

EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Libro 100. zDoc Trabajo.01.Evolución del Sector del Automóvil

Esteban Fernández Sánchez

Borrador actualizado: Septiembre 2020

Mencionar el sistema productivo exige referirse al sector del automóvil, cuya evolución histórica puede considerarse paradigmática. La importancia de este sector se apoya no sólo en su capacidad para desarrollar innovaciones relevantes, sino en su derrame a otros sectores (Schilling, 2000).

En este trabajo se describe la evolución de las innovaciones organizativas desarrolladas por los fabricantes de automóviles a lo largo del siglo XX y albores del siglo XXI. En primer lugar, se describe el sistema gremial. Posteriormente, se analizan las características de la producción artesanal, que primó hasta 1900. La irrupción de Ford y su cadena de montaje fue uno de los elementos determinantes de la producción en masa. Este sistema lo completó Alfred Sloan al frente de la General Motors. A mediados de los setenta, los fabricantes japoneses aportaron algunas de las técnicas más utilizadas en la actualidad. No obstante, la evolución continúa. Así, a finales del siglo XX adquiere relevancia otra forma organizativa y estratégica: la producción ágil, con un potencial. A comienzos del siglo XXI, la demanda de ‘reverdecir’ el sector ha provocado la irrupción de nuevas innovaciones organizativas, cuyas características se vinculan a las restricciones medioambientales impuestas por la regulación o al deseo de ser una empresa socialmente responsable.

1. Producción gremial

El sistema gremial, siendo de origen romano, ha tenido un gran desarrollo en numerosos lugares y épocas. Logró su mayor apogeo en el siglo XIII, si bien algunos gremios subsistieron hasta el siglo XIX; incluso en nuestros días podemos encontrar restos de este sistema. Por otra parte, el gremio fue el responsable de la fabricación de los carruajes y sillas de montar, que podrían considerarse los ancestros de los automóviles actuales, puesto que su finalidad es la misma: transportar mercancías y personas.

El término gremio se suele aplicar a una organización de trabajadores de un determinado oficio. Sus principales características eran las siguientes. En primer lugar, en la producción gremial se observaba una inexistente especialización, de modo que el maestro enseñaba al aprendiz el arte de fabricar un producto final. Por ejemplo, el trabajador del gremio textil no se especializaba en un proceso determinado, como el de hilado, tejido o tinte, sino que un trabajador se ocupaba de la fabricación de abrigos, otro de la fabricación de calzas, etc. En segundo lugar, los gremios utilizaban una tecnología de tipo tradicional: aunque se conocía la maquinaria, el sistema productivo se apoyaba básicamente en el uso de herramientas (Schneider, 1957).

En el sistema gremial existían tres tipos de miembros con funciones claramente delimitadas: el maestro, el oficial y el aprendiz. El maestro, además de ser el propietario

del taller, era el trabajador más competente y conseguía esta posición mediante ascenso por mérito y antigüedad. Normalmente, el taller se encontraba localizado en su vivienda. El maestro podía contar con personal asalariado, pero no era el propietario de las herramientas utilizadas en la producción, que pertenecían a sus subordinados.

El aprendiz solía ser un trabajador joven, que asumía el compromiso de servir al maestro durante un período que oscilaba entre tres y siete años. La relación entre ambos implicaba ciertos derechos y obligaciones. Así, el maestro debía adiestrar al aprendiz en las artes del oficio, para que algún día pudiera convertirse en oficial o maestro. También le proporcionaba manutención, estudios y un pequeño salario. Igualmente, el maestro era responsable del comportamiento del aprendiz, como si de un hijo se tratara, ya que estaba bajo su custodia legal. Como contrapartida, el aprendiz asumía, entre otras, las siguientes obligaciones: obediencia, lealtad, honradez y buena conducta. En algunos casos, ni siquiera podía casarse sin el consentimiento del maestro. No obstante, tenía el derecho de abandonarle si las condiciones de aprendizaje no se cumplían (Schneider, 1957).

Cuando dominaba el oficio, el aprendiz se convertía en oficial (o jornalero), esto es, un trabajador cualificado que dominaba las artes de un oficio y que, durante un tiempo, trabajaba para el maestro a cambio de un salario. En ciertos casos, el oficial estaba obligado a trabajar un período de tiempo especificado para el maestro que le había formado, pero también podía ocurrir que el oficial rotara de un maestro a otro hasta que acumulara suficiente experiencia. El objetivo del oficial era suceder a su maestro o bien abrir su propio taller (Schneider, 1957).

El gremio tenía dos objetivos básicos. En primer lugar, preservar una cierta igualdad, evitando el enriquecimiento indebido de los maestros y permitiéndoles mantener un determinado modo de vida. Es por ello que se prohibieron las innovaciones tecnológicas, ya que se consideraban una deslealtad con los compañeros del gremio. Basándose en similares consideraciones, las técnicas se regularon minuciosamente, llegándose incluso a especificar la clase de herramientas que podían usarse, el número de aprendices y oficiales que cada maestro podía emplear, así como los salarios y el horario de trabajo. De igual modo, el gremio y la ciudad compraban las materias primas y las vendían a los maestros, evitando que los más ricos las pudieran monopolizar. Un miembro cualquiera del gremio que lograra acaparar el abastecimiento de un artículo era culpable de crear un monopolio y recibía severos castigos. Similares penas soportaba aquél que compraba al por mayor para vender al por menor, ya que era acusado de los delitos de acaparamiento y especulación. Las normas de producción y procesamiento estaban sujetas al escrutinio más minucioso. También se prohibía a los maestros trabajar para otros como oficiales, para no denostar la categoría (Schneider, 1957). Si bien la mayor parte de los reglamentos de los gremios se relacionaban con los salarios, las condiciones de trabajo y las especificaciones de la producción, comprendían, igualmente, asuntos relacionados con la conducta social (Heilbroner y Milberg, 1998).

En segundo lugar, el gremio intentó conservar su posición económica en la sociedad. Con este fin, adoptaron diversas prácticas. Así, por ejemplo, era obligatorio que el trabajo se realizara sin economías de tiempo para mantener el empleo. Se evitaba la competencia desmesurada regulando los precios y prohibiendo la publicidad. Además, se hizo lo posible para que la pertenencia a los gremios fuera obligatoria. En este sentido, los gremios eran una especie de sindicato exclusivo, pero no un sindicato de trabajadores, sino de maestros, y estaban diseñados para impedir cualquier tipo de lucha entre sus miembros (Heilbroner y

Milberg, 1998). El gremio se encargaba de hacer cumplir las relaciones formales de la producción. Por ello, en muchos gremios existía una Junta, compuesta por todos los maestros del gremio, que se reunía anualmente, dictaba normas y designaba a los gestores del gremio. Estos ‘prohombres’, cuyo mandato duraba un año, tenían el poder de juzgar y de castigar utilizando la autoridad o el acuerdo amistoso. De este modo, la famosa regulación gremial de producción, calidad y precio de los productos iba encaminada, no sólo al bien común, como se le supone a menudo, sino también a favorecer los intereses materiales de sus miembros, particularmente de los maestros (Schneider, 1957).

Los gremios producían para un mercado limitado (normalmente la ciudad donde estaban ubicados), estable y, por consiguiente, predecible. Además, como los gremios producían básicamente bienes de primera necesidad, el sistema se mantenía en equilibrio, ya que la demanda variaba muy poco cada año. Los gremios recibieron apoyo de las autoridades locales en lo referente al cumplimiento de las normas gremiales.

A pesar de la aparente bondad del sistema, se cuenta que un gran número de aprendices abandonaba el taller, por lo que se deduce que las relaciones con el maestro no eran buenas. Por otra parte, el estatus de maestro era muy difícil de conseguir, ya que a los oficiales o bien se les alargaba la duración del aprendizaje o se les exigían tarifas muy elevadas o que ejecutaran una tarea costosa y técnicamente difícil como prueba de su competencia. Con frecuencia, el puesto de maestro se convertía en hereditario; por ello, en el siglo XVII los oficiales eran, en casi todas partes, unos asalariados permanentes (Schneider, 1957).

2. Producción artesana

El gremio evolucionó hacia la fábrica artesana. En este caso, el patrono (empresario) era el propietario de los medios de producción y el trabajo se convirtió en una mercancía que se ofrecía a la venta. El trabajador ni era un siervo ni tenía las obligaciones del aprendiz dentro del sistema gremial, sino que era libre para establecer la relación laboral. Comprando la fuerza de trabajo a cambio de un pago denominado salario, el patrón adquiría derecho sobre la producción realizada por los trabajadores. Los salarios se fijaban para cada trabajador de acuerdo con las cualificaciones que poseían. Los primeros patronos eran, al mismo tiempo, inventores, fabricantes de máquinas, capataces y operarios.

En sus orígenes, el automóvil se fabricaba siguiendo un proceso artesanal. Se mantenía inmovilizado en un lugar el vehículo y los trabajadores se desplazaban a su alrededor, para ir montando las piezas una a una utilizando herramientas y/o máquinas de uso general. La fábrica estaba muy descentralizada y los trabajadores tenían una alta cualificación tanto en el diseño como en la fabricación y el ensamblaje de los autos. La producción artesanal se basa en la idea de que las máquinas y los procesos pueden aumentar las cualificaciones del artesano y permitirle, así, plasmar sus conocimientos en productos cada vez más diversos: cuanto más flexible es la máquina y más amplias las posibilidades de aplicación del proceso, más aumenta la capacidad del artesano en la realización de las diferentes tareas (Piore y Sabel, 1984).

Los primeros fabricantes de automóviles eran ensambladores de componentes que provenían de industrias afines (Abernathy y Corcoran, 1983). Por ejemplo, en 1894 el principal productor y exportador de automóviles a nivel mundial era Panhard y Levassor, una famosa empresa francesa de máquinas herramientas que fabricaba coches

básicamente por encargo (Laux, 1976). A finales del siglo XIX, en Detroit estaban localizados algunos de los más importantes innovadores en el sector del automóvil. Entre otros, Ransom E. Olds, los hermanos Dodge y Henry Ford, que sería quien finalmente tendría más éxito. La expansión de la industria en las dos primeras décadas del siglo veinte es un claro ejemplo de las ventajas que proporciona el llamado distrito industrial marshalliano, ya que permitió a los ensambladores aprovecharse de las economías externas derivadas de la concentración de proveedores (Langlois y Robertson, 1995a). Henry Ford (1863-1947) fue un inventor prolífico (obtuvo 161 patentes) que en 1896, trabajando en sus horas libres, creó su primer vehículo autopropulsado denominado “cuadriciclo” en el cobertizo trasero de su casa. Siendo estrictos, el automóvil en sus inicios era tan sólo una nueva forma de utilizar piezas ya conocidas (Katz, 1977); si bien se trataba de una innovación radical (carruaje sin caballos) en el sector del transporte (Langlois y Robertson, 1989).

LECTURA 1: ETAPA PREPARADIGMÁTICA EN EL SECTOR DEL AUTOMÓVIL

En el inicio del siglo veinte no era en modo alguno obvio que el moderno motor de automóvil –el motor de combustión interna Otto de cuatro tiempos– ganara a todos sus competidores. En 1900, se fabricaron en los Estados Unidos 4.192 coches. De éstos, 1.681 era de vapor, 1.575 eléctricos y sólo 936 de gasolina. Sin embargo, poco después, el motor de combustión interna empezó a destacar claramente. En la Feria del Automóvil de Nueva York de 1901, se presentaron 58 modelos de vapor, 23 eléctricos y 58 de gasolina. En 1903, el número de modelos de vapor y eléctricos era de 34 y 51, respectivamente, mientras que los coches de gasolina eran 168. En la muestra de 1905, la derrota fue total: los 219 modelos de gasolina exhibidos superaban en una proporción de 7 a 1 al conjunto total de vehículos eléctricos y de vapor.

El coche eléctrico no hacía ruido ni olor, y era muy fácil de arrancar y de conducir. Ningún otro vehículo de motor podía compararse en comodidad y limpieza o simplicidad de construcción y facilidad de mantenimiento. Los primeros vehículos eléctricos fueron producidos en 1894. Entre sus inconvenientes destacan que era lento, incapaz de superar subidas escarpadas y caro de adquirir y mantener. Pero, por encima de todo, tenía un limitado alcance. Sus pesadas baterías de almacenamiento de plomo y ácido habían de recargarse cada 50 kilómetros aproximadamente, por lo que no era apto para adentrarse en el campo o viajar a una ciudad lejana. Ahora bien, como el reducido ámbito de acción del vehículo eléctrico satisfacía las exigencias del servicio de reparto urbano, se construyeron camiones eléctricos para transportes de bienes dentro de las ciudades.

Los automóviles de vapor gozaron de una gran popularidad a comienzo de siglo. El aspecto general del automóvil de vapor era similar al de un coche de gasolina de la época. El de vapor no era tan silencioso como el eléctrico, pero su precio de compra y sus costes de mantenimiento eran considerablemente menores, y un potente motor le permitía superar todo tipo de carreteras sin esfuerzo. El motor de vapor tenía muchas menos partes móviles que el de gasolina, lo que significaba menos desgaste del motor y más fácil mantenimiento. Para calentar el agua podían utilizarse destilados de petróleo de baja graduación. El coche de vapor necesitaba repostar cada 50 kilómetros aproximadamente. Otro problema era que el tiempo necesario para generar vapor, a fin de que el coche arrancara cada día por primera vez, era de media hora de espera. Finalmente se redujo a unos cuantos minutos.

Fuente: Basalla, G. (1988): *The Evolution of Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.

En la producción artesanal, los automóviles eran producidos en series muy cortas y para mercados muy limitados. Este sistema era muy caro, ya que ensamblar un automóvil exigía mucho tiempo y esfuerzo, por lo que sólo se producían unas pocas unidades al día. Los componentes no estaban normalizados y, en consecuencia, debían ser alterados o modificados para que pudieran ser ensamblados en cada coche. Así, por ejemplo, había más de 1.600 tipos distintos de tuberías de acero (Epstein, 1928). La falta de normalización impedía la intercambiabilidad de las partes. De ahí que no se fabricaran piezas de repuesto para mantener en existencias, anticipando futuras averías. Las reparaciones resultaban muy costosas y, en general, se realizaban en la fábrica, sobre todo

cuando se necesitaba reponer una pieza rota. De hecho, el buen negocio consistía en vender las partes de recambio al precio más elevado posible. Dado que las reparaciones de los productos dependían de la pericia de quien los fabricaba, este tipo de producción se concentraba en una ciudad o ciudades próximas. El producto resultante era único, tenía la consideración de bien de lujo y se vendía en el mercado a un precio alto, por lo que sólo estaba a disposición de los clientes de mayor poder adquisitivo. Las preocupaciones principales de los acaudalados clientes –que tenían choferes y mecánicos entre sus empleados– no eran el coste, la facilidad de conducción y un mantenimiento sencillo, sino la velocidad y la adaptación a sus gustos (Womack *et al.*, 1990). En muchos casos, el propio cliente entregaba al ensamblador un dibujo con el automóvil que deseaba comprar.

La producción artesanal, al ser intensiva en mano de obra y estar escasamente mecanizada, tiene una capacidad de producción muy reducida. Por ejemplo, Ford se creó en 1903, y durante ese año sus 125 trabajadores fabricaron 1.700 automóviles en tres modelos diferentes (Gross, 1996). Los fabricantes de automóviles podrían vender toda su producción, porque la demanda de automóviles sobrepasaba de lejos a la oferta (Nevins, 1927; Epstein, 1928).

La innovación del producto se lograba, pues, combinando los diferentes componentes disponibles en el mercado (Thomas, 1977). Las innovaciones en componentes las realizaban los propios suministradores y eran de tipo incremental. No obstante, el producto ensamblado resultante fue en sus inicios una importante innovación arquitectónica, en terminología de Henderson y Clark (1990). Así pues, el automóvil permanece como un producto de lujo, fabricado en series limitadas por un conjunto de empresas que entraban y salían del mercado con relativa facilidad. Este tipo de innovación favorece la creación de pequeñas empresas. Ford fue una de las 502 empresas creadas en EEUU entre los años 1902 y 1908 (Womack *et al.*, 1990). Existía una gran desintegración vertical en el sector. Las razones resultan evidentes: los componentes que se ensamblan proceden de otros sectores, lo que favorece las economías de escala (Langlois y Robertson, 1995b).

En resumen, la producción artesanal se mantiene en nuestra época con una serie de características peculiares, muchas de ellas heredadas del pasado, que la hacen diferente del resto de sistemas productivos:

- Un volumen de producción muy pequeño y un mercado reducido. La producción artesanal se centra en el nicho de mayor poder adquisitivo, caracterizado por clientes que desean un coche lujoso y, a ser posible, exclusivo. Por ejemplo, en Porsche es más importante la imagen y el prestigio de la marca que crecer en el mercado¹. De esta forma, limita su producción para mantener la exclusividad de sus modelos, ya que si se vieran demasiados coches circulando dejarían de ser algo especial. En 1986, Porsche fabricaba 50.000 coches al año, la producción semanal de un Chevrolet.
- Una fuerza laboral altamente cualificada y polivalente en la mayoría (o todas) las tareas relacionadas con la fabricación, incluido el diseño de los productos. De hecho, Porsche cuenta con alguno de los mejores y más innovadores ingenieros,

¹ La información relacionada con Porsche está tomada de la entrevista que Gumpert (1986) realizó a Peter Schutz, director General de Porsche AC, y Jack Cook, Presidente de Porsche Cars North America.

porque la tecnología constituye el corazón de la empresa. Ello le permite participar en las competiciones deportivas potenciando su contribución al desarrollo tecnológico que posteriormente aplica en sus productos. Esta actividad también le proporciona espacios gratuitos en las revistas de aficionados al motor.

- El empleo de herramientas y máquinas de uso general, caracterizadas por su flexibilidad para realizar distintas tareas, pero que tienen un ritmo de operación lento. Estas máquinas favorecen la introducción de modificaciones tecnológicas en los diferentes modelos de automóviles.
- Productos de alto valor añadido y precio elevado. En el caso de Porsche, se trata de coches que no se utilizan como utilitarios, sino para disfrutar de ellos.
- En la actualidad –no así en el pasado–, la producción artesanal fabrica productos con partes intercambiables. En Porsche un factor clave es hacer llegar a tiempo una pieza de recambio al concesionario para que el cliente no tenga que esperar.
- Un sistema de producción coordinado por un empresario (propietario), que mantiene el control de la empresa. En Porsche, todas las acciones con derecho a voto pertenecen a la familia fundadora.
- Una estructura orgánica y un liderazgo participativo. Si la empresa cuenta con trabajadores altamente cualificados, la descentralización de las decisiones resulta fundamental.
- Relaciones muy personales con los clientes. En Alemania, el 60 por ciento de los Porsches vendidos los recogen sus dueños en la propia factoría. En un futuro la empresa pretende personalizar el producto.
- Mantenimiento del valor del producto. Clientes de Porsche vendieron el coche después de diez años a un precio similar al de compra.
- Colaboración con otras empresas para que le suministren componentes, estar al día en la tecnología y mantener la viabilidad de la empresa en el mercado. La mayoría de las partes y una buena proporción del diseño del vehículo procede de otras empresas, con las que se mantienen relaciones muy estrechas. Algunas de estas empresas fueron creadas por trabajadores muy cualificados de la empresa ensambladora. Igualmente, Porsche hace proyectos de ingeniería para otras fábricas y colabora con diferentes proveedores en su desarrollo. Por ejemplo, cuando Porsche recibió un encargo de Ford para sustituir el carburador de uno de sus motores por un sistema de inyección, Bosch colaboró en el proyecto. Juntas desarrollaron un equipo de inyección destinado a millones de coches.

La producción artesanal se mantuvo en exclusiva en todos los mercados de los países más avanzados hasta el inicio del siglo XX, es decir, hasta el surgimiento de la producción en masa. Actualmente, permanece en vigor para muchos productos y algunas de sus principales características se están tratando de implantar en todo tipo de fábricas.

3. Producción en masa (fordismo + sloanismo)

El período productivo artesanal, caracterizado por la escasez de bienes y servicios, sufrió un cambio drástico con la producción en masa, que, por otra parte, constituye la columna vertebral de la fabricación de nuestra época (Giedion, 1969), al favorecer el desarrollo de la sociedad de consumo (Hirschhorn, 1984). Este sistema de producción se apoya en las ideas revolucionarias de Henry Ford (modelo fordista) y Alfred Sloan (modelo sloaniano). No obstante, el término ‘fordismo’ ha alcanzado una amplia aceptación en la industria debido a dos elementos que se refuerzan (Rubenstein, 2001): a) el éxito incontestable de las técnicas de producción en masa, de las que fue pionero Ford; y b) la personalidad de Henry Ford como portavoz principal, personificación y filósofo de la era industrial.

El talento de Henry Ford fue reconocer que el deseo de poseer un vehículo a motor era casi universal. Supo descubrir un mercado, el mercado de masas, donde el resto de fabricantes no vio nada. En aquella época se podría decir que sólo existían dos clases sociales: los adinerados y el resto. Por ello, al estar satisfechos los primeros por medio de la producción artesanal, en 1906 proclamó la máxima ‘fabricaré un coche para todo el mundo’ con objeto de fabricar un producto estandarizado, en grandes volúmenes, para el mercado de masas. Tal concepto era revolucionario, ya que los fabricantes artesanos asumieron que el automóvil satisfacía las necesidades recreativas y de ocio de las clases económicamente privilegiadas. Por tanto, el automóvil era considerado un símbolo de posición social cuidadosamente ensamblado por artesanos. Éstos lanzaban cada año un nuevo modelo y modificaban los modelos fabricados hasta la fecha para hacerlos diferentes, con objeto de que los poseedores de modelos antiguos desearan deshacerse de ellos para adquirir los nuevos (Ford, 1922).

Poner en valor esta idea no fue tarea fácil. Ford Motor Company fue el tercer intento², esta vez con éxito, de Henry Ford por fabricar automóviles baratos. El objetivo de Ford era fabricar un automóvil que pudiera venderse por 500\$ (Nevins, 1927; Epstein, 1928). Para ello, se apoyó en tres pilares básicos: a) la intercambiabilidad de las partes, b) el diseño de un coche sencillo, duradero y fácil de reparar y c) la cadena de montaje. Para Clarke (1990; 82) “no hubo nada original ni en el detalle ni en los principios generales que Ford aplicó a la producción de automóviles”. Es decir, ningún concepto era original, pero hasta ese momento nadie había intentado integrarlos en la misma industria.

La comercialización a gran escala depende de la intercambiabilidad de las partes. Este concepto no era nuevo. Las armas de fuego estandarizadas con partes intercambiables se venían fabricando desde un siglo antes. Eli Whitney (1765-1825), que había estimulado la producción textil inventando la despepitadora de algodón en 1793, producía con rapidez y eficiencia mosquetes para la Armada Americana en 1798 ensamblando partes intercambiables producidas en máquinas especializadas. Entre otros ejemplos, debe

² Henry Ford trabajó en Detroit Edison Company, y a los treinta años, sin apenas formación, ya era ingeniero jefe de máquinas. En 1899 abandonó la Edison y creó Detroit Automobile Company que acabó quebrando en 1900 por su insistencia en seguir mejorando los prototipos. Posteriormente, fundó en 1901 Henry Ford Company, que la acabó abandonando; posteriormente sus propietarios la refundaron como Cadillac. Finalmente, en 1903, junto con otros 11 inversores y con un capital total de 28.000\$ puso en marcha Ford Motor Company. La visión de Ford de fabricar un coche para todo el mundo no la compartían algunos de sus inversionistas, por lo que compró sus acciones asegurándose el control de la empresa. Accedió a la presidencia en 1906 (Bhidé, 2000).

destacarse que Samuel Colt fabricó miles de revólveres ensamblando componentes estándar producidos por máquinas muy especializadas (Rubenstein, 2001).

La intercambiabilidad de las partes requiere un ensamblaje sencillo y proporciona una serie de ventajas, tales como (Womack *et al.*, 1990): a) eliminar todas las tareas relacionadas con el limado y ajuste de las partes, así como a los trabajadores encargados de realizarlas y b) facilitar el servicio de mantenimiento, al ser vendidos los recambios en cualquier concesionario o distribuidor oficial, y realizar las actividades de reparación los técnicos de empresas especializadas en este servicio. Este sistema de fabricación, conocido como ‘sistema americano’, fue adoptado por muchas fábricas. Por ejemplo, Cadillac en 1908 demostró que las partes de sus coches eran intercambiables. Para ello, desensamblaron tres automóviles, mezclaron los componentes y los exportaron a Inglaterra. Una vez que las partes llegaron a su destino volvieron a ensamblar los automóviles sin ningún contratiempo, a pesar de que las partes se habían intercambiado de forma aleatoria.

Con el fin de atraer a los consumidores de menor poder adquisitivo, Henry Ford diseñó un coche resistente, sencillo y de sólida construcción, que resultaba muy fácil de reparar: el Modelo T. También era conocido como ‘tin lizzie’ (la lata lizzie³) o ‘flivver’ (coche pequeño), se decía que era ‘tan sencillo como un burro y útil como un par de zapatos’. Ford introdujo el Modelo T en el mercado el 1 de octubre de 1908. No era un coche original, ya que sus componentes se hallaban en alguno de los modelos⁴ que la empresa había fabricado desde su creación en 1903. Los esfuerzos de Henry Ford se dirigían básicamente hacia la simplicidad, ya que consideraba que, al eliminar las partes superfluas y simplificar las imprescindibles, conseguía al mismo tiempo reducir el coste de fabricación (Ford, 1922). El manual del propietario del Modelo T, escrito en forma de preguntas y respuestas, explicaba en 64 páginas como resolver cualquiera de los 140 problemas probables (Womack *et al.*, 1990).

Los primeros coches se construyeron en una fábrica situada en Piquette Avenue, en Detroit. A comienzos de 1910, el Modelo T comenzó a construirse en la nueva planta de Highland Park⁵, Michigan. Dos elementos han hecho distintivo a Highland Park (Rubenstein, 2001): a) la fábrica se diseñó desde el comienzo para facilitar la producción en una secuencia lógica de operaciones, basada en el orden en que se necesitan las partes; y b) el acondicionamiento de la planta, poco después de abrir, con cadenas de montaje.

Henry Ford consideraba que una empresa debe estar organizada exclusivamente para la fabricación de un producto único, si es que se pretende conseguir una fabricación realmente económica. Por tanto, diseñó la cadena para fabricar un único tipo de coche: el Modelo T⁶ de color negro (eligió el negro⁷ porque era el color que secaba más rápido). Por

³ *Lizzie* era un término coloquial para un buen y fiel servidor y fue el más popular entre los numerosos apodos con que se conoció el Modelo T; el término se empleaba de un modo afectuoso.

⁴ Entre 1903 y 1908, Henry Ford y sus ingenieros desarrollaron 19 coches diferentes, designando a cada uno de ellos con una letra del alfabeto, desde el Modelo A hasta el Modelo S. Algunos de estos coches fueron modelos experimentales que nunca llegaron a fabricarse. Quizás el más reconocido de los coches fabricados en serie fue el Modelo N, un pequeño coche de cuatro cilindros.

⁵ En 1978 esta planta, entonces ya inactiva, pasó a formar parte del “National Historic Landmarks” de los EEUU.

⁶ El vehículo original de Ford, producido en masa (el Modelo T), se fabricaba en nueve carrocerías distintas –entre ellas un dos plazas, un turismo de cuatro asientos y un camión de dos asientos con caja detrás–. Pero todos iban sobre el mismo chasis, que contenía las partes mecánicas. En 1923, el año

tanto, la especialización de las máquinas en una sola operación y la puesta en línea de las fases sucesivas de fabricación y montaje estuvo en la base de la concepción de Highland Park (Biggs, 1996).

La cadena de montaje no es una tecnología genuina de Ford. Ransom Eli Olds (1864-1950), fundador de la empresa Oldsmobile, creó la cadena de montaje en 1901 para fabricar el automóvil denominado *Curved Dash*. Previamente fue usada en los mataderos de Cincinnati y Chicago, donde los cerdos muertos se transportaban en trolebuses aéreos que pasaban a cada trabajador, que hacía su corte. No obstante, el antecedente industrial más conocido quizás sea un astillero de Venecia de nombre “Arsenal”, que en el siglo XV construía barcos siguiendo el método de producción en cadena. La cubierta de un buque se traslada a lo largo de un canal de agua con talleres especializados distribuidos en sus orillas de acuerdo con el orden en que se realizaban las tareas de construcción del barco. En su avance por el canal los trabajadores le añadían el equipamiento correspondiente, así hasta completar el barco a la salida del canal.

La cadena de montaje mantiene fijos los trabajadores y desplaza el automóvil. Todo lo contrario, a lo que ocurre en la fabricación artesanal. En el inicio, a Henry Ford se le ocurrió montar los automóviles sobre una fila de carros que podían arrastrarse hacia delante, enganchados por un cable y accionando un cabestrante. Así pues, organizó la producción de la siguiente forma (Sekine, 1992):

- Instaló un gran cabestrante y un cable grueso y largo para arrastrar los carros durante el montaje del automóvil.
- Como la fábrica tenía aproximadamente 80 metros de largo, dividió la línea en 15 procesos de una hora. Esto permitiría arrastrar todos los carros al proceso siguiente una vez cada hora.
- Distribuyó las piezas a sus correspondientes procesos antes de que se necesitasen.
- Asignó tres o cuatro trabajadores a cada proceso y corrigió el equilibrado de las tareas observando el funcionamiento de la cadena.

La prueba para verificar la idoneidad de esta nueva forma de organizar la producción, realizada en 1913, tuvo un gran éxito. Redujo el tiempo de montaje de cada vehículo de 728 minutos (tiempo que tardaba un trabajador en montar un chasis, tal y como se realiza en la producción artesanal) a 93 minutos (Ford, 1922). Más adelante, los jefes de línea y los supervisores continuaron haciendo pruebas para mejorar la eficiencia de la cadena y el equilibrado de las tareas. Los experimentos fueron una constante en aquella época, ya que una de las máximas de Henry Ford era: ‘todo puede hacerse incondicionalmente mejor de lo que se ha venido haciendo hasta ahora’ (Ford, 1922). Como resultado de este proceso de aprendizaje, en 1914 los 13.000 trabajadores de Ford fabricaron 260.720 automóviles. Comparativamente, el resto de la industria necesitó 66.350 trabajadores para producir

cumbre de la producción del Modelo T, Ford fabricó 2,1 millones del mismo chasis, cifra que iba a ser la máxima en la producción en masa estandarizada (aunque el VW escarabajo la igualaría más tarde) (Womack *et al.*, 1990).

⁷ Existe la creencia popular de que todos los modelos T eran negros. Incluso Henry Ford afirmó, “los clientes pueden tener un coche del color que quieran, siempre que sea negro”. Esta medida se mantuvo en vigor desde 1914 hasta 1925 y se impuso por motivos de uniformidad y de eficiencia para la nueva cadena de montaje. Sin embargo, el turismo Modelo T de 1909 era de un rojo brillante descrito como ‘Carmin’. El verde y el gris fueron otros de los colores del Modelo T. Tras el modelo de aquel año, predominaron el verde y el azul, a veces en tonos tan oscuros que parecían negros, aunque sólo hasta que se impuso la norma de ‘sólo negro’. La presión de la competencia impuso la variedad de colores en los modelos de 1926 y 1927.

286.770 coches (Gross, 1996). Es decir, Ford fabricaba casi la mitad de los automóviles que se vendían en los Estados Unidos. A principios de 1920, más de la mitad de los automóviles registrados en el mundo eran de la marca Ford.

LECTURA 2: LA CADENA DE MONTAJE

En Figueruelas, junto a Zaragoza, General Motors tiene una fábrica que funciona 24 horas al día. Tres mil metros de cadena de montaje avanzan para dejar delante de un operario un coche cada ciento veinte segundos, treinta por hora, doscientos cuarenta por día, cuarenta y cuatro mil ochocientos por año, desde el pasado 27 de marzo de 1988.

Pili es una de las mil personas agraciadas con un puesto de trabajo en la cadena de montaje. Enfundada en un mono azul, con bolsillos por todas partes, Pili se mete en el coche, embadurna de cola el interior y se baja para subir al siguiente. “Los primeros días tuve agujetas en los dedos, luego ya nada”.

El coche avanza. Cada pocos metros, le añaden complementos. Cuando llega al área de trabajo de Rosa Isabel y Mari Ángeles, el coche tiene radio. A un tiempo las dos mujeres trabajan y atienden a la visita. Al periodista le dan ganas de echar una mano, angustiado de que llegue el siguiente coche y no les dé tiempo a enmoquetarlo. Ellas no dudan que les sobran varios segundos. Por fin, el encargado les da permiso para abandonar la cadena. Dos ‘pauseros’ ocupan su lugar. Ellos se encargan de tapar los huecos que dejan el absentismo laboral, un accidente o una necesidad fisiológica.

El ritmo de trabajo y el rendimiento van estrechamente unidos. El cronómetro ha invadido las fábricas y la cadena marca el ritmo. En medio, el trabajador, que, como un autómatas, da vueltas de rosca, coloca una pieza o realiza un gesto mecánico en un período concreto de tiempo. “El único inconveniente del trabajo es que no puedes parar cuando quieres”, dice Rosa Isabel. El trabajo a ritmo aumenta el riesgo de aparición de monotonía y fatiga mental: las manifestaciones más agudas de estos problemas se muestran en forma de crisis nerviosas y desvanecimientos, ya sea en el propio trabajo o en casa.

Para los sindicatos, la principal preocupación es el fuerte ritmo de la cadena y la repetición de movimientos. La mano derecha del limpiacristales Félix, por ejemplo, al final del año habrá apretado el pulverizador de agua 69.120 veces y su mano izquierda habrá pasado el secador 34.610 veces. El ‘síndrome de la cadena’ es músculos atrofiados, tendinitis, angustia. En los seis años de funcionamiento de General Motors España ya ha habido algunas bajas permanentes por tendinitis mal curadas o problemas psiquiátricos.

El mantenimiento durante horas de una postura forzada, desequilibrada o rígida provoca fatiga y a corto plazo dolores de espalda. Un trabajo muy mecanizado o automatizado acarrea riesgos de tipo biológico, como es la perturbación en la secreción de determinadas hormonas que actúan sobre el comportamiento y el sistema cardiovascular. La jornada se suaviza con breves descansos cada dos horas.

Fuente: Ortega, J. (1985): “Locos por el trabajo”, *El País*, 2 de noviembre, p. 12; Martín, J. (1988): “La cadena sin fin”, *El País*, 8 de mayo, pp. 6-7.

La cadena de montaje se acaba concretando en una estructura productiva que representa una secuencia rígida de tareas, impuesta por las diversas transformaciones técnicas que deben ejecutarse para fabricar un elevado volumen de un producto estandarizado. La cadena lleva el material de un puesto de trabajo a otro. En su avance, el producto va tomando cada vez más su forma definitiva. Así hasta llegar al final de la cadena con el producto acabado y listo para la inspección. A cada posición de la cadena llegan componentes y partes adicionales que se añaden al producto. Las partes, fabricadas generalmente por otras cadenas adyacentes, deben sumarse suavemente al proceso. El cálculo de tiempo para acompañar el suministro de componentes resulta crucial: una obstrucción en cualquiera de las otras cadenas retrasaba el trabajo en la cadena principal.

En la cadena de montaje cada trabajador realizaba la misma tarea de forma rutinaria en los diferentes chasis a medida que iban llegando a su puesto de trabajo. Así pues, la cadena se apoya en la división del trabajo y la correspondiente especialización de las tareas. Estas ideas fueron desarrolladas en 1776 por Adam Smith en su obra *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, a partir de su famoso análisis sobre la fábrica de

alfileres, donde observó tres ventajas: a) a medida que se repite una operación, se consigue más pericia en su ejecución; b) si un trabajador realiza siempre la misma operación, no necesita cambiar de herramientas, por lo que elimina un tiempo improductivo y c) cuanto más sencilla sea una tarea, más fácil resulta diseñar una máquina que la pueda ejecutar. De esta forma, la especialización favorece la sustitución de trabajadores por maquinaria, logrando un mayor ritmo de producción. Charles Babbage publicó en 1832 *On the Economy of Machinery and Manufactures*, reafirmando la idea de la especialización del trabajo, a la que añade una cuarta ventaja: la disminución del tiempo necesario para el aprendizaje. No obstante, el gran divulgador de la especialización fue Frederick W. Taylor con la publicación en 1911 de su obra *Scientific Management*, dando origen a la teoría de la Administración Científica, que se apoya en el principio de que la productividad aumenta cuando los operarios realizan una tarea simple, repetitiva y estandarizada. Ahora bien, más allá de la especialización de los trabajadores y, sobre todo, de la búsqueda de la mejor manera de hacer una tarea, las ideas de Taylor y de Ford tienen poco en común. Por ejemplo, Taylor defendía los incentivos a la producción mientras que Ford implantó el salario fijo.

LECTURA 3: LA FÁBRICA DE ALFILERES DE ADAM SMITH

“Un trabajador no preparado para esta actividad (que la división del trabajo ha convertido en un quehacer específico), no familiarizado con el uso de la maquinaria empleada en ella (cuya invención probablemente derive de la misma división del trabajo), podrá, quizás con su máximo esfuerzo, hacer un alfiler en un día, aunque ciertamente no podrá hacer veinte. Pero en la forma en que esta actividad es llevada a cabo actualmente no es sólo un oficio particular, sino que ha sido dividido en un número de ramas, cada una de las cuales es por sí misma un oficio particular. Un obrero estira el alambre, otro lo endereza, otro lo corta, un cuarto lo afila, un quinto lo lima en un extremo para colocar la cabeza; el hacer la cabeza requiere dos o tres operaciones distintas; el colocarla es una tarea especial y otra el esmaltar los alfileres; hasta el empaquetarlos es por sí mismo un oficio; y así la producción de un alfiler se divide en hasta dieciocho operaciones diferentes, que en algunas fábricas llegan a ser ejecutadas por manos distintas, aunque en otras una misma persona pueda ejecutar dos o tres de ellas. He visto una pequeña fábrica de este tipo en la que sólo había diez hombres trabajando y en la que, consiguientemente, algunos de ellos tenían a su cargo dos o tres operaciones. Y aunque eran muy pobres y carecían por tanto de la maquinaria adecuada, si se esforzaban podían llegar a fabricar entre todos unas doce libras de alfileres por día. En una libra hay más de cuatro mil alfileres de tamaño medio. Esas diez personas, entonces, podían fabricar conjuntamente más de cuarenta y ocho mil alfileres en un solo día, con lo que puede decirse que cada persona, como responsable de la décima parte de las cuarenta y ocho mil alfileres, fabricaba cuatro mil ochocientos alfileres diarios. Ahora bien, si todos hubieran trabajado independientemente y por separado y si ninguno estuviese entrenado para ese trabajo en concreto, es imposible que cada uno fuese capaz de fabricar veinte alfileres por día y quizá ni siquiera uno diario; es decir, ni la doscientas cuarentava parte, y quizás ni siquiera la cuatro mil ochocientosava parte de lo que son capaces de hacer como consecuencia de una adecuada división y organización de sus diferentes operaciones” ... “Este gran incremento en la labor que un mismo número de personas puede realizar como consecuencia de la división del trabajo se debe a tres circunstancias diferentes: primero, el aumento en la destreza de todo trabajador individual; segundo, el ahorro de tiempo que normalmente se pierde al pasar de un tipo de tarea a otro; y tercero, la invención de un gran número de máquinas que facilitan y abrevian la labor y permiten que un hombre haga el trabajo de muchos”.

Fuente: Smith, A. (1776): *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (v. e. (1994): *La Riqueza de las Naciones*, Alianza Editorial, Madrid).

De esta forma, la producción de vehículos a motor en la cadena de montaje se hizo muy especializada, repetitiva y automática, requiriendo escasa reflexión, juicio o destreza. Los oficios se dividieron en tareas muy simples (microtareas). Henry Ford dividió la producción del Modelo T en tareas cada vez más pequeñas (7.882, para ser precisos) (Grandin, 2009); por ejemplo, el ensamblado del motor constaba de 84 pasos distintos en

1914. Un motor que un trabajador artesanal ensamblaba en 9,9 horas se hacía en la cadena entre 84 trabajadores con un total combinado de 3,8 horas (Gartman, 1986).

Por supuesto, alguien tenía que pensar en el modo de unir las partes y en lo que tendría que hacer cada ensamblador. Este era el cometido de los profesionales de nueva creación. Nació el batallón de trabajadores indirectos, que no existían en la producción artesanal. Su misión era diseñar tareas, piezas y herramientas que pudieran manipular los trabajadores no cualificados. De esta manera, Ford separó el “hacer” del “pensar”, asignando esta última función a los ingenieros y demás trabajadores indirectos. A los obreros se les pedía que dejaran el cerebro fuera de la fábrica, ya que sólo debían hacer lo que se les mandaba. Como señala Ford (1922): “Esperamos que los trabajadores hagan lo que se les diga. Nuestra organización está tan altamente especializada y cada parte se compromete tanto con la otra, que ni por un momento podemos pensar en dejar libertad de acción a nuestro personal”. Cuando Henry Ford contrató como director de recursos humanos a Harry Herbert Bennett, ex boxeador profesional, las relaciones industriales en el sector automovilístico adquirieron una mala fama recurrente. Bennett contrató ex convictos y sujetos rudos y toscos para mantener a los sindicatos fuera de Ford (Wren y Greenwood, 1998). Después de muchas desavenencias y conflictos, Ford acaba admitiendo los sindicatos en 1941, seis años después que el resto de fabricantes del sector.

La división del trabajo en microtareas permitió a Ford solucionar el problema común que tenían las empresas americanas a principios de siglo XX: mayoría de trabajadores inmigrantes con poca cultura, que apenas dominaban el idioma inglés. En este sentido, una encuesta de 1915 ponía de manifiesto que los trabajadores de Highland Park hablaban más de 50 idiomas y que muchos de ellos apenas eran capaces de comprender el inglés. La división del trabajo permitía organizar la fábrica sin que fuese necesaria la comunicación entre los operarios y, en condiciones de funcionamiento normales, entre éstos y los capataces (Womack *et al.*, 1990). De acuerdo con Ford (1922) “la gran masa de operarios empleados en nuestra fábrica no tienen adiestramiento especial alguno y su obligación la aprenden al cabo de poco tiempo”. Todo ello hacía que los trabajadores de talleres fueran partes intercambiables del proceso de producción. Estos conceptos también coincidían con las necesidades de la época, donde la productividad era el objetivo principal, ya que el mercado demandaba una enorme cantidad de bienes manufacturados. Por tanto, se puede explicar la sustitución de la producción artesanal por la producción en masa como el fruto o resultado de una necesidad.

La especialización favorece la mecanización. En este sentido, cuanto más de uso específico fuera la máquina, es decir, cuanto más deprisa funcionara y menos cualificado tuviera que ser el operario que la manejase, mayor se consideraba su aportación a la reducción de los costes de producción (Piore y Sabel, 1984). Al resultar las máquinas muy costosas, su tasa de utilización se convirtió en un objetivo básico: el aumento de la producción permitía repartir la amortización de la maquinaria entre un mayor número de productos, provocando una disminución de su coste unitario. Como el objetivo era el volumen de producción, resultaba crucial no detener la cadena para corregir los errores, a no ser que fuera absolutamente necesario. Por ello, la responsabilidad de parar la cadena recaía exclusivamente en el director de la fábrica, a pesar de ser los operarios quienes mejor detectan los problemas de calidad en su área de trabajo. Una vez que salía de la cadena, el coche se inspeccionaba y los defectos de calidad se reparaban antes de su expedición, tarea que consumía mucho tiempo y en la que no siempre se detectaban todos los problemas y potenciales averías, por lo que llegaban muchos coches defectuosos a los clientes. Así

pues, la calidad se entendía como inspección y era una actividad que se realizaba al final del proceso.

El ritmo de la cadena, cuya velocidad aligera a los trabajadores lentos y ralentiza a los rápidos, les disciplina implacablemente haciendo la fábrica más productiva (Womack *et al.*, 1990). Los críticos argumentaron que la división del proceso convertía a la mayoría de los empleados de Ford en autómatas sin inteligencia. Los hombres que fabricaban coches ya no debían tener inclinación hacia la mecánica como antes: eran simplemente jornaleros. Por otra parte, la manipulación del ritmo de la cadena equivalía a la esclavitud por control remoto (Gross, 1996). A estas consideraciones Ford (1922) respondió de la siguiente manera: “He oído decir que hemos mermado la potencia del trabajo; no es exacto. Al contrario, se la hemos aumentado si hemos redoblado la potenciación en nuestros proyectos de organización y utillaje, los resultados favorecen precisamente al operario inexperto”. La cadena de montaje continúa vigente en la época actual. Charlie Chaplin la ridiculizó en su película de 1936 *Tiempos Modernos*⁸.

La velocidad de la cinta transportadora liberó a los supervisores de la necesidad de vigilar y dirigir a cada empleado. En el nuevo sistema laboral, el trabajo de un supervisor consistía en evaluar el desempeño y disciplinar a los trabajadores por un trabajo mal hecho. Para 1914 la proporción de trabajadores por supervisor era de 58 a 1. Este amplísimo rango de control era posible porque la secuencia y el ritmo del trabajo no eran dirigidos por los supervisores, sino que eran controlados por la programación laboral y la velocidad de la línea de montaje. Los obreros detestaban sus trabajos. Los gerentes de Ford respondían a su descontento con una supervisión represiva. Los obreros eran vigilados en todo momento. Las condiciones eran tan represivas que, en 1913, el número de obreros despedidos o que habían renunciado era tal que cada día debían contratarse 500 nuevos obreros para mantener la fuerza laboral en 15.000 individuos (Edwards, 1979).

El 5 de enero de 1914, Henry Ford anunció un nuevo salario mínimo de cinco dólares por ocho horas de trabajo al día, duplicando el salario medio del sector (2,38 dólares por nueve horas de trabajo). Ello provocó una fuerte caída de la rotación y del absentismo⁹.

⁸ El legendario vagabundo de Chaplin va a trabajar a la fábrica y adopta el espíritu del taylorismo en su extremo. Le ordenan que se ponga en un lugar determinado de la acelerada cadena de montaje y que apriete tuercas de los trozos de maquinaria que pasan por delante de él, a un ritmo cada vez más rápido. Sus manos acaban tan acostumbradas al movimiento prescrito que incluso cuando ya ha salido de la cadena de montaje sigue apretando de manera compulsiva cualquier cosa que se parezca aunque sea remotamente a una tuerca, para gran consternación de todo aquel que se le acerca y que tenga nariz o lleve algún botón en la ropa. Mientras está en la fábrica, el vagabundo no puede ni tan siquiera comer sin supervisión; en nombre de la eficiencia, se lo alimenta con trozos de carne en un tenedor y una mazorca de maíz que da vueltas para él en una “máquina alimentadora”. En la escena más famosa de la película, se encuentra tan superado por todo su trabajo que sencillamente se tumba sobre la cinta transportadora y se deja arrastrar hacia el vientre mecánico de la fábrica. Su cuerpo se desliza por los engranajes y ruedas y se convierte literalmente en una pieza más de la máquina.

⁹ La aparente generosidad de Ford con los trabajadores conllevaba unas cuantas ataduras. Los trabajadores sólo eran aceptados si se adherían a la definición de Ford de la “American way”, lo cual incluía abstenerse de beber y de jugar, hablar inglés (a los inmigrantes recién llegados se les exigía asistir a clase de “americanización”) y mantener los papeles familiares tradicionales. Las mujeres no tenían acceso a las bonificaciones a menos que fueran solteras y mantuvieran solas a su familia, y si una mujer casada trabajaba fuera de casa, incluso para la propia Ford Motor Company, a su marido también se le denegaba el acceso a la bonificación. Estas normas eran aplicadas por un comité conocido como Socialization Organization, que visitaba los hogares de los trabajadores para asegurarse de que tenían un comportamiento correcto. Los empleados que mostraban un comportamiento contrario a las normas de

En sus propias palabras: “El pago de 5 dólares por ocho horas de trabajo al día fue una de las mejores tácticas de reducción de costes que pudimos establecer” (Ford, 1922). Henry Ford había redescubierto una antigua verdad: pagando a los trabajadores más de lo que pueden ganar en cualquier otro lugar, es posible conseguir una mano de obra que trabaje con mayor ahínco, sea más leal y tenga unos niveles de absentismo más bajos. Respecto a la rotación de los empleados, los resultados del nuevo plan de salarios fueron espectaculares: la rotación mensual promedio se redujo del 31,9 por ciento en 1913 al 1,4 por ciento en 1915 (Wren y Greenwood, 1998). Por otra parte, esta subida de salarios permitía a un obrero de su fábrica comprar un “T” con menos de 4 meses de salario. De esta forma, incentivaba la demanda de automóviles, aumentando el poder adquisitivo de algunos clientes potenciales: sus trabajadores.

En su afán de reducir costes, Ford en su etapa temprana llevó a cabo una fuerte integración vertical para controlar las fuentes de suministros y, así, disminuir los costes de compra (Abernathy y Wayne, 1974). Dos circunstancias permiten explicar este hecho: a) la integración vertical en relación con el equipo productivo y b) la integración vertical relacionada con las fuentes de suministro, destinada a la mejora de la eficiencia.

En cuanto al equipo productivo, la perspectiva histórica permite comprobar que Ford se introdujo en el diseño, producción y uso a gran escala de máquinas-herramientas, a pesar de que la industria del automóvil estaba bien servida por empresas externas desde sus primeros tiempos (Thomas, 1977). Existían explicaciones alternativas al respecto. La primera de ellas se basaba en que Ford buscaba un uso más específico de la maquinaria que los que necesitaban otras empresas (Hounshell, 1984), no debido a que los avances técnicos en las herramientas fueran más allá del conocimiento de los fabricantes independientes, sino porque sólo los empleados de Ford entendían como debían utilizarse las nuevas máquinas (Silver, 1984). Para Ford habría sido más costoso explicar el proceso de fabricación de automóviles a los fabricantes de máquinas-herramientas y conseguir una respuesta satisfactoria que diseñarlos y fabricarlos por su cuenta (Langlois y Robertson, 1989). Por otra parte, los conocimientos acumulados durante el desarrollo permiten mejorar constantemente los equipos y hacerlos más seguros. Además los procesos de catálogo son más costosos que los procesos diseñados internamente: por término medio, los procesos de catálogo son, como mínimo, un 30 por ciento más caros que los procesos diseñados internamente a la medida de las necesidades experimentadas (Huge y Anderson, 1988). La máquina diseñada por un fabricante independiente tiene más funciones que la desarrollada por el ensamblador, ya que debe satisfacer las necesidades diversas de los clientes potenciales (el resto de ensambladores). Por tanto, resulta más cara de diseñar y de producir.

Por otra parte, si las fuentes de aprovisionamiento existentes son inadecuadas, y no pueden desarrollar con rapidez una alternativa realista, la empresa no tiene otra posibilidad que interiorizar tales actividades. Por ejemplo, las aleaciones de acero utilizadas en EE.UU. en 1902 proveían 60.000 libras de resistencia a la tensión. Henry Ford se dio cuenta de que los coches franceses utilizaban acero de vanadio, mucho más liviano, pero que

Ford tenían altas posibilidades de ser despedidos. Ford empleaba igualmente a centenares de inspectores para vigilar a los trabajadores dentro de las fábricas. A los obreros no se les permitía dejar su lugar en la línea de producción y no tenían permiso para hablar entre ellos. Su trabajo consistía en concentrarse fijamente en su cometido. Pocos empleados se adaptaban a este sistema e idearon formas para hablar con la comisura de la boca, cual ventrílocuos. Así inventaron una forma de hablar que se conocía como ‘balbuceo Ford’.

proporcionaba 170.000 libras de resistencia. Sin embargo, nadie sabía fabricarlo en EE.UU. Por ello, Ford trajo de Inglaterra a un metalúrgico y financió una acería. Así, los únicos coches fabricados con acero de vanadio durante los siguientes cinco años fueron los lujosos franceses y el Modelo T de Ford, que de vez en cuando podía quedarse varado, pero nunca romperse (Gross, 1996).

La segunda explicación del proceso de integración se basa en que los primeros ensambladores de vehículos estaban asediados, entre otros, por los siguientes problemas de los suministradores: la irregularidad en la producción, la pérdida de materiales en tránsito, la lentitud en las entregas, la falta de uniformidad y la incertidumbre de la calidad del producto (Neimark, 1992). Una parada en una planta de suministro podría resultar fatal a un productor de automóviles con capital operativo limitado y sin reservas. Es por ello, que Ford integró la fabricación de los componentes. De esta manera, mediante una coordinación cuidadosa de sus fábricas de componentes, Ford recibía las piezas cuando y donde se necesitaban, disminuyendo los costes de almacenamiento. En este sentido, Williams *et al.* (1993) han verificado que el 55% de la reducción del precio del Modelo T entre 1909 y 1916, se debió al ahorro en los costes de los componentes conseguido gracias a la menor dependencia respecto de los proveedores externos. Por otra parte, la integración, concebida inicialmente como una forma de evitar problemas de retención e interrupción en el suministro, dio lugar a un mayor grado de integración gracias a la posibilidad de innovar en el entorno de Ford (Langlois y Robertson, 1989). El símbolo de esta política fue la fábrica River Rouge (se comienza a construir en 1917 y se terminó en 1928): el mayor complejo industrial en la historia de los Estados Unidos de América¹⁰. Antes de la II Guerra Mundial, Rouge empleaba a 110.000 trabajadores en 127 estructuras: por un extremo de este vasto complejo entraba mineral de hierro y carbón en una acería y, por el otro, salían automóviles.

En suma, uno de los mayores logros de la producción fordista en la industria del automóvil de principios del siglo XX fue la integración vertical (Rubenstein, 2001). Así, la edición de 1949 de la *Encyclopedia Britannica* hacía notar que Ford tenía sus propias centrales generadoras de luz, calefacción y fuerza; su departamento de bomberos, su fábrica de papel, sus fundiciones, sus forjas de acero en caliente y en frío, sus trenes de laminado en caliente, su fábrica de neumáticos, su fábrica de cojinetes, sus hornos de coque, su taller de moldes y matrices, su imprenta, su fábrica de cemento, sus líneas de montaje, sus altos hornos y hornos de solera abierta, su fábrica de embalajes, sus centrales telefónicas y telegráficas, su taller de reparación de maquinaria, su fábrica de pinturas, su fábrica de cuero sintético, su oficina de expedición y mensajería, sus hospitales, sus laboratorios, y una escuela de formación profesional para chicos (Berger, 2005).

Henry Ford se opuso durante toda su vida a que su empresa aceptara inversores externos, ya que era un enemigo acérrimo de los banqueros. La empresa tuvo tanto éxito con su Modelo T, que le resultaba imposible atender toda la demanda. Aprovechando esta circunstancia, instauró una red de concesionarios independientes pequeños, a los que obligaba a adelantar el precio del vehículo y a comprar coches en proporción a la dimensión geográfica de su área de ventas. Esta política le permitía obtener unos costes financieros reducidos. El papel del concesionario se reducía a tener coches disponibles y

¹⁰ En 1917 emprendió la construcción del complejo en River Rouge. Cuando se terminó en 1928 fue considerada la fábrica más integrada del mundo: Tenía 1,6 km de largo por 2,4 km de ancho, albergaba 93 edificios con una superficie de 1,5 km² y la línea de ferrocarril interna alcanzaba los 160 km de extensión.

repuestos suficientes para satisfacer la demanda esperada, ya que la mayor parte de las reparaciones las efectuaba el propietario.

La producción especializada en masa sólo es rentable si los mercados son suficientemente grandes para absorber una enorme cantidad de un producto estandarizado, y suficientemente estables para mantener permanentemente ocupados los recursos dedicados a su producción. Este tipo de mercados no existe de una manera natural, sino que hay que crearlos, lo que no siempre es posible. En este sentido, el aumento de la eficiencia expandía el mercado al reducir los costes de producción, poniendo, así, los bienes al alcance de quienes no podían comprarlos anteriormente (Piore y Sabel, 1984). Henry Ford introdujo una estrategia de fijación de precios derivados de la curva de experiencia. Manteniendo el margen unitario constante, a medida que se reducían los costes iba disminuyendo los precios con objeto de llegar a un mayor número de clientes, e invertía los beneficios en mejoras de capital destinadas a reducir más los costes, demostrando que una reducción sistemática de precios aumentaba los beneficios. Como resultado, entre 1909 y 1923, el precio del Modelo T de la Ford Motor Company fue repetidamente reducido siguiendo una curva de experiencia del 85 por ciento (Abernathy y Wayne, 1974). Así, el precio cayó desde los 825 dólares en el año de lanzamiento (1908) hasta los 650 en 1909. En su último año de fabricación (1927) un Ford T podía comprarse por 290 dólares (Rubenstein, 2001). El público norteamericano respondió: las ventas aumentaron de 58.000 unidades en 1909 a 730.000 en 1916, y su participación en el mercado aumentó de un respetable 9,4 por ciento en 1908 a un insólito 48 por ciento en 1914 (Gross, 1996). En el año 1921, el Modelo T representaba el 56,6 por ciento del total de la producción a nivel mundial. En total se vendieron más de 15 millones de modelos T en todo el mundo, desde su lanzamiento en octubre de 1908 hasta que pasó a la historia el 26 de mayo de 1927. El éxito del Modelo T se refleja en una frase que se hizo muy popular: es inútil tratar de adelantar a un Ford, porque siempre habrá otro por delante.

Ford dividió el trabajo, no sólo en la fábrica, sino también en los departamentos de ingeniería. Su misión era diseñar tareas, piezas y herramientas que pudieran manipular los trabajadores no cualificados. Las carreras profesionales de estos especialistas no conducían a la propiedad de un negocio (como en la época artesana), sino que para promocionar dentro de la profesión se requería, a menudo, cambiar de empresa durante la vida laboral. Las carreras profesionales son una continua progresión de conocimiento técnico dentro de una especialidad y la responsabilidad de un mayor número de empleados (Womack *et al.*, 1990). Esta organización de la empresa por funciones especializadas (producción, ingeniería, contabilidad, etc.) iba acompañada de una gran centralización en la toma de decisiones. Ford quería tomar prácticamente todas las decisiones importantes de su empresa. Tenía incluso detectives que vigilaban a sus directivos y, si cualquiera de ellos se apartaba de sus órdenes, era despedido. Así, en 1919 el director de la Ford-Inglatera se vio obligado a dimitir tras haber introducido, siguiendo las costumbres inglesas, el volante a la derecha y haber inaugurado una red de concesionarios que no sólo distribuían coches Ford (Tappi, 2007).

El grado extremo de especialización en el que había incurrido Ford al diseñar la fábrica para producir un único producto, el Modelo T de color negro¹¹, le proporcionó muchos

¹¹ En 1926 deja de producirse el Modelo T, del que llegaron a fabricarse quince millones de unidades, record que se mantuvo durante los siguientes 45 años, hasta que en 1972 se lo arrebató el Volkswagen Beetle.

problemas cuando tuvo que afrontar una reestructuración interna con el objeto de fabricar un nuevo modelo de coche, el Ford A, ya que las ventas del Ford T estaban cayendo en picado. En mayo de 1927, Ford cerró completamente su enorme planta especializada de River Rouge y la mantuvo así durante casi un año con objeto de equiparla con nuevo utillaje para poder fabricar el Modelo A¹². Durante ese tiempo, Ford perdió 200 millones de dólares, reemplazó 15.000 máquinas-herramientas, reconstruyó 25.000 más y despidió a 60.000 obreros en Detroit (Abernathy y Wayne, 1974). Y es que las máquinas de uso específico actúan como barrera de salida y dificultan la adaptación de la empresa a los cambios tecnológicos y a los de demanda (Balakrishnan y Werherfelt, 1986). El estilo y resultado del Modelo A no fueron especialmente destacables, aunque sí su proceso de desarrollo. Un cuarto de siglo antes de que los japoneses empezaran a enredar con los elementos de la producción ajustada (y medio siglo antes de que el concepto de ‘producción ajustada’ llegara a Estados Unidos), Henry Ford llevó a los salones el Modelo A en menos de dieciséis meses, tras hacer pública la orden de la empresa de diseñarlo en agosto de 1926 (Rubenstein, 2001).

Henry Ford nunca despertó del sueño de que todo lo que la gente quería era un automóvil básico, barato y fiable. Sus asesores le advirtieron que los tiempos estaban cambiando, pero él veía el problema en términos de producción, cuando General Motors (GM) lo consideraba desde el punto de vista organizativo y del marketing (Wren y Greenwood, 1998).

Al comenzar la década de los veinte, General Motors era un extraño conglomerado de empresas automovilísticas y de suministros de partes, gestionadas atendiendo más al valor de sus existencias que a la eficiencia en la producción de automóviles¹³. Alfred P. Sloan¹⁴ obtuvo en 1923 el control de General Motors: una empresa caótica, con varias marcas de coches que se canibalizaban los productos, y continuamente entraban en pérdidas. General Motors era una colección de empresas de automóviles gestionadas independientemente que tomaban sus propias decisiones, hacían su propia investigación y desarrollo y fabricaban su propia gama de coches. Sloan continuó al frente la GM hasta que se jubiló en 1946, a la edad de 71 años. En 1921, GM tenía el 12,8 por ciento del mercado estadounidense de automóviles y camiones, mientras que la participación de Ford

¹² El Modelo A fue construido hasta 1931 con una producción total de unos cuatro millones de automóviles. En esta época la empresa adoptó el sistema de modificación anual del producto que perdura hasta nuestros días.

¹³ General Motors (GM) en sus inicios creció mediante adquisiciones. William Durant, su fundador, en 1904 compró Buick Motor Company, una pequeña empresa fabricante de automóviles. Posteriormente, compró más empresas del sector. El 16 de septiembre de 1908 creó General Motors, como compañía tenedora para la realización de nuevas adquisiciones, con sede central en Detroit (Michigan). Luego de Buick, Oldsmobile y una compañía fabricante de carrocerías en Flint, en el curso de 18 meses GM adquirió Cadillac y Oakland (a la que denominó Pontiac), otras seis compañías automotrices, tres compañías fabricantes de camiones de carga y diez compañías fabricantes de partes y accesorios. Originalmente cada una mantenía su propia identidad operativa y la organización GM era simplemente una empresa matriz, una oficina central rodeada de 25 satélites. En 1910 GM afrontó una crisis financiera y los prestamistas obligaron a Durant a renunciar al control. Cinco años después, con el apoyo financiero de la familia DuPont, Durant recuperó el control y continuó con la política de adquisiciones. La depresión económica ocurrida ese año sumió a la empresa en otra crisis financiera. Durant renunció a la presidencia de GM a favor de Pierre DuPont, quien, a su vez, nombró a Alfred Sloan, Jr. como director general (CEO) en 1923 (Bhidé, 2000).

¹⁴ Alfred P. Sloan Jr. (1875-1966) después de graduarse en Ingeniería eléctrica en el MIT a los veinte años, consiguió su primer empleo en la Hyatt Roller Bearing Company, de la que se convirtió en presidente en 1901. En 1918 la empresa fue comprada por General Motors, donde Sloan también llegó a la cúspide cinco años más tarde.

alcanzaba el 55,7 por ciento. Durante la presidencia de Sloan, GM superó a Ford y se convirtió en el grupo empresarial más grande del mundo (Wren y Greenwood, 1998).

A diferencia de Ford, la política de General Motors en 1920, seguida por su presidente William Durant, era la de producir solo los objetos necesarios para la construcción de nuevos vehículos. De este modo, la fabricación de componentes como los neumáticos, para los que había una gran demanda de sustitución, o de acero, que era utilizado para otros propósitos, dejaron de ser actividades adecuadas para General Motors (Sloan, 1963). Por tanto, GM estaba mucho menos integrada que Ford, lo que le permitió más adelante aprovecharse de las capacidades tecnológicas de sus proveedores.

El plan de Sloan tenía tres elementos que llegaron a ser el modelo de la empresa moderna: a) divisiones (organizadas alrededor de productos) para poner en práctica las políticas y llevar a cabo las operaciones; b) comités centrales para la formulación de las políticas y el control financiero y c) personal de apoyo (*staff*) para asesorar y brindar asistencia según se requiera.

Sloan observó que con el paso de los años fueron surgiendo nuevas profesiones y, por lo tanto, distintas clases sociales con diferente nivel de renta. Al mismo tiempo, el coche dejó de ser simplemente un medio de transporte y pasó a ser un símbolo de estatus. Los compradores de coches ya no querían un modelo básico y barato; querían un modelo que representara estilo, poder y prestigio. Por ello, estructuró General Motors en cinco divisiones de coches¹⁵, fabricando cada una de ellas un modelo diferente para atender un segmento de mercado distinto, formado en función de los ingresos familiares (Sloan, 1963). Con las divisiones por productos, Sloan se propuso en 1924 fabricar ‘un auto para cada bolsillo y propósito’. El sector de precios bajos pertenecía a Chevrolet. Le seguían en orden ascendente Pontiac, Buick, Oldsmobile y Cadillac. Sloan denominó a esta estrategia la “escalera del éxito” porque permitía a los clientes elegir una marca según su nivel de ingresos y luego continuar comprando productos General Motors de mayor precio a medida que mejoraba su posición social. Así pues, mientras el modelo fordista se concentró en el volumen y el producto único, el modelo sloniano lo hizo en el volumen y la diversidad.

De esta forma, el Modelo T de Ford sólo competía con el Chevrolet, el modelo de precio más bajo de GM. En 1924 GM introdujo en el mercado el Chevrolet K dirigido al segmento de mercado de menos poder adquisitivo. El Modelo Tuvo un éxito inmediato e hizo que el Ford T se volviera obsoleto en menos de dos años. La razón principal de su éxito era que se trataba de un coche cerrado al alcance de todos. Pese a la opinión de Ford, para quien el coche abierto y con capota era bueno para la salud, la demanda de coches con carrocería cerrada por puertas con cristales que protegían a los pasajeros del polvo, el viento y la intemperie, era cada día mayor. Pero su precio, por aquellas fechas, era muy alto. Sin embargo, la Hudson Motor Company acababa de conseguir abaratarlo gracias a nuevas técnicas de embutido de chapas. General Motors integró esta tecnología rápidamente. De hecho, cuando GM carecía de ciertos activos relevantes, simplemente los compraba. El ejemplo más importante lo tenemos en la adquisición de Fisher Body, empresa pionera en el desarrollo de carrocerías cerradas.

¹⁵ A las cinco divisiones de coches había que añadir una de camiones, varias de componentes y una de exportación.

Sloan alteró anualmente el aspecto externo de los vehículos e introdujo un conjunto abundante de accesorios, tales como cambio automático, aire acondicionado y radio, que se podían instalar en las carrocerías a petición de los clientes. También creó el concepto de “obsolescencia planificada”, por el cual cada tres años renovaba los modelos de sus coches con objeto de mejorarlos. Ahora bien, para atenuar los costes de producción ocasionados por la variedad de los productos, Sloan puso en práctica la idea de estandarizar algunos componentes mecánicos y utilizarlos en la fabricación de varios modelos de coches. Los cinco modelos tenían chasis, carrocerías y motores distintos, pero compartían cientos de partes o componentes: bombas, componentes eléctricos, cojinetes, ballestas y cristales, entre otros. En suma, GM instaló un sistema de producción en masa flexible que permitía cambios en los modelos sin traumas. GM no compitió reduciendo el precio de un modelo estándar, sino que mejoró las prestaciones y la apariencia estética de los vehículos, sin variar mucho el precio (Thomas, 1977).

Las divisiones se gestionaban de forma descentralizada. Tenían autonomía para decidir sobre planificación de la producción, control de inventarios, contrataciones de personal, adquisición de maquinaria, métodos y procedimientos de trabajo. Cada división se convirtió en un centro de beneficios y se evaluaba por su rendimiento sobre la inversión. Sloan pensó que, al tratar a las divisiones como negocios independientes, podía imponer la disciplina del mercado, al tiempo que conservaba las ventajas de una empresa unificada. No obstante, esta estructura incrementó la pirámide organizativa: GM contaba con 13 niveles jerárquicos comparados con los 6 de Ford y los 5 de Toyota.

El comité ejecutivo, presidido por Sloan, era la máxima autoridad de GM, ya que formulaba los objetivos y las políticas corporativas. También fijaba la gama de precios, asignaba recursos, aprobaba el presupuesto y ejercía el control financiero de las divisiones. Otros comités, entre ellos el de finanzas (presidido por el propio Sloan), eran decisivos para la coordinación: todos los ingresos de las divisiones se acreditarían en las cuentas corporativas y no quedarían bajo el control divisional, a menos que el comité ejecutivo central autorizara lo contrario (Wren y Greenwood, 1998). El control lo realizaba a través de las cifras: si el rendimiento era pobre cambiaba al director de la división. Esta solución requería muy poco tiempo de supervisión directa.

Se crearon nuevas profesiones de directivos financieros y especialistas en marketing para complementar las profesiones ingenieriles, de manera que cada área funcional tenía sus expertos. De esta forma, se completó la división del trabajo en la empresa (Womack *et al.*, 1990).

General Motors estaba mucho menos integrada que Ford, lo que le hizo obtener ventajas competitivas de los suministradores externos. Por un lado, se benefició de los avances tecnológicos de los componentes que le proporcionaban sus proveedores, lo que ayudaba a desarrollar su política de cambio de modelos. De otra parte, a pesar del grado creciente de integración vertical en los primeros años veinte, la elevada edad media de la flota nacional de automóviles condujo a una proliferación de empresas de componentes que abastecían satisfactoriamente el mercado de suministros. Debido a la baja inversión necesaria para producir un número limitado de dichos componentes, la entrada era fácil y la mayoría de los nuevos suministradores eran de tamaño pequeño o mediano. La competencia entre ellos redujo los costes a niveles que generalmente no podían lograr las empresas de automóviles integradas, especialmente cuando la necesidad de flexibilidad aumentaba (Flugge, 1929). Así pues, en los primeros años de la Depresión,

las compras de algunos componentes ya habían empezado a aumentar y la integración se fue haciendo progresivamente menos importante. A diferencia de los cambios que rodearon el Modelo T (que los realizó la propia Ford internamente), las capacidades innovadoras dependían del exterior, por eso aquellas empresas capaces de usar las innovaciones de mejora de producto de los proveedores descentralizados conseguirían algunas ventajas momentáneas. GM al tener una menor integración vertical que Ford pudo extraer más provecho de las ideas y capacidades de los proveedores externos (Langlois y Robertson, 1989).

En los años 50, la Ford Motor Company, regida ahora por Henry Ford II, sacó a subasta, entre proveedores independientes, muchos de los componentes fabricados internamente. A los proveedores se les asignaban unos tiempos mínimos de entrega y el que ofertara más barato obtenía un contrato por un año. El proveedor tenía que fabricar el componente tal y como constaba en las especificaciones que le marcaban. Por tanto, Ford regresó al mundo que había abandonado en 1913. Esta política, seguida por el resto de fabricantes norteamericanos, redujo la capacidad innovadora de los proveedores. Eran los fabricantes quienes diseñaban los componentes, forzando a los suministradores a obtener una licencia de su tecnología o, si éstos tenían en propiedad una mejor, a revelarla. A su vez, descomponían los componentes en partes para convertirlas en mercancías (productos genéricos u homogéneos), mediante especificaciones completas y detalladas. Los contratos no se renovaban si el productor encontraba otro proveedor que ofreciera un precio más bajo. En general, los vínculos de cooperación entre ensambladores y suministradores son poco eficientes, por las siguientes razones: se establecen sobre la base de contratos a corto plazo; el intercambio de información es únicamente a nivel de precios, cantidades y plazos de entrega; hay acumulación de una gran cantidad de inventarios, ya que se compra en grandes lotes con pocas entregas; el suministrador no tiene libertad para hacer cambios en el diseño del componente, ya que las especificaciones que le proporciona el ensamblador son detalladas y rígidas, y se mantiene una gran cantidad de suministradores por componente.

Al utilizar los sistemas productivos para fabricar una variedad limitada de productos, se hacía necesaria la parada de las máquinas al pasar de un producto a otro. Como los tiempos de preparación son elevados, resultaba muy costoso cambiar los procesos, de ahí que las empresas fabricasen productos en grandes lotes para atender la demanda durante un largo período de tiempo. Grandes lotes necesitan menos preparaciones y los costes de preparación se reparten entre más productos. Sin embargo, se hace imprescindible una buena previsión y la correspondiente planificación a largo plazo, generan elevados inventarios y presentan enormes dificultades para reaccionar ante cambios imprevisibles de la demanda. Los fallos de la previsión a largo plazo hacían ineficaz la programación de la producción y provocaban una pérdida de productividad, al fabricar grandes lotes de productos que tienen escasa demanda y pequeños lotes de productos con gran demanda. De esta forma, para un tipo de productos había un exceso de existencias y para otros se provocaba la rotura de inventarios. Las existencias medias son elevadas, con un promedio de stocks de 66 días a lo largo de la década de los noventa. De hecho, los analistas consideran que el 15 por ciento del precio que paga el comprador por el coche deriva de los costes ocasionados después de haber salido de fábrica (publicidad, intereses o almacenamiento).

Las relaciones entre el departamento de marketing y los concesionarios eran muy tirantes, porque el primero consideraba que su función consistía en asegurar que aquéllos vendiesen

el número suficiente de coches para que la fábrica mantuviese la producción planificada. De esta forma, el fabricante tendía a utilizar al concesionario como amortiguador para proteger a la fábrica de los vaivenes del mercado. Entre otras políticas, el departamento de marketing condicionaba los pedidos de coches populares que efectuaban los concesionarios a que aceptasen un cupo de coches impopulares (de difícil venta). Igualmente, solía ofrecer descuentos en los modelos no deseados. Tal comportamiento no tenía en cuenta las necesidades de los clientes y obligaba al concesionario a ajustar continuamente los precios para adecuar la demanda y la oferta (Womack *et al.*, 1990). En definitiva, este sistema instauró la pauta de que lo primero eran las necesidades de fabricación y el concesionario y el cliente tenían que acomodarse a ellas.

El concesionario era especialista en persuadir y negociar: cerraba el trato con el cliente lo antes posible y se limitaba a informarle sobre el producto, con el fin de conseguir la venta. Después de firmado el contrato, el cliente dejaba de tener interés. Por otra parte, el concesionario no tenía incentivos para compartir con el fabricante la información acerca de sus clientes. De esta forma, los planificadores de nuevos productos no encontraron el modo de incorporar la realimentación continua del departamento de ventas y de los concesionarios.

4. La producción en masa en Europa

En general, los principales fabricantes europeos adoptaron en sus inicios la cadena de montaje del modelo fordista, concentrándose en la fabricación de un único modelo utilizando máquinas mono-función, si bien no lo aplicaron en su total extensión, ya que, por ejemplo estaban parcialmente integradas y mantenían el trabajo a destajo. Después de un período de aprendizaje, y ante los cambios en la demanda, adoptaron una peculiar versión del sloanismo que preveía el uso de máquinas multi-funcionales para fabricar una amplia gama de vehículos.

La empresa europea más cercana al modelo fordista fue Volkswagen, que creó su estrategia en la producción del modelo Beetle, más de 21 millones de unidades en período 1938-2003, el automóvil con más tiempo de producción en la historia. FIAT introdujo la cadena de montaje con máquinas mono-función en 1925 en la fábrica de Lingotto, construida a imagen y semejanza de la fábrica Highland Park de Ford. Durante la posguerra adoptó el sloanismo para fabricar una gran variedad de vehículos (19 modelos entre 1949 y 1961) y mantenía en vida durante largos períodos los de más éxito. Los tres principales fabricantes franceses, Peugeot, Renault y Citroën, también adoptaron en los años treinta el fordismo. Para en los años sesenta iniciar una progresiva diversificación al estilo slaonista con la puesta en común de las plataformas. Así, Renault en 1965 fabricó seis modelos en dos plataformas, cada una de ellas con un volumen de 160.000 unidades (Tappi, 2007).

En España cabe destacar la creación en Barcelona de la Sociedad de Automóviles de Turismo (SEAT) que se constituyó formalmente en 1950. El impulsor fue el Instituto Nacional de Industria (INI) que poseía el 51% del capital social, siete bancos españoles liderados por el Banco Urquijo poseía el 42% y el restante 7% lo aportó FIAT, el socio tecnológico. El objetivo era abastecerse con suministros procedentes de la industria auxiliar local en un 90%. El acuerdo con FIAT incluía, entre otras, las siguientes cláusulas: una regalía del 2,7% para la fabricación del Modelo 1400 y del 3% para los siguientes modelos, la prohibición de exportar y la reserva de un cupo del 25% de la futura

producción para su venta por FIAT Hispania. SEAT tampoco podía tener un departamento de diseño, lo que abortó la posibilidad de tener un “campeón nacional”.

Por lo que se refiere a las medidas y al tipo de maquinaria, la factoría cogió como modelo la planta de Mirafiori de FIAT. Todo el ciclo representaba un proceso continuo de operaciones que llegaban hasta el montaje final de los coches, asemejándolo a un sistema hidrológico en el que los afluentes van al río y este al mar. Más de un tercio de los medios de producción americano destinados a la SEAT eran idénticos a los adquiridos para modernizar Mirafiori. Persiguió un equilibrio entre máquinas mono-función y multi-funciones. Estas últimas que representaban la mitad de toda la maquinaria, garantizaban una cierta flexibilidad al proceso de producción. La empresa parecía adherirse definitivamente a un modelo de matriz fordista en sentido estricto, en el que el nivel de producción dependía más de los tiempos rígidos de la máquina que del mayor esfuerzo del trabajador. En este contexto, perdía parte de su sentido el incentivo salarial. Se debe asimismo subrayar las dificultades que a principios de los años cincuenta tuvo la SEAT para encontrar personal técnico cualificado. Para intentar resolver el problema, la FIAT había organizado unos programas de formación de cuadros, siguiendo el modelo de la Escuela de Aprendizaje de Mirafiori. Gracias a la adopción de los criterios fordistas hubo menos problemas para contratar mano de obra barata y no cualificada, que representaba las tres cuartas partes de los obreros (existía mucha inmigración desde la España rural: Andalucía, Extremadura y Castilla) (Tappi, 2007).

En España, al igual que en otros países europeos, la carencia de una importante tradición automovilística enfrentó a los fabricantes con graves problemas a la hora de conseguir suministros adecuados en cantidad y calidad (García, 2001). Esta debilidad sitúa a los ensambladores ante dos alternativas: crear sus propios grupos de proveedores o producir los componentes internamente. Lagendijk (1995) adjudica a SEAT el mérito de ser el generador de la industria auxiliar en España, al proporcionar asistencia técnica y financiera a estas empresas. En el otro extremo, Renault optó por internalizar la fabricación de componentes que en otros países correspondía a proveedores externos.

SEAT lanzó su primer Modelo, el 1400, en mayo de 1953. La unidad 2500 se construyó en 1954 y alcanzó un 60 por ciento de fabricación nacional. Había que importar de Italia partes de la carrocería y de componentes como la bomba de aceite y los árboles de distribución. El Modelo 600 inició su andadura en mayo de 1957 y se mantuvo en el mercado hasta 1973. Durante sus dieciséis años de vida se fabricaron casi 800.000 unidades; muchas más que del 1400 y 1500 juntos (que no alcanzaron el cuarto de millón). Tampoco su sucesor, el 850 que inició su andadura en 1966, logró superarlo (poco más de 660.000 en sus ocho años de vida). En 1958 la empresa declaraba que había nacionalizado el 93% del valor del 1400 y el 97% del modelo 600. En 1964, la presión negociadora logró la autorización de FIAT para exportar el 600 a Brasil y Colombia, a cambio de apoyar a FIAT para vender el 850 en España hasta que SEAT estuviese en condiciones de fabricarlo (Catalan, 2006).

La SEAT tenía la típica estructura de una gran empresa fordista, fundada sobre el control jerárquico de las funciones. Las decisiones más importantes las tomaba la Dirección General y el Consejo de Administración con sede en Madrid. La parcial descentralización de las funciones ejecutivas tuvo lugar sólo a finales de 1973, cuando se creó una segunda Dirección General en Barcelona. Desde los primeros años los

efectivos estaban encuadrados en una línea de mando muy larga, que preveía siete escalafones entre el personal superior y el último de los mozos. En cuanto a la autonomía decisional de los obreros, las normas eran muy claras: “En los casos particulares en que se nota la probable conveniencia de efectuar una determinada variación respecto a las prescripciones, no se debe proceder arbitrariamente sin la debida autorización, siendo por lo tanto prohibido llevarla a cabo hasta que no sea oportunamente examinado el problema y, después del examen concedida la requerida autorización por parte de la dirección” (Tappi, 2007).

5. Producción Just in Time (toyotismo)

Durante los años treinta a cincuenta, Nissan, Isuzu, Mitsubishi y otros fabricantes japoneses ensamblaron bajo licencia coches europeos y norteamericanos usando las tecnologías de la producción en masa. En 1937, Kiichiro Toyoda (1894-1952) transformó la fábrica Telares Automáticos Toyoda, que había heredado de su padre, en Toyota Motor Corporation¹⁶. Previamente, había comprado y ensamblado componentes de coches norteamericanos. De hecho, diseñó su primer automóvil copiando el chasis de un Ford¹⁷, el motor de un Chevrolet y la línea de un Chrysler. Realizó algunos cambios en el diseño de las piezas para no infringir las patentes vigentes y seleccionó componentes que no tenían protección legal. El resultado fue el Modelo A1 que se terminó en mayo de 1935 (Cusumano, 1985). Sin embargo, Toyoda se propuso desarrollar tecnología propia, tanto de producto como de proceso.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Toyota tuvo que afrontar dos situaciones extremas. En primer lugar, ensamblar coches en fábricas que, en algunos casos, tenían suelos de tierra y, al no contar con suficiente capital para diseñar una cadena de montaje para cada modelo, diseñó fábricas flexibles. Para ello, las máquinas debían ser capaces de producir diferentes modelos y debían poder prepararse rápidamente para pasar de un Modelo A otro.

En segundo lugar, a pesar de la crisis que estaba atravesando la industria en 1946, el gobierno japonés presionó a las empresas para que garantizaran el empleo de los trabajadores. Toyota se encontraba entre las empresas con dificultades económicas. Después de una larga negociación con los sindicatos, Toyota despidió a una cuarta parte de la mano de obra, pero Kaichiro Toyoda dimitió como presidente, asumiendo la responsabilidad del fracaso de la empresa. En esa época, los sindicatos consiguieron a

¹⁶ La historia de Toyota comienza a finales del siglo XIX, cuando Sakichi Toyoda inventa el primer telar automático, que revoluciona la industria textil. Impulsado por el éxito de sus telares, en 1907 funda la empresa Toyoda Automatic Loom Works. Toyota Motor Corporation fue fundada el 23 de septiembre de 1933 como una nueva división dedicada a la producción de automóviles bajo la dirección del hijo del fundador, Kiichiro Toyoda. Poco después, la división produjo su primer motor tipo A en 1934, que fue usado en el primer Modelo A1 en mayo de 1935 y el camión G1 en agosto de 1935. La producción del Modelo AA comenzó en 1936. Toyota Motor Co. fue establecida como una empresa independiente en 1937. Aunque el grupo Toyota es más conocido hoy en día por sus automóviles, aún está en los negocios textiles y sigue fabricando telares automático y máquinas de coser eléctricas.

¹⁷ Esta práctica también era seguida por Henry Ford. En sus propias palabras: “En nuestra fábrica se someten a detenido estudio cuantos modelos nuevos se presentan en el mercado, con el fin de descubrir los aciertos que puedan acentuarse más todavía para adaptarlos a nuestro coche. Siempre que se introduce algo superior a lo nuestro, nos conviene, por lo menos, saberlo y por tal motivo adquirimos un ejemplar de cada tipo nuevo. Generalmente, el coche se monta y examina durante algún tiempo, desmontándolo luego y sometiéndolo a minucioso examen para comprobar cómo y de qué material habían sido construidas sus distintas partes. Diseminadas por las inmediaciones de Dearborn, se hallan ejemplares de muestra de todos los coches que se han fabricado en el mundo” (Ford, 1922).

escala nacional dos importantes derechos que condicionarían las estrategias y políticas de las empresas japonesas en el futuro: el empleo vitalicio y un salario regulado más por la antigüedad que por las funciones del puesto y relacionado con los beneficios (Womack *et al.*, 1990). La mano de obra se convierte, pues, en un coste fijo del que hay que obtener el máximo rendimiento posible.

Los primeros coches que Toyota exportó a los Estados Unidos en 1957 no superaron la prueba del mercado, ya que, entre otras ineficiencias, se mostraron incapaces de lograr mantener una velocidad media aceptable. Sin embargo, con el paso del tiempo la situación cambió radicalmente. En el año 1973, la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) redujo la oferta de petróleo para provocar escasez y elevar, así, el precio del crudo. Hasta ese momento los automóviles norteamericanos tendían a ser más grandes y pesados que los japoneses o europeos, por lo que, además de tener un precio elevado, su consumo de gasolina era desproporcionadamente superior. Dado que EE.UU. tenía un nivel de vida más alto, los consumidores podían pagar precios elevados por automóviles grandes y, como la gasolina era barata, no importaba el consumo. Japón y Europa tenían un nivel de vida más bajo y una gasolina muy cara, por lo que los fabricantes tenían que satisfacer un mercado que demandaba automóviles pequeños de precio reducido y de bajo consumo. Pues bien, la crisis del petróleo y el correspondiente aumento del precio de la gasolina, provocó un cambio en las preferencias de los consumidores norteamericanos, que pasaron a demandar los coches pequeños de reducido consumo que comercializaban los fabricantes europeos y, sobre todo, los japoneses. Con el paso del tiempo los norteamericanos también empezaron a comprar los coches grandes que fabricaban las empresas japonesas. Estos hechos provocaron que las importaciones de automóviles en su conjunto casi se duplicaran en los años setenta, pasando de un 15 por ciento del total de automóviles vendidos en Estados Unidos en 1970 a un 27 por ciento en 1980, y se mantuvieron en ese elevado nivel tanto durante la década de los ochenta como en la siguiente (Stiglitz, 1993).

Al principio se creyó que los consumidores norteamericanos compraban los coches extranjeros únicamente porque eran más baratos y consumían menos gasolina. La sorpresa fue enorme cuando se comprobó que además eran de mejor calidad. Así, en 1986, al comparar la planta de montaje de Toyota en Takaoka y la de GM en Framingham, Massachusetts, se puso de manifiesto que, dividiendo el número total de horas de trabajo en la factoría entre el número de automóviles producidos, Toyota invirtió 18 horas por vehículo, mientras que GM necesitó 41 horas. El número de defectos también fue menor: 45 defectos de montaje por cada 100 coches ensamblados por Toyota, frente a los 130 defectos de la fábrica de GM (Womack *et al.*, 1990). Por otra parte, cuando en 1982 Honda localizó una fábrica en EE.UU., logró mantener unos costes de producción igualmente bajos, con un sistema salarial idéntico al resto de fabricantes norteamericanos.

Por tanto, la razón de la mayor productividad y calidad de las empresas japonesas no se encontraba en unos costes laborales más bajos, sino en una forma diferente de organizar la producción: el Just in Time (JIT, sistema de producción Toyota, justo a tiempo o producción ajustada). Este sistema comienza a implantarse en los años sesenta¹⁸ en la fábrica de Toyota en Japón, y surge de la necesidad de fabricar diferentes modelos de

¹⁸ La producción Just in Time es el resultado de un esfuerzo evolutivo para mejorar el proceso productivo en cuyo desarrollo Toyota empleó veinte años, si bien puede ser imitado en diez años (Ohno, 1988).

automóviles, en pequeñas cantidades y con el mismo proceso de producción (Ohno, 1988), manteniendo niveles elevados de calidad y productividad, al tiempo que se reduce la duración del ciclo completo de producción (*lead time*). Este sistema productivo fue copiado por otros fabricantes japoneses durante la década de los setenta (Cusumano, 1988).

La producción ajustada se caracteriza, al igual que la producción en masa, por satisfacer la demanda de los mercados de masas si bien, en lugar de fabricar grandes lotes de una gama reducida de modelos, fabrica pequeños lotes de una gran variedad de productos. La producción en masa sólo es eficaz para mercados de rápido crecimiento. Por contra, la fabricación en pequeños lotes es muy eficaz para mercados estancados o de lento crecimiento con clientes exigentes en cuanto a niveles de calidad y plazos de entrega que, además, en muchos casos, demandan productos personalizados (Ohno, 1988).

La producción ajustada, por un lado, trata de combinar la capacidad del artesano para elaborar productos adaptados a los gustos del cliente con la economía de una línea de montaje, es decir, persigue, no sólo reducir drásticamente los costes de producción, sino también obtener la flexibilidad suficiente para fabricar con elevada calidad un gran número de modelos diferentes.

En la producción ajustada todas las actuaciones que se llevan a cabo en las fábricas están encaminadas a eliminar el despilfarro (Ohno, 1988): aquello que no añade valor al producto, como los stocks, el tiempo de espera, la producción anticipada o las averías. Para conseguir todo esto, la organización de la producción se apoya en una serie de capacidades desarrolladas gracias a la implementación de ciertas prácticas (Hall, 1983; Monden, 1983; Suzaki, 1987; Ohno, 1988; Shingo, 1989): a) la distribución celular (descentralización de materiales y herramientas, máquinas de uso general, trabajadores polivalentes, trabajo en equipo y estandarización de las operaciones), con objeto de lograr la flexibilidad necesaria para llevar a cabo la fabricación de una gran variedad de productos y adaptarse a los cambios en la demanda; b) la adopción del sistema SMED, para lograr reducir los tiempos de preparación de la máquina y así poder fabricar lotes pequeños, incluso de una unidad, y eliminar los stocks; c) la ingeniería concurrente, para poder acortar el tiempo de desarrollo de un producto y, de este modo, introducir rápidamente nuevos modelos en el mercado y responder mejor a los cambios repentinos en la demanda del consumidor; d) la externalización de las actividades no básicas para mantener una dimensión reducida y lograr una pirámide jerárquica más plana que permita una comunicación más fluida entre la dirección y los trabajadores; e) el mantenimiento de unas relaciones cooperativas con los proveedores, al considerarlos socios en los negocios; los proveedores se localizan en lugares próximos a la fábrica cliente que, por otra parte, tiende a tener un único proveedor por componente y f) un sistema de tarjetas (*kanban*) para coordinar todas las células y tareas mediante un método de arrastre desde el cliente final. Por otra parte, se realiza un seguimiento de los clientes para conocer mejor sus actuales necesidades y futuras expectativas. Todo ello dentro de un sistema de gestión de calidad total que mediante una liderazgo participativo: a) aplica el principio ‘el cliente es la siguiente fase del proceso’, responsabilizando a los trabajadores de proporcionar los componentes y los productos con cero defectos; b) facilita la participación de los trabajadores en la mejora continua (*kaizen*) de los procesos, es decir, se rompe la disociación entre el ‘hacer’ y el ‘pensar’ y c) potencia el uso en la fábrica de diversas herramientas y técnicas, algunas de gran originalidad: 5S, *poka-yoke*, *jidoka*, siete herramientas básicas, casa de la calidad,

control visual, inspección preventiva, círculos de control de calidad y mantenimiento productivo total, entre las más importantes.

Toyota utilizó equipos operativos independientes organizados en células de trabajo, en vez de cadenas rígidas de montaje y puestos de trabajo fijos. Así pues, en la producción JIT la unidad básica de trabajo es la célula, centrada alrededor de una fase del proceso de producción o en torno a una serie de operaciones estrechamente relacionadas, a la que se asigna un equipo de trabajadores. Cada célula de trabajo se considera una parte de un sistema integrado, una cadena eslabonada de actividades y puntos de toma de decisión que continuamente entregan valor al cliente (Bower y Hout, 1988), considerando como tal la siguiente fase del proceso.

Una célula cuenta con un almacenamiento descentralizado de materiales, piezas y herramientas. De esta forma, se aumenta la responsabilidad de los trabajadores y se eliminan las ineficiencias de los desplazamientos a departamentos centrales para recoger piezas o materiales. Las máquinas son de uso general (versátiles), poco costosas y, en muchos casos, diseñadas por la propia empresa; se distribuyen secuencialmente siguiendo la forma de una U, donde cada operario (muy cualificado y polivalente) tiene asignadas máquinas colocadas al frente y a su espalda, por lo que realiza diferentes tareas operativas, a la par que lleva a cabo tareas auxiliares de mantenimiento productivo, de control de calidad y de ajuste y preparación de las máquinas. Fue en 1947 cuando a Ohno se le ocurrió la idea de asignar a un operario varias máquinas de diferentes tipos. A partir de entonces, la norma fue la formación multifuncional de los trabajadores y, como es característico de la mayoría de las empresas japonesas, el personal recibió hasta diez veces más capacitación que sus colegas de las tres grandes estadounidenses.

Dentro de cada célula predomina el trabajo en equipo al que se le delimitan los objetivos a alcanzar, delegando en sus miembros la planificación, organización y control de las tareas. La empresa realiza un control global del equipo, pero descentraliza la asignación de tareas a los miembros. Dentro de cada equipo no existe una división nítida del trabajo; todos los miembros tienen idéntica responsabilidad y pueden sustituirse unos por otros en caso de ser necesario. Aún cuando las asignaciones de las tareas a los individuos pudieran parecer poco precisas, las responsabilidades de los equipos se definen estrechamente y sus fronteras están perfectamente limitadas.

Para que las células funcionen acompasadamente es necesario estandarizar las operaciones. Para ello, el ciclo de producción de la célula de trabajo ha de poder variar si lo hace la demanda. Ello se consigue añadiendo o quitando trabajadores a medida que la demanda aumente o disminuya. Con el sistema de producción ajustada, son las personas, no los stocks, los que sirven de elemento regulador. De igual forma, para que el flujo sea constante todas las operaciones deben precisar el mismo tiempo de ejecución, el equipo debe cuidarse bien, debe existir una reserva de cierta capacidad de producción y los componentes fabricados han de estar libres de defectos.

La cooperación de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno¹⁹ también inició la política de que cualquier empleado pudiera detener el proceso de montaje si ocurría algún problema. Para ello, se colocó una cuerda encima de cada célula de trabajo, permitiendo a los

¹⁹ En 1943 se incorporó a la fábrica de automóviles.

trabajadores que detuvieran la producción en cuanto surgiera un problema que no pudieran solucionar. Más adelante, en la década de los años cincuenta, Ohno se adhirió a las ideas de W. Edwards Deming, con objeto de compatibilizar los planteamientos del Just in Time y de la Gestión de la Calidad Total (*Total Quality Management*, TQM), ya que en conjunto atacaban los problemas de la calidad y la cantidad en las células de trabajo.

Shigeo Shingo, consultor industrial en mejoramiento de la productividad, trabajó estrechamente con Ohno en la creación del sistema de Toyota para acortar los tiempos de preparación de las máquinas mediante la adopción del sistema de ‘Cambios de Útiles en Tiempos de un Sólo Dígito’ (*Single Minute Exchange of Die*, SMED). En la década de los cuarenta, los cambios de troqueles en Toyota se realizaban en dos o tres horas. A medida que el equilibrio de la producción se extendió por toda la empresa en la década de los cincuenta, los tiempos de readaptación bajaron a menos de una hora y después hasta tan sólo quince minutos. A finales de los sesenta, se rebajó a sólo tres minutos (Ohno, 1988). Si una preparación de cuatro horas se redujera a tres minutos, entonces, incluso sin aumentar el tamaño del lote, la relación entre las horas de preparación y las de operación principal podría hacerse extremadamente pequeña, lo que elimina la necesidad de fabricar en grandes lotes (Shingo, 1985). Así pues, mientras que Ford, por ejemplo, hacía hincapié en la fabricación de piezas en grandes lotes, Toyota destacaba los lotes pequeños de partes y las instalaciones rápidas y flexibles.

Los fabricantes occidentales en el proceso de desarrollado de un nuevo producto utilizaban una perspectiva funcional, donde las actividades se realizan secuencialmente, de forma que las responsabilidades de creación del producto se van repartiendo entre los diferentes departamentos de la empresa que participan en el proceso. La producción ajustada utiliza la ingeniería concurrente en el proceso de desarrollo del producto. Se trata de un equipo autónomo formado por personas de todos los departamentos implicados en el desarrollo del producto, incluyendo la participación de los proveedores e, incluso, de los propios clientes. Los miembros, expresamente seleccionados, abandonan sus departamentos funcionales y se instalan en un lugar específico para el desarrollo del producto, con objeto de trabajar en colaboración y a tiempo completo desde el principio hasta el final del proyecto. En la producción en masa, los trabajadores que participan en el desarrollo de nuevos productos tienen una dedicación parcial y realizan la actividad dentro del departamento funcional al que pertenecen, por lo que atienden mejor las órdenes y trabajos encomendados por su director funcional que por el director de nuevos productos, al ser el primero el que evalúa su trabajo. Los miembros del equipo autónomo permanecen ligados formalmente a sus departamentos funcionales, pero durante la vida del proyecto están claramente bajo el control del director del mismo. Posteriormente, al finalizar el proyecto, retornan a sus departamentos funcionales o se les asigna a un nuevo proyecto de desarrollo de un producto. Ahora bien, su rendimiento dentro del equipo lo evalúa el director del proyecto, quien informa a la dirección para posibles ascensos o recompensas.

La ingeniería concurrente se reconoce desde 1980 como un enfoque adecuado para mejorar el rendimiento del proceso de desarrollo de un nuevo producto. La investigación demostró que un coche japonés totalmente nuevo requería 1,7 millones de horas de trabajo de ingeniería por término medio (repartidas entre 485 trabajadores) y entre el primer diseño y las entregas a los clientes transcurrían 46 meses. Por el contrario, el promedio de los proyectos americanos y europeos de complejidad comparable y con la misma proporción de partes aprovechadas o compartidas necesitaban 3 millones de horas

de ingeniería (repartidas entre 903 trabajadores) y consumían 60 meses (Clark *et al.*, 1987). Las empresas japonesas utilizaron esta ventaja para expandir rápidamente la gama de sus productos, a pesar de que éstos los renuevan cada cuatro años. Entre 1982 y 1990 doblaron casi su cartera de productos, pasando de 47 modelos a 84 (Womack *et al.*, 1990). La calidad del producto también era mayor en el caso de la ingeniería concurrente debido, quizás, a que los problemas se solucionaban a medida que iban surgiendo y a la continua comunicación entre los miembros del equipo.

Una de las características más relevantes que acompaña a la producción ajustada es su vínculo a la subcontratación, aunque con una gran diferencia respecto a los fabricantes occidentales: a) un fabricante típico japonés tiene concentrado en las compras el 70 por ciento del coste industrial, mientras que en los Estados Unidos apenas alcanza el 50 por ciento y b) el número de subcontratistas por fábrica en el Japón es menor que en los Estados Unidos. Por ejemplo, Nissan tiene aproximadamente 170 suministradores -19 por fábrica-, mientras que Ford cuenta con 7.800 suministradores -116 por fábrica- (Ballon, 1989), en este último caso, además, con relaciones débiles y ocasionales.

Tradicionalmente las fábricas occidentales subcontratan piezas simples que ellas mismas ensamblan en componentes más complejos, que previamente han diseñado. Mientras, las empresas japonesas subcontratan componentes complejos. Helper y Levine (1992) señalan que un fabricante japonés, en vez de asumir el diseño de una parte que necesita para un modelo, especifica las dimensiones exteriores y las características de resultado y permite al suministrador especialista el diseño de la parte que más se adecúa a su proceso. Por ejemplo, Nissan contaba con un proveedor de asientos para su modelo Infiniti Q45, mientras que General Motors tenía, en muchos casos, 25 proveedores, que suministraban las 25 piezas necesarias al departamento de fabricación de asientos de sus plantas de ensamblaje (Womack *et al.*, 1990). En realidad, los fabricantes japoneses adoptan una estructura piramidal (o subcontratación en cascada), que consiste en que las empresas mantengan un único proveedor de primera fila para cada componente o familia de componentes, el cual negocia con proveedores de segunda fila, y éstos, a su vez, pueden implicar a empresas auxiliares de tercer o incluso de cuarto nivel en la pirámide de suministros.

Los fabricantes japoneses seleccionan los proveedores más desde la perspectiva de la calidad que del precio, utilizan un proveedor por componente, mantienen con ellos relaciones de largo plazo, comparten información técnica y les asesoran en la organización de la producción y en el control de la calidad de los productos. La gestión del transporte corre a cargo del ensamblador, lo que mejora la eficiencia en las entregas al programar cargas completas (provenientes de dos o más proveedores) en los medios de transporte. Los proveedores japoneses, a su vez, invierten en activos específicos y colaboran con los fabricantes en el desarrollo de nuevos productos. Los fabricantes apenas tienen stocks de piezas. Estas llegan directamente a la fábrica a intervalos de tiempo reducidos desde las plantas de suministro. La estrategia de crear una red externa en vez de producir internamente es característica de la industria automovilística japonesa (Smitka, 1991).

Ohno diseñó un sistema en el que el proceso de montaje atraería las partes hacia sí en la cantidad necesaria y en el momento en que las necesitara. Para unir el sistema, Toyota emplea tarjetas de papel (*kanban*) contenidas en sobres de vinilo rectangulares, que recogen información acerca del proceso de trabajo de cada pieza y dónde debe ser trasladada. El *kanban* sirve para alertar a alguien respecto a algo que necesita hacerse.

En una entrevista, Ohno declaró que todo lo había aprendido del libro de Henry Ford titulado *Today and Tomorrow*. Sin embargo, en otro relato, Ohno emplea el ejemplo de un supermercado estadounidense, que observó personalmente durante una visita que realizó a Estados Unidos en 1956 (Wren y Greenwood, 1998).

El secreto del éxito de la denominada ‘producción japonesa’, más que en los factores culturales y sociales, está localizado en el resultado de una búsqueda incansable para establecer una infraestructura de producción basada en la calidad de un producto superior, en la alta productividad del trabajo, en la mejora evolutiva de la línea de productos y en el constante avance de las prácticas de producción, especialmente en la mejora y adaptación de equipos de proceso (Abernathy y Corcoran, 1983). Así, Eiji Toyoda²⁰, director ejecutivo de fabricación, observó en la Ford Motor Company el sistema de sugerencias de los empleados²¹. Lo instaló en Toyota y alentó a todos los empleados a desterrar el desperdicio y encontrar la forma de mejorar las operaciones (Wren y Greenwood, 1998). Esta iniciativa fue el origen de la participación de los trabajadores a través de los círculos de control de calidad en la mejora continua. Los ingenieros de Toyota experimentaron y diseñaron gradualmente un dispositivo (*jidoka* o ‘automatización con un toque humano’) para que las máquinas se detuvieran por sí solas cuando un proceso estaba concluido u ocurría un fallo. De esta forma, el operario no necesitaba observar cada máquina, sino concentrarse en las excepciones, es decir, en las que se detenían²²; si el dispositivo evita errores humanos se denomina *poka-yoke*. Ohno agregó señales luminosas (*andon*) que emitían destellos intermitentes cuando se presentaban dificultades. También utilizó diversos medios de control visual para que los trabajadores tuvieran en todo momento constancia de cómo se encontraban las operaciones y la calidad de los productos.

Los canales de distribución japoneses abarcan toda la nación y en muchos casos son propiedad del fabricante²³. Cada canal vende una porción de la gama de productos completa de Toyota. El sistema japonés elimina el regateo en el precio. Como la mayor parte de los coches se fabrican en pequeños lotes, no existe esa gran cantidad de vehículos acabados (Womack *et al.*, 1990). El propósito de los canales es establecer un lazo directo entre el sistema de fabricación y el cliente para conseguir su fidelización. La venta de productos ‘puerta a puerta’ es exclusiva de Japón. Durante sus visitas, el vendedor actualiza el perfil del cliente. La información recopilada y el conocimiento de las necesidades de los clientes permiten al vendedor sugerir la especificación más adecuada para un nuevo vehículo. Así, durante el período de desarrollo de los nuevos coches destinados a venderse a través del canal, algunos de sus miembros se incorporan al equipo de desarrollo (Womack *et al.*, 1990).

²⁰ Eiji Toyoda fue el presidente de Toyota de 1967 a 1982. Era primo de Kiichiro Toyoda (Ohno, 1988).

²¹ De acuerdo con Ford (1922): “La dirección de la fábrica, en todos sus componentes, siempre acepta proposiciones; para ello, hemos establecido un sistema voluntario de informaciones, según el cual todo trabajador puede comunicar cualquier idea que conciba e insistir sobre su realización”.

²² La idea surgió tras la invención de Sakichi Toyoda (1867-1930), fundador de la empresa Toyota Motor, de una máquina de tejer automática. El telar se detenía al instante cuando alguno de los hilos de la urdimbre o de la trama se rompía (Ohno, 1982).

²³ La industria está mucho más concentrada; hay solamente 1.621 empresas concesionarias en Japón, en lugar de los alrededor de 16.300 concesionarios principales en los Estados Unidos, un mercado dos veces y media mayor que el japonés. El sistema completo de distribución sólo contiene stocks de unidades terminadas para tres semanas, en comparación con los 66 días de los fabricantes norteamericanos (Womack *et al.*, 1990).

Mientras que los fabricantes europeos y norteamericanos luchaban por poner en práctica la producción ajustada en los noventa, las empresas japonesas descubrieron un error fatal: la producción ajustada no provocaba mayores beneficios (Rubenstein, 2001). A este fallo de la producción ajustada se le conoció como ‘Efecto Lexus’, que consiste en una preocupación excesiva por la mejora continua en vez de en su impacto sobre el coste o el diseño. El término se refiere a la historia de Lexus: cuando Toyota introdujo este modelo como marca de lujo en 1991, logró sus mayores tasas de calidad, pero la búsqueda de Toyota de la mejora continua creó un sistema donde los ingenieros tenían poder para sobreespecificar y sobrecomplicar los estándares de diseño al fijar el objetivo en mejorar calidad y productividad, no la rentabilidad en función de la inversión.

6. El experimento fallido de Volvo

En Europa surgieron algunas iniciativas para humanizar la cadena de montaje. La más conocida es la experiencia de Volvo²⁴. En 1974, el fabricante sueco de automóviles desmontó la cadena de trabajo en su planta productiva de Kalmar (Suecia). La reemplazó por un sistema en que la construcción de los vehículos corría a cargo de equipos de trabajo descentralizados (15 a 20 operarios) que producirían las diversas secciones del automóvil. También implantó este sistema en la factoría de Uddevalla, que alcanzó una gran notoriedad. Esta fábrica de nueva creación empezó a funcionar en 1989 ensamblando los modelos 740 y 940. A finales de 1991, la planta fabricaba 22.000 coches por año. Se estimaba que, si alcanzaba su máxima capacidad productiva, fabricaría 40.000 coches por año y daría empleo a 1.000 trabajadores (Adler y Cole, 1993). Los directivos de Volvo creían firmemente que los equipos y el regreso de la artesanía mejorarían la calidad y fortalecerían la satisfacción del trabajador por su trabajo.

La fábrica de Uddevalla, situada en el Mar del Norte con vista a un fiordo, contaba con una buena iluminación y apenas tenía ruidos. Los coches que estaban en montaje no pasaban mediante una cadena transportadora desde un trabajador a otro, sino que su ensamblaje tenía lugar en una posición estable (Kapstein, 1989). Montado sobre una carretilla especial que gira alrededor del eje longitudinal del automóvil para poder alcanzar la parte inferior, el chasis desnudo llega a la cuadrilla de trabajadores junto con todos los componentes, fiadores, cables y conexiones que se requieren para completar la hechura del automóvil. Algunos de estos artículos, los componentes de la suspensión, por ejemplo, llegan como subconjuntos que solo hay que atornillar. Otros componentes se arman en la estación de trabajo y luego se instalan en el automóvil. Pero una vez que llega a la estación el chasis no sale de ella hasta que ya el auto está listo para el mercado. Los trabajadores se movían alrededor del coche. Esta fábrica estaba menos mecanizada que una línea de montaje convencional y utilizaba más herramientas y máquinas de uso general.

La estructura organizativa era muy plana, sólo tres niveles jerárquicos: representantes de los trabajadores en los equipos, jefes de los talleres de montaje y director de fabricación.

²⁴ Volvo fue creada en 1937, con sede en Gothenburg (Suecia), por el ingeniero Gustaf Larson y el financiero Assar Gabrielsson. En 1992 pasó a ser propiedad de Ford que, en 2010 la vendió a Greely Automobile, de China. La empresa se formó con la idea principal de calidad y seguridad, un concepto que sigue aplicando hoy en día. El primer automóvil con la marca Volvo fue el OV4, que salió a la venta en 1937. Al principio Volvo no fue más que un ensamblador que encargaba piezas a suministradores independientes y se encargaba del montaje de los automóviles. Después de salir a bolsa, con el dinero obtenido compró a la mayoría de sus proveedores.

De esta forma, el flujo de información era multidireccional y rápido. En Uddevalla había 16 gerentes para una fuerza de trabajo de 900 operarios. Cada primera línea de mando tenía un tramo de control de 100 trabajadores, en comparación con los 20 de una cadena de montaje convencional. La fábrica estaba organizada en seis ‘talleres de ensamblaje’. Al comienzo, cada taller fue dividido en cuatro secciones separadas, que producían de forma independiente una cuarta parte del coche. En una sección trabajaban dos equipos, cada uno formado por una media de diez trabajadores. Todos los miembros del equipo están bien versados en un gran número de funciones de ensamblaje (algunos hasta pueden encargarse de armar un auto completo por sí solos) y, cuando alguien falta, el resto del equipo compensa con su trabajo la ausencia del ausente. Posteriormente, un nuevo diseño organizativo hizo que en una sección 20 operarios ensamblaran un coche completo. Finalmente, este logro se consiguió con un equipo de ocho personas, que ensamblaba cuatro coches por turno. Para ello, hubo que equipar la sección con un mecanismo especial que inclinaba el coche noventa grados, lo que facilitaba la labor de los operarios. También resultaba factible que un par de trabajadores pudieran construir un coche trabajando simultáneamente. En el momento del cierre, la fábrica contaba con una veintena de obreros capaces de ensamblar un coche completo. En definitiva, los operarios conocían cómo ensamblar, al menos, una cuarta parte del coche, por lo que su ciclo de trabajo duraba por término medio dos horas. Se pasó de la idea de 500 trabajadores en una línea, con un ciclo de trabajo de dos minutos, a otra de 48 equipos que ensamblaban coches con un ciclo de trabajo de 2 horas. Las tareas de los equipos no estaban estandarizadas, por lo que no existía documentación sobre el tiempo estándar de operación y cómo realizar cada tarea de la forma más eficiente. Sin embargo, se estimulaba a los trabajadores a compartir sus experiencias con los demás y a intercambiar ideas (Adler y Cole, 1993; Berggren, 1994).

Uddevalla contaba con un sistema muy democrático en la toma de decisiones y en la dirección de la planta. Los equipos tenían una amplia autonomía, ya que decidían sobre la rotación de puestos, la planificación de la producción, la elaboración de procedimientos de trabajo, el pedido de suministros, la selección de los trabajadores y la programación del trabajo. En general, ejercían un control total sobre el trabajo de montaje, incluyendo el ritmo de producción. También tomaban parte en las decisiones de política de la empresa. Cada equipo tenía su propio representante que informaba a uno de los seis gerentes de sección, quienes, a su vez, informaban al director de la fábrica. No había supervisores ni capataces de planta. El sindicato cooperó con la empresa en la planificación y diseño de la planta, así como en la formación de los trabajadores. De esta forma, cambiaron el papel de demandantes al de sugeridores de las condiciones de trabajo (Ellegard, 1995). En Uddevalla las competencias básicas de un trabajador igualaban, al menos, las competencias de 60 trabajadores tomadas en conjunto en una cadena de montaje. Debido a la importancia que tenía el dominio del ensamblaje, a los trabajadores se les paga por acumulación de cualificaciones. Volvo formó a los trabajadores durante 16 semanas antes de iniciar su trabajo en la fábrica, como parte de un programa de capacitación y desarrollo que duraba 16 meses (Sandberg, 1995).

En cuanto a las condiciones de trabajo, los trabajadores de Uddevalla utilizaron un sistema de producción más beneficioso para su salud física y psíquica (que disminuyó las bajas por enfermedad en un mayor modo que en otras plantas fordistas o de producción ajustada), derivado de los ciclos largos de trabajo y el control del ritmo de la producción. El diseño de la fábrica mejoró mucho la ergonomía del trabajo. Incluso se diseñaron herramientas para facilitar la labor de las trabajadoras. Más del 80 por ciento del trabajo podía realizarse en una posición confortable. Además, los trabajadores pudieron aplicar de un mejor modo

sus conocimientos al realizar muchas de las actividades que comportan el montaje de vehículos (existiendo un contenido variado de las tareas productivas), así como mantener una relación más directa y de mayor confianza con los ingenieros y la dirección. Al respecto, destaca que en el sistema de fijación de salarios, además de existir criterios de equidad, la formación era una pieza fundamental en el sistema de incentivos (el sistema de incentivos consistía en vincular los incrementos salariales a la adquisición del conocimiento necesario para realizar un mayor número de tareas de montaje), aumentando, de este modo, la eficiencia en producción. Asimismo, cabe destacar el mayor poder de los trabajadores, gracias a la presencia sindical no sólo en la construcción de la fábrica de Uddevalla sino también como codirectores de la planta, que redujo la conflictividad laboral.

El enfoque Uddevalla de suprimir niveles de dirección y eliminar a todos los encargados para dar a los trabajadores más control sobre sus trabajos reducía la tediosidad de la línea de ensamblaje, y motivaba a los trabajadores a ampliar sus habilidades. Haciendo esto, Volvo esperaba también atacar el tradicional problema sueco del absentismo y rotación del personal, que están entre los más altos del mundo desarrollado.

Debe indicarse que Uddevalla necesitó menos inversiones en herramientas y en equipo y menos tiempo para cambiar la producción entre modelos. Además, en Uddevalla la calidad (medida como la inversa del número de quejas de los clientes) fue mayor que en la media existente en las plantas de montaje europeas y norteamericanas y la planta de Volvo en Goteborg (Berggren, 1995). Asimismo, la planta de Uddevalla tuvo períodos de entrega más rápidos y se adaptó a las demandas de los clientes de mejor manera que otras plantas, debido a que los grupos de trabajo conocían, con un mes de antelación, si los vehículos a producir eran encargos de clientes o producción planificada por la empresa y, de este modo, podían disminuir los plazos de entrega al dar prioridad a los primeros. De hecho, Uddevalla funcionó prácticamente con un stock de cero vehículos montados. Asimismo, el hecho de producir vehículos siguiendo las demandas de los clientes permitió a Volvo vender sus vehículos con “extras” (radios, aire acondicionado, etc.), que eran proporcionados por Volvo y no por los distribuidores, aumentando el valor añadido de los coches y proporcionando ingresos adicionales (Berggren, 1995).

El nivel de calidad alcanzado en Uddevalla fue muy alto, superior a la media del sector (Berggren, 1995). Sin embargo, por más que la moral fuera alta y el absentismo cayera a niveles muy bajos, la productividad no alcanzaba el nivel de la factoría de Volvo en Gantes (Bélgica), donde la construcción de un coche en su cadena de montaje se realizaba en la mitad de tiempo. Montar un coche en Uddevalla requería 50 horas de mano de obra en comparación con las 37 horas de Kalmar (con 17 años de antigüedad), las 25 horas de su fábrica de Gantes, las 22 horas de las empresas japonesas en EE.UU y las 17 horas de las empresas japonesas en Japón (Adler y Cole, 1993). Volvo reconoció que la planta de Uddevalla no podría alcanzar niveles de productividad de clase mundial y la cerró en 1993 con sólo cuatro años en operación. La línea fue abolida con grupos de trabajadores ensamblando coches completos. Era buena en calidad. Un año después cerró la fábrica de Kalmar. Ambas plantas tenían una escala demasiado pequeña (Hancké y Rubinstein, 1995).

7. Perspectivas futuras

El siglo XXI es el de una globalización que, paradójicamente, cada cual debe afrontar según sus propios medios. En este sentido, General Motors aprendió en los ochenta que las ingentes inversiones en capital no daban lugar a mejoras en la productividad. Mientras que Daimler-Chrysler y Ford adoptaron estrategias de baja tecnología, como instalar máquinas estilo japonés, más flexibles y ligeras en sus plantas, General Motors invirtió en automatización. Gran parte del gasto de General Motors en nueva tecnología fue un despilfarro. La planta producía sólo 30 vehículos/h. y el mal funcionamiento de la maquinaria dañó parcialmente muchos de los vehículos ensamblados. En vez de introducir, en primer lugar, tecnología avanzada, General Motors debería haber mejorado la gestión de lo que ya disponía, modificando las reglas de juego en el trabajo, los controles al personal, la formación, la dirección participativa y la dirección eficiente de inventarios. La mejora continua de las empresas japonesas no venía de la automatización, sino de eliminar el despilfarro, haciendo el transporte más eficiente y realizando otros cambios incrementales. Cuando surgiera un problema, podría evitarse su repetición instalando un mecánico en la línea actual, no eliminado todo y empezando de nuevo (Rubenstein, 2001).

Por otra parte, se considera que con el paso del tiempo los sistemas productivos podrían adoptar las mejores prácticas de la producción en masa y del sistema Just in Time, al tiempo que se ayudan de las nuevas tecnologías para satisfacer una demanda cada vez más personalizada y respetuosa con el medio ambiente. Tras perseguir sin aliento la producción ajustada durante un cuarto de siglo, los fabricantes norteamericanos y europeos aprendieron que el paradigma no solo era difícil de lograr, sino que resulta transitorio. Los competidores japoneses también aprendieron que, al margen de sus éxitos en la producción ajustada, estos no les mantendrían competitivos en el futuro. Es más, la fabricación post-ajustada (o de ajuste óptimo) supuso una vuelta a los principios de la producción en masa, además de un rechazo de algunos elementos clave de la producción ajustada (Rubenstein, 2001).

En este proceso evolutivo, ha adquirido cierta notoriedad la personalización del producto, sobre todo en los vehículos de alta gama. Los fabricantes permiten a los clientes elegir los diferentes componentes entre una gran variedad de opciones con diferentes características técnicas, de forma que el producto sale de la fábrica totalmente personalizado, es decir, dirigido a satisfacer las necesidades de un determinado cliente. La personalización masiva o *mass customization* se describe como el proceso por el cual las empresas aplican nuevos sistemas tecnológicos y métodos de gestión para ofrecer una producción personalizada de forma eficiente, flexible y con rápida capacidad de respuesta (Kotha, 1995). Es decir, se trata de un modelo de producción con la habilidad para alterar el diseño básico, producir y suministrar rápidamente bienes o servicios que se adaptan a las necesidades específicas de los consumidores a costes competitivos cercanos a los de la fabricación en masa (Tu, Vonderembse y Ragu-Nathan, 2001).

En concreto, en la industria del automóvil se pueden distinguir tres estrategias de personalización –nuclear, opcional y de forma–, que reflejan la progresiva integración del cliente en los procesos de diseño, producción y distribución (Alford, Sackett y Nelder, 2000). La personalización nuclear o pura supone la inclusión del cliente en el proceso de diseño del vehículo. La empresa convierte cada uno de los pedidos que recibe en una única configuración de montaje. Por ejemplo, los clientes de un vehículo todo terreno de Land Rover, en vez de aceptar el vehículo estándar, se ponen en contacto con el constructor para que su equipo de desarrollo a partir del vehículo estándar diseñe uno nuevo que satisfaga mejor sus gustos personales. Esta

personalización nuclear está presente en aplicaciones de bajo volumen, con un coste extra para el cliente sobre el producto estándar. La personalización opcional tiene lugar en vehículos comercializados en alto volumen, al permitir al cliente elegir su vehículo de entre un grupo de opciones, aunque el diseño básico permanece inalterable. El cliente se integra en el proceso productivo cuando los vehículos se ensamblan según sus exigencias. Los clientes seleccionan el modelo de vehículo que define las características estándar y las complementan con las opciones disponibles a un precio algo mayor. La personalización de forma la lleva a cabo el distribuidor, al poder incorporar algunas de las características que exigen los clientes: o bien se añaden nuevas partes al vehículo o bien se cambian algunas partes estándar con objeto de dar al cliente lo que demande. Esta personalización incluye la personalización de los servicios, que permite diferenciar el vehículo de los competidores y adaptar la venta a las necesidades del cliente. Tales servicios incluyen opciones financieras, de garantía, de seguro y de asociación con los servicios de recuperación, entre una amplia gama.

LECTURA 4: LA FÁBRICA DE CRISTAL

En la ‘Fábrica de Cristal’, localizada en Dresde (Alemania), Volkswagen produce el Phaeton, su modelo más lujoso, ante los ojos de los compradores. Paredes transparentes, suelos de maderas nobles, operarios de bata blanca, poderosos robots... Y ni una gota de grasa. Éstas son sus mejores imágenes.

Ubicada en el centro de Dresde, junto a su jardín botánico, la Fábrica de Cristal minimiza el impacto ecológico de la producción automovilística: la estructura está insonorizada, los suministros llegan en tranvías por la red municipal y los 350 árboles plantados en el entorno se iluminan con lámparas de sodio para no alterar la vida animal.

Las carrocerías del Volkswagen Phaeton circulan en cadena sobre un cuidado e impoluto pavimento de maderas nobles. De los 83.000 metros cuadrados de esta fábrica, 24.000 están revestidos de parqué.

La irrupción de la marca alemana en el sector de los vehículos de gama alta no podía ser más transparente: el nuevo VW Phaeton, llamado a competir con los exclusivos Mercedes de la Clase S o los BMW de la Serie 7, se produce en una peculiar Fábrica de Cristal, donde 27.500 metros cuadrados de superficies transparentes permiten al comprador ver cómo fabrican su nuevo coche. Es todo un espectáculo en el que poderosos robots e impolutos operarios de guante blanco combinan la producción en cadena y artesanal para montar, siempre por encargo, las hasta ahora seis versiones del Phaeton, cuyos precios oscilan desde los 121.500 euros del 6,0 de 420 CV hasta los 64.150 euros del 3,2 de 241 CV.

Los 187 millones de euros invertidos en esta fábrica se justifican a simple vista. Construida con los materiales más nobles, su aspecto no es el de una industria, sino el de un vanguardista y pulcro museo. De hecho, a él también acuden visitantes que no compran un Phaeton pero que, a través de imágenes virtuales, pueden ver su proceso de fabricación y contemplar el *Vision Globe*, una esfera de 12 metros de diámetro que suministra información multimedia sobre la marca alemana, nacida en su día para fabricar el coche del pueblo.

La Fábrica de Cristal cumple este mes su primer año de vida, pero aún no ha alcanzado toda su capacidad productiva: 150 vehículos diarios, con 800 empleos directos y 3.000 indirectos. Estos últimos se concentran en el Centro Logístico de Friedrichstadt, en las afueras de Dresde, donde producen y almacenan los componentes premontados del Phaeton, que en 18 minutos llegan por pedido, utilizando la red municipal de tranvías. El suministro por pedido los CarGo Tram de 60 metros que usan la red municipal de tranvías.

Cuatro operarios de guante blanco ajustan los puntos de luz del vehículo. Esta sincronía, inspirada en los boxes de asistencia de las carreras de Fórmula 1, permite mantener un nivel de producción de hasta 150 unidades diarias.

Un sistema mixto concilia la alta capacidad de producción con la calidad de trabajo manual. Un potente robot une la carrocería al chasis y sus componentes mecánicos (motor, transmisión y sistema de escape). Esta fase de ensamblaje recibe el nombre de matrimonio.

Cada unidad recorre la línea acompañada de su contenedor de componentes. Se eliminan así movimientos innecesarios y tener que almacenar las piezas en estanterías próximas. Un túnel de luz permite detectar posibles fallos en el acabado de la pintura.

Volkswagen se ha fijado como objetivo la venta de 20.000 unidades al año, 300 de ellas en España. El Phaeton V6 tiene un precio de 64.150 euros y compite con los altos de gama de Audi, BMW, Jaguar, Mercedes y Volvo.

El hecho de que la personalización masiva trate de fabricar a gran escala productos personalizados sin sacrificios en la eficiencia puede llevar a este sistema productivo a convertirse en el paradigma de fabricación más importante del siglo XXI o, como sostiene Lau (1995), puede establecer las bases para una nueva revolución industrial. En cualquier caso, la personalización masiva despierta hoy en día tanto interés como en su momento lo despertó la estandarización.

No obstante, hay que tener en cuenta que podría suceder que una gran variedad de productos en el mercado llegase a satisfacer a la mayoría de los consumidores y, de este modo, la variedad estaría en condiciones de sustituir a la personalización como vía competitiva. Por ello, los fabricantes apuestan por la introducción en los mercados de nuevos modelos que incluyan prestaciones nuevas o mejoradas en relación al modelo al que sustituyen, tratando de anticipar la demanda de los consumidores. La electrónica, los elementos de seguridad y, más recientemente, los aspectos medioambientales suponen fuentes de diferenciación indispensables para la continuidad en el mercado competitivo. Solo entre los años 2004 y 2008, los cinco principales constructores mundiales esperaban lanzar 250 nuevos modelos o *restyling* de modelos ya existentes (Lunani, 2004). Los pilares básicos que permiten lograr este objetivo comercial son básicamente los siguientes: el diseño modular, la reducción de plataformas y la externalización. Estos pilares permiten combinar la flexibilidad de cambios en los productos fabricados con un equilibrio en los costes de producción derivados de estos continuos cambios.

Un módulo es un conjunto completo de piezas y componentes que realiza una o varias funciones. El diseño modular se consigue especificando los interfaces (o puntos de contacto normalizados) de los módulos. Por ejemplo, al diseñar las estanterías para que funcionen mediante conectores estándar, IKEA asegura que los módulos pueden ser diseñados, combinados y ajustados de manera independiente. De este modo, los módulos individuales pueden combinarse sin necesitar ningún cambio en el diseño de los otros módulos. El diseño modular tiene dos propiedades: a) cada módulo es independiente, por lo que puede ser separado y recombinado con otros módulos y b) las interacciones entre los módulos están bien definidas por las especificaciones de las interfaces del producto del que forman parte. Al desarrollar módulos que pueden ensamblarse de diversas maneras, la empresa puede ofrecer una amplia variedad de productos mientras mantiene en un mínimo el número de módulos que deben producirse. La modularidad es una solución a la complejidad creciente en los procesos de ensamblado (Baldwin y Clark, 1997). Esta estrategia persigue ‘mezclar y acoplar’ los diferentes módulos, cual piezas Lego, bien entre ellos o combinándolos en una plataforma común. En este sentido deben interpretarse las palabras de Iacocca (1984) cuando se refería a los coches nuevos como una mera ilusión, al tratarse de una combinación de partes y módulos de modelos anteriores.

La idea básica del diseño modular consiste en diseñar y producir un *stock* de módulos esenciales que puedan combinarse, entre ellos y con módulos adquiridos a terceros, en muchas y atractivas configuraciones de productos (Starr, 1965). Los módulos son subsistemas (conjunto de piezas y componentes) del producto que se ajustan unos con otros en una sola operación, simplificando notablemente el proceso productivo. Estos

módulos se integran entre sí por medio de diferentes interfaces. Una vez fijados los patrones de interacción, cada módulo se puede fabricar y desarrollar tecnológicamente de manera independiente. De ahí que los módulos pueda fabricarlos la empresa matriz o sus proveedores en localizaciones físicamente separadas del local de la empresa o incluso dentro de él (Sako, 2000). La modularidad implica la reestructuración del vehículo, de forma que un número de componentes y piezas que previamente eran ensamblados de manera independiente ahora se combinan para conformar un único subsistema o módulo. Para ello, los diseñadores se vieron obligados a definir desde el principio las especificaciones comunes, es decir, lo que tendría que hacer cada módulo y bajo qué parámetros debía operar. Estas reglas de juego funcionan a manera de normas técnicas, y constituyen la base compartida por los distintos proveedores independientes que sacan al mercado módulos nuevos, pero destinados a funcionar en combinación con otros ya existentes (Berger, 2005).

El nuevo *software*, desarrollado a partir de los años sesenta, contribuyó sobremanera a impulsar el diseño modular, ya que hizo posible transmitir información codificada mediante instrucciones digitales. De este modo, las empresas podían proporcionar a sus proveedores información exacta acerca de cómo ejecutar las fases de la producción. En el pasado, las empresas fiaban tácitamente a los conocimientos y a la experiencia de los ingenieros la armonización de una fase productiva con la siguiente. Pero tan pronto como los ingenieros aprendieron a escribir códigos digitales que especifican cómo se convierten los diseños en normas de fabricación, el traspaso entre una función y la siguiente hizo innecesario que los diseñadores y los técnicos de producción siguieran reuniéndose en un mismo lugar para discutir los problemas. Hoy día, el ingeniero que diseña un módulo puede escribir especificaciones de *software* que les dicen exactamente lo que tienen que hacer a los técnicos que lo van a fabricar (Berger, 2005).

El diseño modular es la mejor forma de conseguir variedad y rapidez, aliviando la presión que generan los consumidores cuando demandan una elevada gama de productos (incluso productos personalizados), precios bajos, alta calidad y reducidos tiempos de entrega (McCutcheon *et al.*, 1994). En general ofrece importantes ventajas (Feitzinger y Lee, 1997): a) la empresa puede optimizar (minimizar) el número de módulos utilizados en los diferentes productos, lo que le permite lograr economías de escala en la fabricación de los módulos; b) la empresa puede fabricar los módulos separadamente, es decir, puede fabricar diferentes módulos al mismo tiempo, lo que conlleva una reducción del tiempo total requerido para la producción; c) la empresa puede diagnosticar con mayor facilidad problemas de fabricación y aislar los potenciales problemas de calidad; d) muchos módulos (sobre todo los no visibles para los clientes) son comunes a diferentes líneas de productos, lo que favorece las economías de alcance; e) las reparaciones de los productos son más sencillas al sustituir el módulo estropeado por uno nuevo; f) la canibalización de componentes se simplifica; g) los clientes tienen un mejor acceso a los repuestos que se encuentran con mayor rapidez; h) el número de módulos estándar es menor que el de componentes en un sistema integral, por lo que aumenta la fiabilidad del producto, e i) la adición de productos es sencilla, por lo que resulta fácil llegar a diferentes segmentos del mercado. La modularidad hace posible el florecimiento de la innovación, al permitir nuevas combinaciones de ‘piezas Lego’ que a lo mejor se inventaron para otras finalidades diferentes (Berger, 2005). Entre las desventajas se encuentran: i) cada módulo requiere más piezas de las necesarias, sobre todo si se quiere hacer compatible en diferentes combinaciones de productos, y ii) la interconexión de los módulos puede resultar difícil.

Una plataforma de producto es una estructura central (subsistema), configurada por uno o varios módulos, común a una variedad de productos. Así pues, de la estructura tecnológica central común surgen varios productos derivados que se pueden producir y desarrollar eficientemente (Meyer y Lehnerd, 1997). La plataforma de producto se apoya en el concepto de modularidad. A una plataforma central se le añaden diferentes módulos para configurar distintas líneas de productos que satisfacen las necesidades de diferentes segmentos del mercado. En el caso de un vehículo, la plataforma incluye los componentes que conforman el soporte básico de un vehículo, incluido el chasis, el motor, la transmisión y otros elementos no visibles. Sirva como ejemplo el grupo francés PSA Peugeot Citröen, que decidió fabricar todos sus modelos de coches en tres plataformas. Esto significa que los vehículos de la misma categoría comparten el chasis, el motor y todos los elementos que no ven los consumidores; en total, el sesenta por ciento de sus componentes. El cuarenta por ciento restante, todos los componentes visibles desde el exterior, son distintos y permiten que cada marca mantenga su personalidad. La política de plataforma compartida ha permitido al grupo industrial ser más eficiente, reducir los costes y, al mismo tiempo, aumentar la oferta de productos. De esta forma, la plataforma compatibiliza la diversidad de gama de productos con el sustento de su rentabilidad (disminución de inversiones, plazos y costes de producción) (Patchong, Lemoine y Kern, 2003). A su vez, la reducción de plataformas reduce la variedad sin perjudicar la personalización del producto, ya que únicamente en los componentes añadidos a la plataforma el consumidor demanda un perfil propio. Esto no solo facilita la producción y reduce los defectos, sino que además favorece la externalización del proceso de ensamblaje. El reloj *Swatch* utiliza la misma maquinaria dentro de una amplia variedad de carcasas de diseño exclusivo, produciendo muchos relojes diferentes para distintos segmentos. La plataforma de *Swatch* es una pequeña serie de subsistemas para medir el tiempo relativamente simple, barata de fabricar y capaz de soportar una cantidad enorme de variaciones externas.

En este sentido, Clark (1985) afirma que el diseño del producto es una actividad jerárquica con un concepto básico de plataforma estandarizada alrededor de la cual todos los módulos se conciben y diseñan. Por un lado, esto supone que muchos productos tienen una plataforma general estandarizada, la cual especifica cómo tienen que combinarse entre ellos los distintos módulos, y cómo diseñar las interconexiones que permitan la incorporación de los nuevos módulos. Por otro lado, los módulos pueden diseñarse de forma independiente una vez que se tiene claro cómo deben encajar en las interconexiones.

La modularidad se funde en el enfoque de plataforma, pero, conceptualmente implica definir puntos de contacto normalizados entre todos los elementos de elección en vez de hacerlo entre una plataforma y los elementos que se encuentran encima de ella, de modo que sea posible combinar los elementos a elegir. Este ha sido, por ejemplo, el enfoque seguido en el diseño de la mayoría de los sistemas de ordenadores desde que el IBM System 360 fuera presentado a principios de los años 60, de modo que fuera posible que distintos grupos especializados trabajaran en las distintas partes del ordenador de forma independiente (Ghemawat, 2007).

Los cambios tecnológicos a los que están sometidos los fabricantes para incorporar nuevas características a sus vehículos (manteniendo los precios), supone un alto coste en desarrollo y un gran dominio de diferentes tecnologías que en la práctica no pueden

ser asumidos por las empresas que fabrican los vehículos (Wells y Rawlinson, 1994). Por ello, la producción post-ajustada acepta la subcontratación como una manera de mejorar la competitividad, si bien delimita la amplitud de la misma, al especificar el tipo de actividades que pueden ser objeto de subcontratación. La empresa debe desarrollar internamente aquellas capacidades que le proporcionan una ventaja competitiva sostenible. Si bien, en ocasiones, existen algunas actividades no críticas que se recomienda asumir para conseguir un bloqueo frente a los competidores (Quinn y Hilmer, 1994). De este forma, como norma general la empresa debe evitar subcontratar la fabricación de componentes estratégicos, algunas de cuyas características más significativas son las siguientes (Venkatesan, 1992): a) los clientes los perciben como atributos más destacados del producto; b) exigen capacidades de producción y un diseño muy especializado, así como elementos físicos igualmente especializados, que no puede proporcionarse prácticamente ningún suministrador externo independiente y c) exigen tecnología que está todavía en proceso de desarrollo y en la que parece muy probable que se pueda adquirir un claro liderazgo tecnológico.

Recientes estimaciones cifran el coste de los módulos y componentes adquiridos en el 75% de coste total de producción de un vehículo (Frigant y Layan, 2009). Este comportamiento se debe a la complejidad creciente de los automóviles contemporáneos, que cuenta de media con unas 30.000 partes, que van de componentes simples a otros más complejos contruidos para sistemas completos (o módulos), que, además, incluyen muchas tecnologías distintas (Takeishi, 2001). De hecho, el fabricante del automóvil cada vez asume en mayor medida el papel de integrador de sistemas y de ensamblador final de partes y tecnologías (la vasta mayoría de las cuales ni desarrolla ni produce) en el producto final (Hobday, Davies y Prencipe, 2005). De esta forma, la fabricación de un vehículo se convierte en el resultado final de un conjunto de actividades coordinadas (diseño y fabricación) que realizan diferentes empresas. De manera resumida, la literatura utiliza ampliamente la siguiente clasificación para identificar a cada una de las empresas que intervienen en las actividades de fabricación y montaje de un vehículo: ensambladores, proveedores de primer nivel y proveedores de segundo nivel y sucesivos. Los ensambladores son los clientes finales de esta cadena, los proveedores de primer nivel son las empresas que sirven directamente su producto a los ensambladores, y los proveedores de segundo nivel suministrarían sus productos a estos proveedores de primer nivel.

Esta desintegración de los procesos productivos se ve favorecida cuando el módulo lo utilizan diferentes competidores en sus productos, lo que potencia las economías de escala del proveedor. En este caso, un ensamblador que fabrique el módulo para consumo propio siempre estará en desventaja en relación con los competidores que adquieren el módulo a un proveedor independiente. Fujimoto (1995) sugiere que este proceso de transferencia del desarrollo de nuevos módulos hacia los proveedores ha generado ciertas ventajas agregadas para el sector; entre ellas destaca la especialización del proveedor en la tecnología del módulo que fabrica, que le permite tener un alto conocimiento de las mejoras a implementar. Además, el proveedor no solo tiene en cuenta el propio módulo, sino que al conocer el proceso de producción que lo soporta, puede hacer un diseño del proceso enfocado al módulo, lo que ayuda a reducir costes y tiempo en la industrialización del mismo. Por otra parte, el coste de desarrollo del módulo es menor para el ensamblador. La posibilidad que un proveedor tiene de desarrollar módulos para diferentes fabricantes le permite repercutir su coste de desarrollo entre un mayor número de unidades producidas y disminuir así el coste unitario. Además, el empleo de

máquinas multifuncionales y el uso de las nuevas tecnologías permiten al proveedor utilizar prácticamente el mismo sistema productivo para procesar los distintos ficheros que transmiten los ensambladores, y que contienen las especificaciones de los módulos.

Esta mayor flexibilidad de los procesos fabriles ha reducido la “especificidad” de las inversiones (el que sólo valgan para una marca), atenuando la dependencia entre proveedores y ensambladores y facilitando la subcontratación. La versatilidad de la maquinaria permite al proveedor cambiar de producto y ensamblador a un coste reducido y al ensamblador cambiar de proveedores. Con ello, disminuye el riesgo de conductas oportunistas por cualquiera de las dos partes, pues el proveedor podría producir fácilmente para otra marca y la marca encontrar otro proveedor. La clientela amplia y diversa también permite soportar la fuerte inversión de capital que se necesita para construir una fábrica nueva. Para poner en marcha una fábrica de semiconductores, por ejemplo, se necesitaban unos 1.000 millones de dólares en 1980, unos 2.000 millones en 2000, y alrededor de 3.000 millones en 2005. El aumento de los costes y la volatilidad de la demanda determinaron que en muchos sectores –desde los de innovación rápida como el electrónico, hasta los de innovación lenta como el de confección– las empresas estuviesen todavía más dispuestas a explorar soluciones de subcontratación, con el fin de transferir a terceros la carga de las inversiones de capital y los riesgos de sobreproducción (Berger, 2005). A menudo, las operaciones de este género reciben la contribución de varios clientes importantes, por lo general a cambio de comprometer la reserva de una parte de su capacidad. Ahora bien, los proveedores deben ofrecer a los clientes la garantía de que están en condiciones de proteger la propiedad industrial de estos, impidiendo el derrame de tecnología y su filtración de unos clientes hacia otros. Por otra parte, al fabricar para varios clientes permite al proveedor lograr importantes economías de escala en sus compras, lo que está lejos del alcance de quien fabrica los módulos de su propia marca.

La estructura industrial resultante, caracterizada por la externalización de módulos y la correspondiente división del trabajo, es socialmente superior a una basada en una empresa totalmente integrada. Debido al gran número de empresas que pueden entrar e innovar en distintos módulos, la economía en su conjunto puede experimentar un número más elevado de ‘ensayos’ y, como consecuencia, lograr más aprendizaje respecto a la situación donde una sola empresa integrada lleva a cabo toda la actividad de la innovación (Levinthal y March, 1993). En esta situación, por tanto, un sistema modular puede progresar tecnológicamente a mayor velocidad, especialmente durante períodos de incertidumbre. Finalmente, reduce las bases de entrada, ya que cualquier ensamblador puede adquirir los módulos en el mercado. Ello hace más fácil que los retadores del líder puedan mejorar su posición. Por ejemplo, la búsqueda de la modularidad en el diseño en la década de 1960, trajo como consecuencia que entre 1970 y 1996, el sector, que había sido un virtual monopolio de IBM, se convirtiera en un gran aglomerado modular, el cual comprende hoy en día sobre un millar de compañías que cotizan en bolsa, y otras muchas aspirantes más (Berger, 2005).

Así pues, cuando en un sistema modular, los productores especializados (y, a veces, también los usuarios) concentran su atención en módulos concretos, la división del trabajo se pone al servicio de la innovación. Se podría esperar que la innovación evolucionara de la forma sugerida por Rosenberg (1976), es decir, con cuellos de botella en los módulos –sobre todo, los módulos que incrementan la satisfacción del cliente–, actuando como los puntos centrales del cambio (Langlois y Robertson, 1995).

Los ensambladores exigen proximidad a los proveedores para sincronizar la producción del coche. Como criterio general, podemos considerar que la proximidad exigida por la frecuencia de entrega o por sistemas *kanban*, son más propios de los aprovisionamientos entre ensamblador y proveedor de primer nivel, que la que se necesita entre proveedores de niveles inferiores (González y Spring, 2000). Un claro ejemplo de esta proximidad entre ensamblador y proveedor y de la adaptación de los ritmos de producción de estos últimos a las demandas de las empresas ensambladoras es la creación de los parques de proveedores (Larsson, 2002). Parques, que en este contexto de aprovisionamiento, se han convertido en áreas en la que los proveedores se encuentran ligados e integrados en la secuencia misma del proceso de fabricación del vehículo (Volpato, 2004).

Al tiempo que el número de fabricantes del automóvil ha disminuido significativamente (de 30 en 1980 a 12 en 2004), la fuerte consolidación del sector también ha disminuido el número de suministradores, lo que ha generado la emergencia de megasuministradores, como Magna, Steyr, que ahora cuentan con importante saber-hacer en ingeniería del automóvil en la media que son capaces de diseñar, desarrollar y producir automóviles completos sobre sus capacidades propias (Rubenstein, 2001). Un reducido número de suministradores han alcanzado un gran tamaño (mega-proveedores) para cumplir los requisitos de los ensambladores a los que suministran. La concentración del sector en estas pocas empresas líderes en la producción, el crecimiento y el tamaño de estas, superior incluso al de los ensambladores, ya fue evidenciado por Sadler (1998). Es precisamente Sadler (1999) el que enumera y describe las 40 primeras empresas en el ranking de facturación y número de empleados en el año 1994, anticipando una reducción de las mismas a 15 o 20 para el año 2010. Pasada una década, esta lista de 40 empresas con una facturación superior a los 2000 millones de dólares, ha cambiado. Por una parte, algunas de estas empresas han sido adquiridas por otras de la lista. En segundo lugar, las supervivientes han aumentado tanto la facturación como su número de empleados. Esto supone que un menor número de empresas concentran un mayor porcentaje de las ventas totales del sector. Frigant (2009) ha verificado este hecho, al constatar en el año 2005 que la facturación acumulada por las 30 empresas líderes en la fabricación de componentes supone más del 73% del total del sector y el volumen medio de facturación de estas empresas ha alcanzado los 11.055 millones de dólares frente a los 6.390 millones de dólares en el año 1998.

Por ello, los actuales fabricantes de automóviles han empezado a reintegrar competencias específicas para permanecer al día de la corriente de la competencia (Wasti y Liker, 1997). Es más, también necesitan considerar alternativas de colaboración para dejar de perder saber-hacer tecnológico y su cuota de valor creado en el proceso de desarrollo (Gassmann et al., 2010).

La habilidad para negociar acuerdos que se ajusten a las necesidades de la empresa y que provean las mejores prácticas a través de suministradores especializados puede considerarse una capacidad importante a la hora de lograr flexibilidad. Más dudas, al menos desde una perspectiva teórica, se derivan del recurso a la cooperación en un ámbito horizontal, debido a su alto riesgo de inestabilidad (Inkpen, 1998; Schill, Bertodo y McArthur, 1994), así como de transferencia de conocimiento al socio o de dar lugar a una relación dependiente cuando el socio más débil no aprende lo que se esperaba y este hecho evita la reacción a tiempo al creciente ritmo de nuevos productos e innovaciones de proceso que su socio y sus competidores desarrollan: es el ‘desarrollo

divergente²⁵ (Nakamura, Shaver y Yeung, 1996). No obstante, existen razones de carácter estratégico, pues la cooperación puede usarse como una treta ofensiva para reducir la competencia (Harrigan, 1985), y, por otra parte, permite a las empresas introducirse en nuevos mercados extranjeros o a desarrollar estrategias globales o multidomésticas. De hecho, en los años ochenta se hizo muy habitual el recurso a una determinada forma de cooperación horizontal: el desarrollo de *joint-ventures* internacionales, algunas de las cuales han sido estudiadas profusamente por la literatura como, por ejemplo, la fábrica NUMMI.

A finales de 1983 GM anunció planes para invertir cerca de 100 millones de dólares en una *joint venture* con Toyota para crear la fábrica NUMMI (*New United Motor Manufacturing, Inc.*), con objeto de fabricar una versión popular del modelo Corolla de Toyota para ser vendido como el Chevrolet Nova. Se trata de un coche pequeño, bien hecho, maniobrable y de bajo consumo. Los planes implicaban que la producción se iniciaría a finales de 1984 en una planta de GM que no estaba siendo utilizada, en Fremont (California), para fabricar 250.000 automóviles por año, durante los doce años que establecía el acuerdo. Todos los directivos de NUMMI procedían de Toyota, por lo que organizaron la fábrica tomando como referencia el sistema Just in Time. NUMMI ayudó a ambas empresas a crear nuevas capacidades. Contribuyó a que Toyota aprendiera a tratar con trabajadores, proveedores y empresas de transporte estadounidenses y a relacionarse con el sindicato norteamericano del automóvil (*United Auto Workers, UAW*) y con los organismos gubernamentales. GM tuvo la oportunidad de conocer de primera mano el Sistema de Producción Toyota, así como su talante colaborador en sus relaciones con trabajadores y proveedores y su eficaz dirección de fábricas (Badaracco, 1991). En NUMMI, la UAW aceptó adoptar muchas de las prácticas laborales japonesas. Así, sólo existen tres grados para trabajadores cualificados y uno sólo para los no cualificados, en comparación con las 81 clasificaciones que existían cuando era una planta exclusivamente de GM. Los trabajadores se agrupaban en equipos autodirigidos o ‘unidades de trabajo’ de 6 a 15 personas, coordinados por un líder elegido por la dirección en colaboración con el UAW y no por un supervisor de la empresa. Los trabajadores cambiaban de un equipo a otro para evitar la monotonía. Estos equipos llevarían a cabo las tareas de fabricación y montaje. También decidían sobre nuevos trabajadores, planes de formación, presupuestos, seguridad, control de calidad, organización del área de trabajo y adquisición de material. Los miembros del equipo no votaban. El principio fundamental era el consenso. Si el equipo no se sentía lo bastante cómodo con una decisión como para brindarle su apoyo, ésta no se tomaba. Los equipos se controlaban a sí mismos (Badaracco, 1991). Como parte del concepto de equipo, los trabajadores almuerzan en la misma cafetería y aparcan en el mismo aparcamiento y se aconseja llevar la misma chaqueta gris en el trabajo.

La industria del automóvil se ha visto revolucionada con la incorporación de las demandas medioambientales al diseño de sus productos y procesos. Reducir las emisiones de dióxido de carbono de los automóviles con motores de combustión, incluyendo nuevos tipos de combustibles (biofuel), motores de bajo consumo y mejora de los comportamientos de conducción. También hay desarrollos tecnológicos más radicales, como vehículos eléctricos o vehículos eléctricos híbridos.

²⁵ Por ejemplo, si los socios declinan el solapamiento tecnológico, la cooperación se muestra como un vehículo de valoración en vez de adquirir capacidades.

La Unión Europea es quizás la región más exigente con esta cuestión. Así, por ejemplo, lo hace la Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de setiembre de 2002, relativa a los vehículos al final de su vida útil. Ello ha obligado a los fabricantes de automóviles a modificar las tecnologías de proceso con el fin de minimizar el impacto medioambiental de sus productos, influencia ya puesta de manifiesto por Azzone y Noci (1998b), modificando el juego competitivo en el conjunto de la cadena de valor, no sólo entre los fabricantes (Brío, Junquera y Fernández, 2006). Por ejemplo, Peugeot, con el fin de responder a este reto, se ha comprometido en el control los gases de efecto de invernadero (140 gramos de CO₂ en 2008), así como por las innovaciones previstas para el futuro como consecuencia de sus esfuerzos actuales en investigación. No obstante, el poder de mercado de los fabricantes ha obligado a los suministradores de componentes a llevar a cabo los principales ajustes, mediante distribución de documentos escritos, formalización de los procesos para identificar los requisitos legales, realización de auditorías medioambientales internas muy exigentes, diseño de objetivos medioambientalmente mensurables, programas para lograr objetivos medioambientales, revisión periódica de objetivos para lograr la mejora continua, publicación de informes medioambientales, así como asignación y formación de recursos humanos a los temas medioambientales (Junquera, Brío y Fernández, 2010). Ello ha llevado, a su vez, a las empresas suministradoras a endurecer sus requisitos (ISO 14001, formalización de las compras y códigos de buena conducta) respecto a sus propios proveedores, e, incluso de planteamientos medioambientales más desarrollados, establecer relaciones a largo plazo con sus suministradores. Ya Azzone y Noci (1998a, 1998b) habían manifestado la importancia de la relación con los suministradores para el desarrollo medioambiental de la empresa. Cramer y Schot (1993) se habían referido específicamente a los requisitos de compra ecológica.

Otro gran reto de la industria automovilística ha sido y sigue siendo el coche eléctrico, que ha sido calificado por Fréry (2000) como la tecnología eternamente emergente. En la actualidad, ha adquirido cierta notoriedad el coche híbrido quizás, como paso previo, al coche eléctrico.

Hay grandes diferencias en las estrategias de innovación relacionadas con los híbridos del líder japonés Toyota y los principales fabricantes europeos (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009).

El Toyota Prius es una innovación que implica nuevas conjunciones entre componentes, algunos de ellos verdaderas innovaciones radicales (Magnusson, Lindström y Berggren, 2003). Estas innovaciones están avaladas por las muchas patentes que posee Toyota en estos subcampos y la importancia de las nuevas competencias en electrónica, en energía, ingeniería eléctrica, etc. Es decir, Toyota internalizó el desarrollo de los componentes clave. Por ejemplo, el sistema de generación de energía, con objeto de reducir costes y hacer que el nuevo sistema funcione sin complicaciones. Se trata, en suma, de disponer de competencias internas clave (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009; 167). La insistencia en un conocimiento detallado de los componentes como base para un desarrollo con éxito del híbrido entra en conjunción con la estrategia de suministro Toyota, que construye fuertes capacidades internas en I+D en nuevos campos, como la electrónica para generar energía, donde se está convirtiendo en líder industrial, y en la producción de componentes críticos, como los motores eléctricos, donde Toyota se ha convertido en poco tiempo en un importante fabricante en masa. Para otro grupo de componentes críticos, baterías y sistemas de baterías, Toyota adquirió un interés de

control en su *joint-venture* con Panasonic. Con todo, Toyota está construyendo competencia de integración técnica y capacidades industriales de fabricación en masa y reducción de costes. Toyota insiste en la importancia de las capacidades de la integración basadas en el conocimiento cercano de cuestiones radicalmente diferentes de las máquinas eléctricas y los motores de combustión (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009). La razón por la que desarrolló internamente todas las tecnologías para sus vehículos eléctricos híbridos es que la consideraban la mejor estrategia de aprendizaje (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009).

Aunque con similitudes, Honda ha adoptado una posición intermedia entre la estrategia de integración de Toyota y el modelo europeo de especialización, que analizaremos posteriormente. Por un lado, Honda está construyendo una amplia experiencia en el mercado y en capacidades de fabricación en masa para híbridos. De otro lado, no han invertido tantos recursos en componentes internos como Toyota (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009).

Los fabricantes europeos en masa (Volkswagen y PSA, por ejemplo) tienden a apoyarse en las capacidades de los fabricantes de componentes, como Bosch, ZF, Valeo y Siemens VDO para desarrollar las soluciones integradas necesarias para construir híbridos totalmente desarrollados. Esta dependencia de especialistas en componentes independientes se justifica con simples economías. Por tanto, los especialistas en componentes (Bosch, Valeo y Continental) también desempeñan un papel importante en la configuración del futuro tecnológico, sobre todo para la industria europea del automóvil (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009).

Al mismo tiempo, los fabricantes europeos renuncian a la construcción de capacidades para la optimización interna de los productos y para la prueba industrial y comercial a gran escala. Si los módulos de generación de energía híbridos continúan siendo innovaciones modulares y arquitecturales, esto podría constituir un riesgo relevante (Berggren, Magnusson y Sushandoyo, 2009).

Volvo puso en marcha el denominado proyecto Desirée para el desarrollo de vehículos híbridos. Echó a andar en 1997, estaba formado por un equipo multidisciplinar de 20 personas ubicadas en una unidad organizativa independiente. Tras dieciocho meses se introdujeron dos vehículos de demostración, que usaban el 40% menos de fuel que otros automóviles de la gama gracias a la introducción de un sistema de propulsión híbrido. No se hicieron otros cambios, como, por ejemplo, la reducción del peso. La nueva tecnología la desarrollaría su posterior propietario, Ford Motor Company, y se incorporó a la versión híbrida de Ford Escape, introducido en el mercado en 2004 (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009). Posteriormente, Volvo ha creado un nuevo centro híbrido sobre el conocimiento del proyecto Desirée, participando en iniciativas con socios y competidores (proyecto de vehículos eléctricos híbridos conjuntos con Saab y la empresa sueca de energía Vattenfall), si bien no existen automóviles Volvo híbridos en el mercado (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009). En Desirée la cooperación con socios tecnológicos fue esencial para el éxito del proyecto. Aisin, suministrador de la transmisión, fue el socio principal pero las relaciones con Varta para las baterías y Bosch para el módulo de control del motor también fueron críticas (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009). El despliegue de ‘asociaciones exploratorias’, término acuñado por Segrestin (2005) para describir un fenómeno en que los intereses de los socios y un propósito común, se descubren mediante la acción en vez de definirse inicialmente. En

el proyecto Desirée el acuerdo inicial fue muy abierto y su objetivo la prueba conjunta de la tecnología. Las asociaciones ayudaron a expandir la base del conocimiento y las capacidades innovadoras de la empresa (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009).

El sistema de fabricación del grupo BYD todavía se encuentra en evolución. Ha realizado, al menos, dos cambios organizativos significativos para la fabricación de automóviles eléctricos (Wang y Kimble, 2010): a) ser consciente de pasar de un proceso productivo intensivo en capital a otro en trabajo; y b) seguir una política de fuerte integración vertical.

BYD modificó el proceso de producción occidental clásico de modo parcial. Para evitar una excesiva dependencia de los suministradores, las máquinas especializadas se reemplazaron por máquinas estandarizadas, automatizadas y semiautomatizadas y, donde fue posible, máquinas importadas por otras construidas internamente. No obstante, BYD ha ido más allá reemplazando líneas automatizadas con trabajo y ha introducido innovaciones al proceso productivo para adaptarlo al uso de una fuerza laboral especializada tradicional en China (Lu y Leung, 2006). Por ejemplo, el complejo de producción de automóviles de Pingshan en Shenzhen emplea a 50.000 personas para producir 200.000 automóviles al año, una tasa mucho mayor que en cualquier otra parte del mundo (Wang y Kimble, 2010).

BYD ha expandido los límites de la empresa, asumiendo lo que normalmente harían los subcontratistas. Las diferentes unidades de negocio de BYD fabrican al menos el 70% de los componentes de sus propios vehículos. En la planta de Pingshan en Shenzhen algunos de los componentes tradicionalmente subcontratados a otros fabricantes de automóviles se producen internamente e incluso se destina una estación de energía a asegurar el suministro estable de electricidad. BYD cree que este modelo contribuye al ahorro de costes, ayuda al control de calidad y reduce el tiempo de llegada al mercado. Además, para sus automóviles tradicionales, BYD ha modificado la arquitectura del producto, de modo que pequeñas cantidades de componentes especiales se han hecho demasiado caros para seguir comprándolos a los suministradores. En estas circunstancias, BYD se vio obligada a internalizar la producción para satisfacer la demanda. Así, el alto nivel de integración vertical de BYD ayuda a asegurar que una corriente constante y flexible de productos de calidad esté disponible a bajo coste, lo que, además, la ayuda a mantener su ventaja competitiva (Wang y Kimble, 2010).

Los planes de BYD a largo plazo implican emplear a 300.000-400.000 empleados y 30.000 ingenieros. Para ser capaces de atraer y retener a empleados de alta calidad, BYD una vez más necesitaba poner en marcha ciertas políticas innovadoras de dirección de recursos humanos. Esto incluyó la creación de un ambicioso sistema de educación y formación en todos los niveles de la organización y de bienestar social para sus empleados (Wang y Kimble, 2010).