido (tal como todos los autores incluidos en Bijker, Hughes y Pinch, 1987, argumentan en distintos tonos). En 1907 no había aún una innovación exitosa llamada baquelita. Las exhibiciones que Baekeland mostró durante su presentación en el Club de Químicos de Nueva York probaron ser tan ilusorias como las exhibiciones tempranas de la parquesina de 1862 en la Exhibición Mundial. El primer plástico sintético que marcaría los comienzos de la "era del plástico" aún debía ser construido. Para entender esta parte del proceso de desarrollo de la baquelita, nos ayudan, una vez más, los conceptos de marco tecnológico e inclusión.

Ninguna experiencia química ni teoría sofisticadas parecen estar involucradas en el proceso de elaboración de la baquelita (la teoría macromolecular que describe este tipo de procesos no fue desarrollada hasta la década de 1920). Este es el motivo por el cual Baekeland consideró inicialmente que podía mantenerse al margen del proceso de manufactura; su intención fue obtener licencias con el plan de sacar beneficios del uso de sus patentes, pero "pronto encontré que estaba muy equivocado en esto, y que causaría un sinfín de desengaños enseñar a otros químicos detalles que, para mí, parecían bastante simples" (Baekeland, 1916, p. 155).

Esto es comprensible a la luz de la discusión previa. El trabajo de los grupos sociales a los cuales Baekeland intentaba delegar la manu-

factura de la baquelita para moldear en polvo estaba estructurado por el marco tecnológico del celuloide. Este marco tecnológico focalizaba la interacción de los grupos sociales de productores en, por ejemplo: el empleo de solventes y el desarrollo de nuevas máquinas de procesamiento, tales como la prensa de moldeo de láminas y la aplanadora hidráulica (ambas usadas para hacer láminas finas), y la prensa de moldeo por inflado (usada para proveer a las nuevas generaciones con juguetes, sonajeros y muñecas) (Dubois, 1972). No proveía los medios para tratar con una reacción química delicada, tal como la existente entre el fenol y el formaldehído "en la cual casi cualquier cosa puede ocurrir excepto la formación de baquelita" (Chandler, 1916, p. 179).

Entonces Baekeland se propuso producir los polvos para moldear como producto intermedio y dejar el proceso final de moldeo a los ingenieros experimentados involucrados en la producción de la goma dura, el celuloide y los materiales de aislamiento. Sin embargo, una vez más el marco tecnológico del celuloide puso una barrera:

Encontré, con asombro, que personas que eran expertas en la manipulación de la goma, el celuloide u otros plásticos eran las menos dispuestas a manejar el nuevo método que traté de enseñarles o que busqué que apreciaran sus ventajas. Esto se debía primariamente al hecho de que estos métodos y las propiedades del nuevo material eran muy distintos en su verdadera esencia a cualquiera de los procesos antiguos a los que esta gente estaba acostumbrada. Este retraso un tanto inesperado es tan cierto que incluso hoy los usuarios más exitosos de la baquelita son justamente los que no estuvieron involucrados antes en el plástico, simplemente por la razón de que no deben divorciarse a sí mismos de la rutina de viejos métodos, y estaban complacientes en escuchar pacientemente las sugerencias de los recién llegados al campo (Baekeland, 1916, p. 155).

Para establecer un grupo social de productores de baquelita, Baekeland debía enrolar gente de afuera de los grupos existentes de productores de plásticos o entre aquellos que poseían una baja inclusión en el

marco tecnológico del celuloide. De tal modo, el grupo social de productores de baquelita era, al comienzo, casi totalmente equivalente al de los empleados de la Bakelite Corporation.

De manera sincronizada con la estabilización del artefacto baquelita y la formación del grupo social de productores, un marco tecnológico comenzó a existir. Así, el sistema del artefacto, el grupo social y el marco tecnológico ganaron *momentum tecnológico* (Hughes, 1983, y en este volumen).

Este proceso –estrechamente vinculado– puede ser trazado siguiendo los diversos juicios por patentes y las negociaciones posteriores a 1909. En estos juicios el significado de la baquelita para este grupo de productores fue haciéndose más preciso. Luego del asentamiento de cada lucha por patentes la parte perdedora devenía en un miembro del grupo social de productores, adquiriendo una posición líder en la Bakelite Corporation: métodos y conceptos desarrollados por otros químicos fueron incorporados en el marco tecnológico del grupo social de productores.

De tal modo, el grupo social de productores fue extendido dando a Hans Lebach una función dentro de la Bakelite Gesellschaft mbH, establecida en Alemania en 1910. En 1907 Lebach, quien trabajó para la firma química Knoll & Co. había también patentado un producto de la condensación del fenol-formaldehído (Knoll, 1907, 1908; Lebach, 1909). Durante un álgido debate en la *Zeitschrift für Angewandte Chemie*, Baekeland dijo que estaba “firmemente convencido de la ausencia de valor técnico de esta sustancia” (Baekeland, 1909b, p. 2006). Esto, sin embargo, no inhibió la asimilación del proceso de Lebach en el marco tecnológico de los productores de baquelita, una vez que la pelea se asentó. Lo que se hace evidente en uno de los artículos de revisión que Baekeland publicó más tarde, en el cual describió neutralmente “otro método indirecto”, y con sencillez reconoció que “este método fue publicado por primera vez por Lebach a fines de 1907” (Baekeland, 1912, p. 742). De manera análoga, el cuerpo gerencial de la American General Bakelite Company se formó casi totalmente a partir de los competidores previos que habían sido “derrotados” en las luchas de

patentes (Redman y Morey, 1931), integrando también –parcialmente– sus métodos y conceptos al marco tecnológico (Thinius, 1976).

Una de las últimas etapas importantes en la construcción social de la baquelita fue el enrolamiento de dos grupos sociales nuevos, pero crecientemente importantes: las industrias del auto y de la radio. Para la industria de la radio, la baquelita era un buen material aislante que se podía moldear y, especialmente para los radioaficionados, también significaba un material versátil como plancha que se podía aserrar, taladrar y presentar para proveer un marco de montaje para componentes eléctricos.

Baekeland tenía, como se evidencia en sus proyectos previos, una aguda percepción de las posibilidades del mercado. Esto es ilustrado, una vez más, por su visión del accionar de los químicos industriales, en la cual muestra que una innovación exitosa requiere mucho más que producir una nueva sustancia:

Esta pregunta no está solo relacionada con la tarea de crear una cierta sustancia química. El tema es mucho más complicado, debido a que el objetivo es manufacturar un producto de un modo tal que pueda ser usado de modo confiable para propósitos técnicos muy específicos (Baekeland, 1909b, p. 2007).

Primariamente, los esfuerzos de Baekeland estuvieron dirigidos hacia la producción de partes eléctricas aislantes. Las compañías eléctricas tales como Westinghouse Electric Co., Remy Electric Co., y General Electric Co.) fueron los primeros clientes, comprando el material para el moldeado producido por la General Bakelite Company. Trabajó personalmente en muchas plantas para ayudar a solucionar los primeros problemas. Estableciendo estos contactos, Baekeland operó principalmente en el nivel de los ingenieros, más que en el nivel gerencial.⁶ Su

⁶ Esto me fue señalado amablemente por Jeffrey Sturchio, quien está trabajando en la historia de Leo Baekeland y la competencia en la temprana industria química norteamericana.

trabajo como ingeniero entre colegas ingenieros fue eficaz, creo, para estimular la emergencia de un marco tecnológico entre los moldeadores de la baquelita.

El segundo grupo social importante de usuarios de la baquelita fue enrolado por medio de la industria eléctrica: la industria del automóvil. Para la producción automotriz, la baquelita significó un material preciso para ser moldeado, que permitía producir partes eléctricas aisladas (no afectadas por la humedad, el aceite u otros químicos) y capaz de soportar altas temperaturas. Los sistemas de ignición y encendido de Kettering y Bosch se estaban popularizando en los automóviles, pero requerían partes aislantes que necesitaban ser fuertes y químicamente resistentes. De manera subsecuente, el uso de la baquelita en esta industria se ramificó a partes no eléctricas, tales como manubrios, tapas de radiadores, perillas de palancas de cambio y manijas de puertas. Hacia finales de la década de 1930, a través del enrolamiento inicial de estos dos grupos sociales, la baquelita adquirió, en muchos grupos sociales más, un mayor grado de estabilización.

Para finalizar la historia de la construcción de la baquelita, brevemente vuelvo a su uso en la producción de bienes de consumo. En su significado como material del molde para el aislamiento de componentes eléctricos, la baquelita sustituyó solo parcialmente a otros materiales. Muchas de sus aplicaciones eran completamente nuevas. El significado de la baquelita como un material para bienes de consumo (figura 1) es mucho más ambivalente. Aquí es prominente la vieja tensión entre un material de imitación y un material original, tan íntimamente vinculada —desde el celuloide— con la historia del plástico (Friedel, 1983). Un relevamiento de mercado, realizado en 1938 para la German Bakelite Gesellschaft mbH, ilustra maravillosamente esta ambivalencia (de manera coincidente con un “estudio de mercado retrospectivo” realizado en los Países Bajos en 1981).⁷ Los motivos más importantes para comprar los

⁷ En 1938 la Bakelite Gesellschaft mbH, en Berlín, tenía un estudio de mercado llevado a cabo por la Gesellschaft für Konsumforschung EV, en Berlín. El “estudio de mercado retrospectivo” fue organizado por Intomart Qualitatief BV, Hilversum, Holanda.

Figura 1. La bolsa de agua eléctrica fabricada por R. A. Rothemel, Ltd. Obviamente la baquelita no podía usarse como una imitación del material de goma (blando), pero incluso en el diseño industrial de productos que habitualmente eran de goma, la imitación es evidente. (Fotografía cortesía del Museo de Richmond-upon-Thames, Surrey, Gran Bretaña)



productos de baquelita eran su elegante diseño (el material era moderno y no requería mucho mantenimiento) y su larga durabilidad (en comparación con la porcelana, el vidrio y la cerámica). Por supuesto, también había desventajas. Por ejemplo: la baquelita era considerada bastante frágil. De manera significativa, esta perspectiva de ver frágil a la baquelita era más prominente en las áreas industriales, donde los trabajadores

Los resultados de ambos estudios son informados en Kras *et al.* (1981). Es necesario ser cuidadoso en la generalización de los resultados de estos estudios, debido a que la diferencia de prácticas en distintos países puede ser considerable (Kaufman, 1963). Sin embargo, es mi impresión que estos estudios acerca de las prácticas de uso en Alemania y Holanda son, al menos, indicativos de la situación de otros países.

Figura 2. Las cajas para jabón "De Vergulde Hand". Forma y decoración de cajas reutilizables usadas para resaltar el reconocimiento del producto, incluso más que la marca. (Fotografía cortesía de Alex de Kock, Bakelite&Plastic Museum)



de fábricas conocían por experiencia las diversas dificultades de manipularla (¡estaban incluidos en dos marcos tecnológicos!).

La baquelita fue usada como un material de empaçado, especialmente para artículos que necesitaban mantenerse secos (por ejemplo, medicinas, tabaco y cosméticos). Muchas cajas de baquelita se consideraban permanentes, dado que era posible volver a llenarlas. De tal modo, se le prestó especial atención a su diseño externo (figuras 2 y 3). Hacia finales de la década de 1930, la baquelita fue más aceptada como material en sí mismo. Es posible detectar una tendencia general que pasa del diseño imitativo (por ejemplo, el estilo *Art déco*; figuras 4a y 4b) al diseño independiente (por ejemplo, el estilo aerodinámico; figuras 4c y 5). Hacia finales de la década de 1930, la baquelita significaba la "tecnología moderna", las "posibilidades ilimitadas", el

Figura 3. Pocillos para huevos con un salero en el centro. "¡Eso estaba en la pieza de mi madre!", recordó una persona entrevistada cuando se le mostró el artefacto y la fotografía (Kras *et al.*, 1981, p. 43). La baquelita también se utilizó en productos de lujo debido a sus connotaciones asociadas a la alta tecnología. (Fotografía cortesía de Alex de Kock, Bakelite&Plastic Museum)



"cuarto reino" (después de los reinos mineral, vegetal y animal).⁸ Podría argumentar que, para una completa explicación de la historia de la baquelita (que no era mi objetivo aquí) y para una adecuada descripción de su estabilización final, el grupo social de los diseñadores industria-

⁸ En 1937 la Bakelite Corporation hizo una película llamada *El cuarto reino*, en la cual la producción y las aplicaciones de la baquelita se mostraban con mucho detalle. La película comenzaba con una voz sonora, que argumentaba de acuerdo con la siguiente línea: "Mineral, vegetal, animal, los tres reinos de la Naturaleza. Han servido a la humanidad por eras, pero ahora nuestra moderna sociedad industrial los encuentra insuficientes para satisfacer todas las necesidades. Había que ir en otra dirección. Se fue hacia el cuarto reino, el plástico" (seguido por un *crescendo* de música sinfónica, por supuesto). Estoy agradecido con Robert Bud por mostrarme fragmentos de esta película.

Figura 4a. Radio Philips Art Deco. (Fotografía cortesía de Alex de Kock, Bakelite&Plastic Museum)

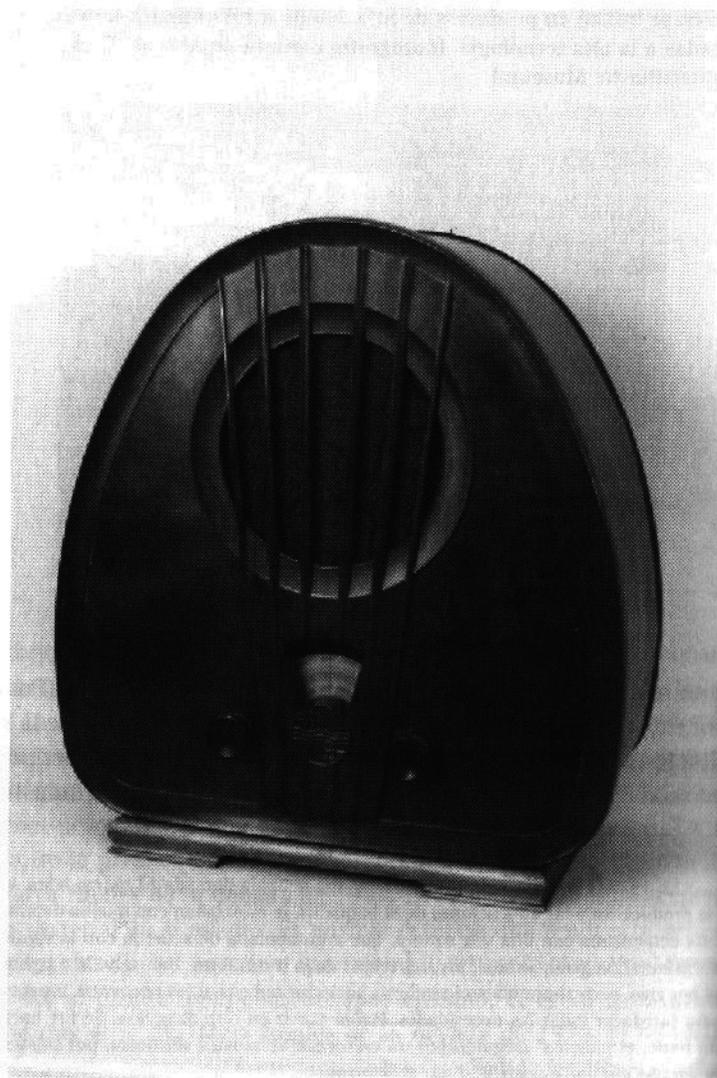
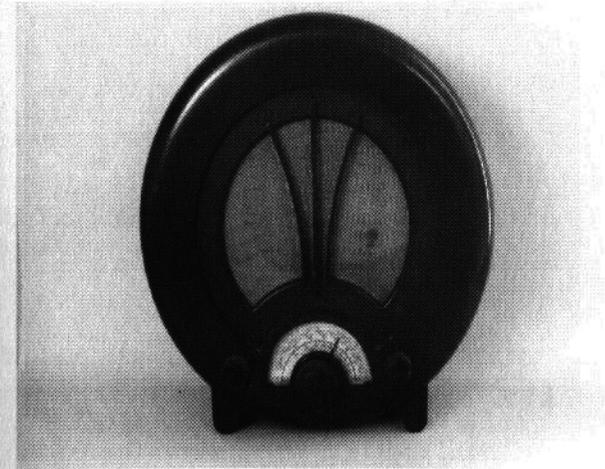


Figura 4b. Radio funcional Ekco. (Fotografía cortesía de Alex de Kock, Bakelite&Plastic Museum)



les necesita atención. Esto nos llevaría cerca de la historia del arte, volviendo el tejido aún más carente de costuras.⁹

HACIA UNA TEORÍA DE LA INVENCION

Ahora el cuadro se ha vuelto bastante complicado. Quiero concluir sugiriendo un modo de dar algún orden al caos de artefactos, grupos sociales relevantes, marcos tecnológicos, y procesos de variación, selección y estabilización. Como primera aproximación, distingo tres posibles situaciones de desarrollo en las cuales un artefacto puede estar en un cierto momen-

⁹ Jenkins (1985) también propone vincular la historia de la tecnología y la historia del arte. En sus análisis de algunos aspectos de los diseños de Edison, plantea preguntas intrigantes.

Figura 4c. Micrófono Ducati con estética aerodinámica. (Fotografía cortesía de Berto van Oortmarssen)

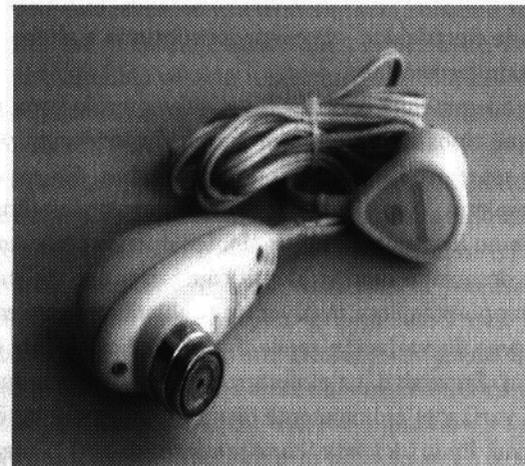


to. Estas situaciones son caracterizadas en términos de los conceptos de grupo social, marco tecnológico, e inclusión. Para hacer la explicación más general, tomo elementos de estudios de caso distintos al de la baquelita –la bicicleta, el turborreactor y la distribución de energía eléctrica.

Primero se encuentra la situación en la cual ningún grupo social, ni su marco tecnológico, son dominantes.¹⁰ Un ejemplo de esta situa-

¹⁰ Obviamente es una cuestión que depende del juicio personal de los historiadores decidir si un marco tecnológico es dominante o no. No puedo ofrecer instrumentos para mediciones cuasi objetivas de este dominio. En la mayor parte de los casos pueden darse argumentos adecuados, pienso, por la elección de los grupos sociales relevantes, sus marcos tecnológicos, y su importancia relativa. Por ejemplo, la diferencia entre la primera y la tercera situación es habitualmente clara. En la tercera situación, dos grupos sociales poderosos, con marcos tecnológicos que pueden ser descriptos fácilmente en relación a los artefactos en cuestión, habrán desarrollado sus dos artefactos en competencia bastante bien. En la primera situación, cualquier variante bizarra puede ser tomada en consideración y puede eventualmente estabilizarse. Por ejemplo, los neumáticos de

Figura 5. Philishave, tipo 7735, conocida como “El Huevo” (1948-1951). (Fotografía cortesía de Alex de Kock, Bakelite&Plastic Museum)



ción puede ser localizado, creo, en el desarrollo de la bicicleta hacia 1880. Aún cuando había muchos grupos sociales involucrados, es difícil ver a cualquiera de ellos dominando el campo y estructurando con su marco tecnológico la identificación de problemas y las estrategias de resolución de problemas. La segunda situación se caracteriza por el dominio de un grupo social y su correspondiente marco tecnológico. Probablemente esta sea la situación más común –“tecnología normal”, para parafrasear a Kuhn. El período del desarrollo de los plásticos semisintéticos que va de 1880 a 1920 provee un ejemplo, con el dominio del marco tecnológico del celuloide. En la tercera situación dos o más grupos sociales con marcos tecnológicos claramente desarrollados están disputando el dominio en el campo. La diferencia respecto a la

de Dunlop devinieron en parte de la Bicicleta Segura sin haber sido propagada desde el comienzo por ningún grupo social poderoso.

primera situación es que, en aquel caso, los diversos grupos sociales relevantes no poseen aún marcos tecnológicos distintivos respecto del artefacto en cuestión, mientras que en esta última situación sí lo tienen. El análisis de Tom Hughes acerca de la lucha entre los sistemas de distribución de electricidad –de corriente continua o alterna– ofrece un ejemplo de esta tercera fase.

Habiendo caracterizado tres fases diferentes, la próxima tarea es especificar qué tipos de procesos de variación, selección y estabilización pueden esperarse en cada una de estas etapas. Sin ser –en ningún sentido– completas, discutiré brevemente algunas posibilidades.

Cuando no hay un marco tecnológico dominante, como en el primer caso de desarrollo que he identificado, el rango de variantes que pueden ser propuestas para resolver un problema no está muy restringido. El proceso de variación tenderá a ser *radical* (véase Hughes, en este volumen). En verdad, en el desarrollo de la bicicleta hacia 1880 se propusieron variantes radicalmente distintas para resolver el problema de la seguridad. En la bicicleta Star Americana (1881) la rueda pequeña fue colocada delante de la rueda grande; la bicicleta de Lawson (1879) tenía un mecanismo de conducción con una cadena en la pequeña rueda trasera. En este sentido, “radicalmente diferente” significa que todos los aspectos de la bicicleta estaban sujetos a variación. Difícilmente algún detalle de la bicicleta era tomado por seguro, incluso el número de ruedas (se construyeron tri o cuatriciclos) o el método de propulsión a pie (más allá de mover manijas en un movimiento circular, se construyeron varios dispositivos de palanca con movimiento vertical lineal del pie) estaban en discusión. La selección y estabilización de variantes coincidirán casi totalmente en esta situación. Uno de los procesos más importantes de estabilización en una situación que carece de un grupo social dominante y un marco tecnológico claros es el *enrolamiento* (Callon y Law, 1982). En tales circunstancias, un grupo social tratará de propagar sus variantes de solución por el enrolamiento de otros grupos, para organizar el apoyo a su aparato. Un modo de hacer esto es mediante la *redefinición* del problema (Pinch y Bijker, en este volumen). Si un artefacto (por ejemplo, los neumáticos de aire) ofrece una

solución a un problema que no es tomado seriamente por otros grupos sociales poderosos, entonces el problema puede ser redefinido de un modo tal que lo torne necesario. El problema para el cual los neumáticos de aire fueron considerados inicialmente una solución (el problema de la vibración) fue redefinido como un problema de velocidad. El neumático de aire también ofreció una solución a este problema, y debido a que este problema era importante para los ciclistas que corrían carreras, estos fueron enrolados.

En el segundo tipo de desarrollo –cuando un marco tecnológico es dominante– es útil también distinguir el grado de inclusión de los actores. Ingenieros con un grado de inclusión relativamente alto en el marco tecnológico serán sensitivos al *fracaso funcional* (Constant, 1980) como incentivo para generar variantes. Un fracaso funcional puede ocurrir cuando un artefacto es usado bajo condiciones nuevas y más exigentes. La inflamabilidad del celuloide presentó fallas funcionales cuando su uso fue extendido a aplicaciones distintas a las dentaduras, tales como su aplicación en la fabricación de películas fotográficas. Actores con un alto grado de inclusión en un marco tecnológico son llevados a *invenciones convencionales* (Hughes, en este volumen) –mejoras, optimizaciones, adaptaciones. Así, una gran parte del esfuerzo innovativo de los productores del celuloide estuvo dirigido a volver menos inflamable el material, hallando otro solvente.

Actores con un nivel relativamente bajo de inclusión en un marco tecnológico interactúan con relación a ese marco en una menor extensión. Una consecuencia puede ser (tal como lo he sugerido en el caso de Baekeland) que estos actores no tomen las estrategias estandarizadas de resolución de problemas de este marco tecnológico, en el cual tienen un bajo nivel de inclusión. Otra conclusión puede ser que estos actores identifiquen otros problemas, mejor que otros actores con un alto grado de inclusión en ese marco. Por ejemplo, la identificación de una *anomalía presunta* ocurrirá típicamente entre ingenieros con una baja inclusión relativa en el marco tecnológico. Una anomalía presunta (tal como la describe Constant,

[...] ocurre en tecnología, no cuando el sistema convencional falla en un sentido absoluto u objetivo, sino cuando supuestos derivados de la ciencia indican tanto que bajo algunas condiciones futuras el sistema convencional va a fallar (o funcionar mal) o que un sistema radicalmente diferente va a hacer un trabajo mucho mejor (Constant, 1980, p. 15).

Por ejemplo: la teoría aerodinámica en la década de 1920 sugirió un futuro fracaso del motor convencional de pistón para la propulsión de aviones. Sugirió que una apropiada forma aerodinámica permitiría que la velocidad de los aviones se incrementara al menos al doble; dado que el propelente probablemente no funcionaría a la velocidad cercana al sonido que sería necesaria para tales aviones, la teoría sugería la viabilidad de turbinas de gas altamente eficientes. Mi interpretación es que los ingenieros jóvenes, recientemente entrenados, están en una posición especialmente adecuada para reconocer y reaccionar frente a una anomalía presunta: están entrenados en el marco tecnológico pero poseen una inclusión lo suficientemente baja como para cuestionar los supuestos básicos de ese marco.

Déjese considerar ahora la tercera situación, en la cual más de un marco tecnológico es dominante. Esta es una situación que no ocurre en el caso de la baquelita, al menos en el período en el que me he concentrado. Para una ilustración iré, por lo tanto, a otro caso. Hacia 1890, tanto los sistemas de distribución de energía eléctrica que funcionaban con corriente continua como los que funcionaban con corriente alterna operaban comercialmente, incluso en la misma ciudad (Hughes, 1983). El proceso de selección en una situación de este tipo es bastante frenético, más que en la primera situación donde no hay marco tecnológico dominante y cuando hay menos intereses en juego. Argumentos, criterios y consideraciones que son válidos en un marco tecnológico no tendrán mucho peso en otro. En tales circunstancias parece que criterios externos a ambos marcos tecnológicos jugarán un papel importante en el proceso de selección. Esto hace de la *retórica* un mecanismo de selección adecuado en esta tercera situación (Pinch y Bijker, en este volumen). Tom Hughes describe dicho movimiento

retórico en la "batalla de las corrientes". Un perro es electrocutado en una publicidad: sometido primero a una corriente continua de varios voltios y después despachado por la corriente alterna. El objetivo era persuadir a la audiencia que la corriente continua, en oposición a la corriente alterna, es relativamente segura. Tal como lo observa Hughes, muchas veces en una "batalla de sistemas" de este tipo (una competencia entre dos grupos sociales dominantes poderosos, igualmente dominantes y con sus respectivos marcos tecnológicos) ninguno alcanza una victoria total. La *amortización de los intereses involucrados* es el proceso de estabilización que ocurrirá a menudo en esta situación (Hughes, 1983). Por supuesto, el mecanismo de clausura retórico puede ocurrir en la segunda situación, en la cual un marco tecnológico es dominante. El rasgo clave de este mecanismo de clausura es, después de todo, que trae la estabilización utilizando argumentos que no tienen mucho peso dentro del marco tecnológico del propio actor sino que forzosamente apela a actores que se encuentran fuera de él.

Quiero enfatizar que las situaciones que he distinguido no se suceden una a la otra en ningún patrón fijo. Por ejemplo, el primer trabajo de Baekeland sobre la baquelita puede comprenderse, creo, como ajustado al segundo tipo de desarrollo tecnológico —un marco tecnológico en el que Baekeland estaba bajamente incluido. Pero el desarrollo subsiguiente muestra varias características que están más en línea con el primer tipo de desarrollo, en el cual ningún marco tecnológico está bien desarrollado.

CONCLUSIÓN

He intentado sugerir una aproximación a un análisis teórico del desarrollo de los artefactos tecnológicos que extiende el modelo descriptivo introducido por Pinch y Bijker (en este volumen). En la primera sección acerca de la temprana historia del plástico, dos conceptos teóricos nuevos fueron adelantados, los de marco tecnológico e inclusión. En la segunda sección discutí estos conceptos con algún detalle. Un marco

tecnológico difiere en dos aspectos importantes respecto a conceptos semejantes como los de paradigma. Primero, es aplicable a toda clase de grupos sociales, no solo a grupos de ingenieros. Segundo, un marco tecnológico es un concepto interactivo. También fueron discutidas las diferencias entre los conceptos de (baja) inclusión y de marginalidad. En la tercera sección, estos conceptos fueron ilustrados adicionalmente aplicándolos al caso de la baquelita. Finalmente, propuse un tipo de esquema simplificador para establecer alguna clase de orden al nuevo caos creado. Tres situaciones fueron distinguidas para caracterizar el proceso de desarrollo de un artefacto según las etapas que atraviesa: la ausencia de un marco tecnológico, un solo marco tecnológico, y varios marcos tecnológicos dominantes. Debe ser enfatizado que estas situaciones no deben interpretarse como formando un esquema rígido de fases a través de las cuales un artefacto tiene que pasar. Más bien, es un dispositivo heurístico para simplificar la descripción de la historia como un "tejido sin costuras". Haciendo esto, he hallado que varios conceptos desarrollados por los historiadores de la tecnología parecen útiles. De tal modo, la aproximación propuesta no solo trae cierto orden al desorden, sino también permite relacionar diferentes estudios de casos.

La evolución de los grandes sistemas tecnológicos*

Thomas P. Hughes

DEFINICIÓN DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Los *sistemas tecnológicos* contienen componentes destinados a resolver problemas entremezclados, complejos. Son simultáneamente constituidos socialmente y configuran la sociedad.¹ Entre los *componentes* de los sistemas tecnológicos se encuentran artefactos técnicos, tales como turbinas generadoras, transformadores, sistemas de iluminación y líneas de transmisión de energía eléctrica.² Los sistemas tecnológicos también incluyen organizaciones, tales como firmas industriales, empresas productoras de energía eléctrica y entidades financieras. Incorporan componentes usualmente catalogados como científicos, tales como libros, artículos, el sistema de enseñanza universitaria y los programas de investigación. Artefactos legislativos, tales como leyes

* Publicado originalmente como "The Evolution of Large Technological Systems", en W. E. Bijker, W. E., T. P. Hughes y T. J. Pinch (eds.) (1987), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, The MIT Press.

¹ El concepto de sistema tecnológico utilizado en este ensayo es menos elegante, pero más útil para los historiadores que tratan con un objeto de mayor complejidad que los conceptos de sistema usados por ingenieros y muchos científicos sociales. Muchos trabajos sobre sistemas, tal como son definidos por ingenieros, científicos y científicos sociales, son Ropohl (1979), Von Bertalanffy (1968) y Parsons (1968). Para referencias anteriores acerca de la extensa literatura sobre sistemas, el lector debería remitirse a las bibliografías de Ropohl y de Von Bertalanffy. Entre los historiadores, Bertrand Gille ha usado la aproximación en términos de sistemas y la ha aplicado a la historia de la tecnología. Véase, por ejemplo, su *Histoire des techniques* (1978).

² En este capítulo la palabra "técnico" refiere a los componentes físicos (artefactos) de un sistema tecnológico.