



Javier Pajares Gutiérrez, Ingeniero Industrial. Prof. Ayudante  
 Juan José de Benito Martín, Dr. Ingeniero Industrial. Prof. Titular  
 Departamento de Organización y Gestión de Empresas.  
 E.T.S. de Ingenieros Industriales de Valladolid.



**Resumen**

*A pesar de que los sistemas de fabricación flexible (SFF) permiten lidiar con la creciente complejidad y exigencia de la demanda, su adopción por parte de las pequeñas y medianas empresas no ha sido todo lo rápida que cabría esperar. Entre otras razones, podemos resaltar las dificultades que existen en los métodos tradicionales de evaluación de inversiones para lidiar con algunos intangibles, entre ellos, la flexibilidad. La analogía de una inversión en sistemas de fabricación flexible con una opción financiera se erige como una alternativa de valoración, al constatar el hecho de que una mayor incertidumbre en el entorno conlleva un mayor valor de estos sistemas.*

**Abstract**

*Flexible Manufacturing Systems (FMS) give companies the possibility to survive in complex economic environments where uncertainty is an essential feature. However, its diffusion among small and medium-sized companies has not been as fast as expected. One of the reasons for this delay is the lack of success displayed by traditional discounted cash flow methods (DCF) to deal with the value of flexibility. We suggest that real options theory can become an interesting alternative to DCF methods, as they can help managers to realize that the value of a FMS is higher when the uncertainty of the environment increases.*

**INTRODUCCIÓN**

La globalización de los mercados y el incremento de la incertidumbre derivada de la velocidad con la que se suceden los avances tecnológicos, junto con la personalización de una demanda cada día más exigente, ha provocado que la idoneidad de los sistemas de fabricación tradicionales haya quedado en entredicho.

Este retraso en la implantación de los sistemas tiene sus raíces tanto en la dificultad de evaluación de sus prestaciones técnicas como en las herramientas de valoración financiera utilizadas. Por una parte, las herramientas de análisis y evaluación técnica de los SFF suelen ser aplicaciones demasiado específicas y, por lo general, se encuentran en manos de los fabricantes de los equipos. Por

siones tecnológicas vienen tomándose sin considerar criterios como el de la tasa de retorno o el valor actual neto.

Aun así, pensamos que las finanzas deber seguir jugando un papel importante en la toma de decisiones de inversión y, en particular, que las aportaciones de la teoría de valoración de opciones financieras puede contribuir significativamente a arreglar el citado divorcio, asimilando

# EVALUACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE FABRICACIÓN: UN ENFOQUE DE OPCIONES REALES

Ante este panorama, los nuevos sistemas de fabricación flexible se erigen como un nuevo paradigma de fabricación gracias a su facilidad para modificar rápidamente las características de la producción, tanto en capacidad como en variedad de productos. Sin embargo, causa sorpresa que su aceptación por parte de pequeñas y medianas empresas no haya crecido al ritmo que marcan sus deseables propiedades técnicas y estratégicas.

otra, desgraciadamente, los métodos financieros tradicionales de evaluación de inversiones no han logrado ser lo suficientemente operativos para recoger todos los beneficios intangibles y las consideraciones estratégicas que proporcionan los sistemas de fabricación avanzados. Como consecuencia, se ha venido produciendo un progresivo divorcio entre las finanzas y la estrategia, hasta el punto de que un creciente número de deci-

conceptualmente un proyecto de inversión en equipos de fabricación flexible a una opción, cuyo subyacente es un activo físico real, en lugar de uno financiero. Estas opciones son denominadas opciones reales.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: tras analizar la motivación, características y ventajas de los SSE, comentaremos la problemática de los métodos financieros basados en el descuento de los flujos de caja

para lidiar con equipos flexibles. Posteriormente expondremos cómo un proyecto de inversión puede ser asimilado a una opción, destacando alguna de las implicaciones conceptuales de esta postura. Por último, se comentará cómo la teoría de valoración de opciones reales ha trascendido el ámbito de los problemas de inversión, para sugerir unas implicaciones importantes en otras áreas objeto del estudio económico, finalizando con las conclusiones más relevantes.

## 1.-CARACTERÍSTICAS

Los tradicionales sistemas de fabricación en serie (legítimos herederos de las más puras enseñanzas taylorianas) se han convertido en el sistema productivo occidental por excelencia durante buena parte del presente siglo. Sin embargo, la mayoría de las condiciones que hicieron posible su implantación y desarrollo han dejado de cumplirse. Los mercados se han visto sometidos a fuertes cambios y sus efectos se han transmitido hasta los sistemas de fabricación. Entre las causas principales que han motivado este hecho podemos destacar las siguientes:

- La internacionalización de los mercados, que ha suscitado el aumento de la competencia y ha hecho que el dominio del mercado pase de la oferta a la demanda, naciendo lo que se conoce como "Dictadura de los consumidores".
- Los rápidos avances tecnológicos, que favorecen la inestabilidad de los mercados y hacen que los cambios se sucedan a un ritmo vertiginoso, cada vez más impredecibles.
- El cliente dispone hoy de mucha información, lo que le hace ser muy exigente y que responda menos a criterios genéricos requiriendo una demanda cuasi personalizada.

En suma, se ha pasado de una situación controlada por la oferta y en la que el precio era la única variable de decisión en las relaciones comerciales, a otra dominada por la de-

manda donde van a existir, además del precio, otros atributos como calidad, gama, novedad, plazo de entrega, servicio, etc., que añaden valor al producto y son determinantes para la elección del cliente: Ingeniería del valor (VE).

La valoración del cliente es el punto de referencia por el que se determinan el tamaño, las características y la composición del mercado; y el fabricante tiene que adaptarse a ellos si quiere sobrevivir hasta el punto de que ya se habla de Sistemas de Fabricación a la Carta o TCS (Denton, 1993). Esta personalización de la demanda obliga a las empresas a fabricar productos de elevada calidad, en cantidades variables, que se adapten a una demanda extremadamente cambiante y de forma rápida, sin que ello repercuta necesariamente en el precio del producto.

En estas circunstancias existirán sectores donde no se den las condiciones en la demanda como para que se justifique la implantación de un sistema de fabricación en serie. Esta situación ya era advertida por McDonald (1986) anunciando que la época de los dinosaurios había pasado de moda, opinión compartida por otros autores, como Drucker (1990), que expresaban la necesidad de construir fábricas pequeñas y dinámicas dotadas de gran movilidad.

Por ello, los SF tradicionales, líneas transfer y sistemas con maquinaria convencional, difícilmente podrán responder satisfactoriamente a los retos que se están planteando, pues hoy en día la flexibilidad y la eficiencia pasar a ser exigencias que difícilmente se pueden alcanzar sin contar con unos modernos SSF, que permitan conjugar economías de alcance con variedad.

Un SFF es un conjunto de máquinas - herramienta con controles numéricos u otros dispositivos automáticos de fabricación que, estando interconectados mediante un sistema automático para el manejo de materiales y gobernados mediante un sis-

tema de planificación y control, permiten la fabricación de diversas piezas pertenecientes a una familia (más o menos amplia), sin la necesidad de interrumpir el proceso de fabricación para el reequipamiento del conjunto.

Los SFF y la automatización flexible disminuyen la dimensión del lote económico de producción con lo que se pueden rentabilizar las inversiones antes de que el producto llegue a su madurez. También rompen la competencia en precios (típica de mercados maduros) y revitalizan la diferenciación y segmentación de los mercados adaptando los productos a las necesidades de sus clientes. No obstante, hay que destacar que una de las consecuencias más importantes que ha traído la incorporación de estos sistemas ha sido la asombrosa reducción del ciclo de vida de los productos. La adquisición de estos sistemas conlleva inversiones intensivas en capital y de rápida obsolescencia por su alto componente tecnológico, lo que obliga a obtener altas productividades que permitan rentabilizar dichas inversiones.

La introducción de SFF repercute sensiblemente en la mejora de la calidad, siendo muchas las causas que inciden en ese aspecto. De entre ellas destacamos la inspección de piezas dentro del proceso de mecanizado, la autocorrección de las desviaciones, la estabilidad térmica, la rigidez de las máquinas, el control de desgaste de la herramienta, la mínima intervención directa del elemento humano lo que evita posibles errores, la precisión de las guías, los actuadores y sensores, etc.

La flexibilidad es una de las características más significativas e importantes de los SFF, como queda patente en su propio nombre. Mediante estos sistemas, la flexibilidad se ve mejorada debido a sus pequeños tiempos de preparación (se puede combinar una gama más amplia de productos sin que ello repercuta en la productividad). Tienen planificadores automáticos de tareas que pueden

solucionar eventuales problemas (rotura de una máquina). Los sistemas automáticos de transporte y posicionamiento permiten aprovechar en mayor medida los recursos del sistema lo que posibilita menores esperas y un mejor servicio, etc.

La productividad es otra de las características que se ha visto tremendamente mejorada por la introducción de los SFF.

En definitiva, la introducción de las nuevas tecnologías (SFF) está produciendo algunos efectos en los mercados y acelerando otros hasta el punto de hacer prácticamente imprescindible su adopción.

Con este panorama cabría pensar que la incorporación de los SFF debería ser un hecho cierto. Sin embargo (y lejos de las expectativas creadas) su implantación no se está realizando con la celeridad esperada. Este retraso es particularmente más sorprendente en el caso de las pequeñas y medianas empresas, para las cuales, la modularidad y la posibilidad de fabricar pequeños lotes de productos distintos, hace que los FMS sean una de las pocas alternativas que les queda para competir con las grandes.

Existen diversas razones por las que los SFF no se han impuesto de una manera más rotunda dentro de los SF, entre las que mencionamos: las inercias arrastradas de los SF convencionales que no facilitan la adaptación de los nuevos sistemas; algunos problemas relacionados con la investigación y la selección del equipo adecuado cuando todavía existe un profundo desconocimiento de la tecnología y de sus posibilidades; elevados riesgos en las inversiones necesarias para su implantación, etc. Estos problemas son más importantes al no existir herramientas ni metodologías precisas que permitan enlazar el diseño de productos con el de los procesos de fabricación y viceversa.

Algunas de estas causas descansan en la dificultad de evaluar sus prestaciones técnicas, así como en el conocimiento organizacional necesari-

o para expresar el abanico de posibilidades que ofrecen; otras tienen su origen en el efecto perverso que los métodos financieros tradicionales ejercen sobre la decisión de adquisición de un SFF. Comentaremos estas últimas, mientras que las primeras, acompañadas de una propuesta de evaluación técnica, son ampliamente discutidas en De Benito (1998).

## 2.-VALORACIÓN FINANCIERA

Paralelamente al aumento de su implantación, ha crecido la necesidad de establecer métodos que permitan valorar económicamente los SFF, ofreciendo así a los directivos una herramienta que les guíe sobre la idoneidad de sus decisiones en la adquisición de nuevos equipos.

Tradicionalmente, los métodos preferidos han sido los financieros, y en especial los basados en el descuento de flujos de caja. En ellos, la inversión en sistemas de fabricación flexible es tratada como la de cualquier otro activo físico: basta con estimar el desembolso inicial necesario, incluyendo las necesidades de capital circulante, y estimar también los flujos de caja futuros derivados de la implantación del sistema, teniendo en cuenta los posibles ahorros en costes y el aumento de los ingresos previstos.

En particular, deberán ser objeto de especial atención los ahorros por reducción de la mano de obra y costes de material, y la disminución de capital circulante y del espacio necesario.

Por último, los flujos netos de caja, calculados después de impuestos, deberán ser descontados a una tasa apropiada ajustada al riesgo.

Sin embargo, como señala Kaplan (1986), la aplicación de estos métodos tiende a evaluar a la baja los proyectos de adquisición de nueva tecnología. Por un lado, y como consecuencia del riesgo asociado al proyecto, los directivos suelen adoptar unas tasas de descuento elevadas con respecto a su coste del capital, si-

guiendo así los dictados de las finanzas que sugieren emplear mayores tasas de descuento a mayor riesgo. Por otra parte, existen una serie de intangibles derivados de la implantación de estos nuevos sistemas de fabricación que, debido a la dificultad de ser traducidas en unidades monetarias, son olvidados en gran parte de los cálculos. Sin embargo, son precisamente estos factores los que, además de materializar de una forma más íntima los beneficios exclusivos que la flexibilidad proporciona a sus usuarios, conllevan unas implicaciones estratégicas a largo plazo que trascienden incluso al propio horizonte temporal de la inversión analizada.

Así, por ejemplo, las mejoras en la calidad del producto y en los tiempos de entrega, proporcionarán unos clientes más satisfechos, potenciando así la fidelidad hacia la marca y posibilitando el incremento a largo plazo de las cuotas de mercado, ya sea con productos similares a los fabricados actualmente o, más importante, con otros nuevos en el futuro.

Del mismo modo, la reducción del tiempo de introducción de nuevos productos puede situar a la Compañía en una posición competitiva superior a la de sus rivales, situación que puede ser irreversible puesto que, cuando los seguidores lleguen a alcanzar las capacidades del líder, éste estará nuevamente un paso por delante.

Y por último, los beneficios específicos de la flexibilidad del sistema (De Benito, *op. cit.*), de entre los cuales destacamos, por su marcada implicación estratégica:

- Flexibilidad de producto, que incrementa la adaptabilidad del sistema para introducir cambios que permitan acomodar nuevos productos o variantes de los anteriores, con la consiguiente ampliación de la cartera de clientes cuyas especificaciones podemos satisfacer.

- Flexibilidad de demanda, que hace referencia a la posibilidad que tiene el sistema para trabajar econó-

micamente con diferentes niveles de producción, y

- Flexibilidad de expansión, por la cual es posible ampliar o reducir secuencialmente la capacidad y prestaciones del sistema de fabricación, pudiendo así hacer frente a cambios estructurales del ciclo económico.

Ante la dificultad de medir económicamente todos estos intangibles, el propio Kaplan (1986) señala que la toma de decisiones sobre la adquisición de sistemas avanzados de fabricación tomando como base de referencia exclusiva los métodos financieros, puede conducir a rechazar su implantación, cuando una simple consideración intuitiva de los diversos factores estratégicos provocaría decisiones en sentido contrario.

Esta situación ha provocado que un número creciente de directivos involucrados en tareas de fabricación descarten los métodos financieros de sus carteras de herramientas destinadas a la toma de decisiones de inversión, y se concentren exclusivamente en factores puramente técnicos y estratégicos.



Una postura intermedia propuesta también por Kaplan (1983 y 1984), consiste en complementar los indicadores puramente financieros con otros (alguno de ellos cualitativo) que hagan referencia a los intangibles no reflejados en las medidas anteriores. Así, recomienda considerar la calidad, estimando el número de defectuosos o el porcentaje de defectos

descubiertos por los clientes. También deberán incluirse medidas de productividad, ahorro de costes financieros por disminución de inventarios, indicadores de la propensión y posibilidades de la empresa para innovar, así como índices que reflejen la formación y capacitación de los recursos humanos.

### 3.-LOS SFF COMO OPCIONES REALES

En nuestra opinión, las contribuciones de las finanzas al campo de la selección de inversiones no deberían ser rechazadas completamente, si acaso reformuladas o ampliadas para hacerlas más operativas. En última instancia, el objetivo de toda empresa es la creación de valor para sus accionistas (Cuervo, 1991), y las finanzas llevan varias décadas intentando cuantificar y explicar los mecanismos por los que se crea valor.

Algunos esfuerzos en el sentido de mejorar la operatividad de los métodos financieros clásicos, pretenden adaptar éstos a las particularidades de los SFF, incluyendo, como proponen

Park y Young (1988), los intangibles como un coste de oportunidad evaluable monetariamente. Otra alternativa, como la propuesta por, Fine y Freund (1990), modelan los SFF como un programa estocástico en dos etapas estableciendo condiciones para que la empresa

pueda protegerse ante incrementos súbitos en la demanda.

Si embargo, un giro conceptual importante (y que pensamos tendrá un importante desarrollo en los próximos años) es el marcado por lo que ya hoy se denomina "opciones reales", basado en el reconocimiento de las similitudes que existen entre las opciones sobre activos financieros y

los proyectos de inversión. En la actualidad, la metodología se está aplicando a diversos problemas de inversión y pensamos que, debido a sus propiedades genuinas, los SFF representan un campo en el cual su aplicación puede mostrar un mayor potencial.

Debemos reconocer que la dificultad de los métodos basados en el descuento de flujos de caja para lidiar con la flexibilidad (y en general, con muchos otros tipos de inversiones reales) no es debida a que éstos sean reprochables desde el punto de vista financiero, sino a que bajo ciertas condiciones, parten de una serie de suposiciones que hacen que no sean idóneos en muchas situaciones reales.

En primer lugar, suponen que las inversiones son reversibles, es decir, pueden ser deshechas en cualquier momento de su vida, siendo posible recuperar los gastos en los que se ha incurrido (*sunk costs*). Esto no es así en gran parte de las situaciones reales. En particular, todos los gastos que son específicos de una empresa o industria son irre recuperables. Por ejemplo, todos los gastos en publicidad no se pueden recuperar si se cambia de opinión con respecto a la continuidad de la inversión. Pero también lo son, por ejemplo, los derivados de la construcción de una fábrica de productos derivados del acero, pues una vez adquiridos los equipos, éstos no pueden ser utilizados para otra cosa que para la fabricación de la gama de productos para los que fueron concebidos. Aunque podría argumentarse que la fábrica siempre puede ser vendida a un fabricante de la competencia, lo cierto es que, si el mercado es suficientemente competitivo, el valor los equipos será el mismo para todos, de manera que el posible comprador la verá también como una mala inversión, no estando dispuesto a pagar una cantidad aceptable por ella.

En segundo lugar, y relacionado con lo anterior, los métodos del valor actual neto presuponen que el proyecto de inversión se realizará ahora o

se perderá la oportunidad y no se hará nunca. Por ello, no contemplan la posibilidad de que la empresa espere para ver si el tiempo resuelve alguna de las incertidumbres que en el presente aparecen.

Por último, los métodos de valor actual no contemplan tampoco las oportunidades estratégicas de crecimiento futuro que conlleva estar invirtiendo en un sector o mercado, cuando en realidad, muchas de las oportunidades de inversión proceden precisamente de las capacidades de los recursos humanos, de los medios de producción existentes, conocimiento tecnológico, reputación o posición en el mercado, las cuales no son sino el resultado de inversiones anteriores en equipos de fabricación y formación de los recursos humanos.

En general, en presencia de incertidumbre, irreversibilidad, potencial de crecimiento o flexibilidad, los métodos basados en el valor actual neto son insuficientes debido a la existencia de una serie de oportunidades u opciones con las que la empresa cuenta y que no están reflejadas en dichos métodos. Dichas opciones, que se denominan opciones reales, son conceptualmente análogas a las negociadas sobre activos financieros. Una opción de compra (*call*) sobre un determinado activo subyacente (S) y con precio de ejercicio X, da a su poseedor (el cual paga una prima por la opción) el derecho, que no la obligación, de comprar ese activo subyacente a un precio X antes de una fecha determinada denominada fecha de expiración. Si antes de esa fecha, el precio del subyacente es superior al precio de ejercicio, el poseedor de la opción podrá ejercer su derecho, obteniendo una ganancia de  $S-X$ . Por el contrario, si el precio del subyacente es inferior al de ejercicio, la opción no será ejercida y su poseedor tan sólo habrá perdido el precio que pagó por adquirirla.

Análogamente, una oportunidad de inversión puede considerarse como el derecho a obtener una serie de

flujos de caja derivados de dicha inversión (análogo al subyacente), desembolsando para obtenerlos los correspondientes costes iniciales (precio de ejercicio). Si, mientras dura la posibilidad de invertir, el valor esperado de los flujos de caja supera al desembolso inicial, la empresa podrá decidir ejercer la opción, procediéndose a realizar la inversión.

Por ello, cuando se realiza una inversión con desembolso inicial recuperable, se está ejerciendo la opción de invertir, eliminando así la posibilidad de esperar a la aparición de nueva información que afecte a la bondad del proyecto (Dixit y Pindyck, 1994). La pérdida de esta opción supone, entonces un coste de oportunidad que debe ser considerado, de modo que, para que una inversión sea aconsejable, no basta con que el valor actual de los flujos de caja menos los costes iniciales sea superior a cero, sino que esta diferencia debe ser mayor que el coste de oportunidad perdido por ejercer la opción.

De manera análoga, la empresa tiene la opción de expandir el tamaño de su inversión si las cosas van mejor de lo esperado, contraer su tamaño en caso contrario, invertir de manera progresiva, cerrar temporalmente sus instalaciones, abandonar el proyecto o invertir en activos tangibles o intangibles que le proporcionen una posición estratégica en el sector (Trigeorgis, 1996). Todas estas posibilidades representan también opciones reales.

Las implicaciones de este planteamiento en la valoración de SFF es inmediata pues, en cierta medida, cuando se adquiere un equipo de estas características, se está comprando, por ejemplo, la posibilidad de acomodar la cartera de productos a las exigencias del mercado (flexibilidad de producto), pudiendo además hacerlo con la garantía de que se operará económicamente con distintos niveles de producción (flexibilidad de demanda). Se está comprando también la posibilidad de ampliar o redu-

cir la capacidad de producción cuando así lo demande el mercado (flexibilidad de expansión) y más importante, estas posibilidades existen lo requiera o no el mercado.

Como consecuencia de haber adquirido estas posibilidades, se ha comprado indirectamente la posibilidad de ampliar nuestra cartera de clientes, aumentar la fidelidad a la marca de éstos y todo ello manteniendo una capacidad económica óptima que garantice la competitividad. Debemos recalcar que esto no significa que tras un análisis riguroso de nuestro sector y del entorno, intuyamos que en el futuro vayamos a fabricar otros productos y, como consecuencia estas previsiones decidamos comprar un SFF. Significa simplemente que con un sistema de este tipo disponemos de la posibilidad de responder a estos cambios y ganar ventajas competitivas. Puede incluso que en el futuro la demanda baje o fabriquemos los mismos productos durante la próxima década, pero si se producen cambios en el entorno, estaremos preparados para afrontarlos satisfactoriamente. Por ello, como justificaremos posteriormente, a mayor incertidumbre, mayor es el valor de la flexibilidad.

En una opción financiera cuyo subyacente sea, por ejemplo, una acción negociada en bolsa, los beneficios derivados de su posesión dependerán del valor de dicha acción en el futuro (que no es conocido actualmente), el cual a su vez será función de los parámetros económicos y financieros que rijan en el mercado en ese momento, y seguirá *a priori* un proceso estocástico más o menos complejo. Puede que la acción suba lo suficiente y ganemos dinero, tanto más cuanto mayor sea el precio de la acción; o puede que baje y perdamos incluso el valor del precio que pagamos en su día por la opción, pero en cualquier caso, dicha opción vale dinero, y todos los días se realizan multitud de transacciones en los mercados financieros de derivados.

En la analogía opción financiera/opción real, el valor de los beneficios futuros generados por poseer un SFF constituyen el subyacente de la opción, jugando el mismo papel que la opción de bolsa en las opciones financieras. Dicho valor dependerá, en última instancia, de que se produzcan o no los citados cambios en el mercado, así como la magnitud de éstos. Si efectivamente se producen, contaremos con el sistema adecuado para afrontarlos, es decir, estaremos en disposición de ejercer la opción que hemos adquirido mediante la compra del sistema de fabricación flexible; si, por el contrario, dichos cambios no se producen, habremos perdido el precio de la opción, es decir el coste adicional que pagamos en su día por el SFF con respecto al que tenían otros sin las mencionadas prestaciones de flexibilidad.

Por ello, a la hora de tomar decisiones de inversión, no sólo habrá que tener en cuenta el valor actual de los flujos de caja en las condiciones estimadas, sino que se deberá añadir el valor de todas las opciones de flexibilidad.

La estimación cuantitativa del valor de estas opciones conlleva una dificultad matemática importante. Pueden encontrarse ejemplos en Triggeorgis (*op. cit.*) y en Triantis y Hodder (1990), pudiéndose comprobar que los modelos involucran ecuaciones diferenciales estocásticas difíciles de resolver, y remitimos al lector a dicha bibliografía para un estudio más detallado. En cualquier caso, la complejidad matemática no resta importancia a las implicaciones conceptuales que se derivan.

En primer lugar, sabemos del campo de las opciones financieras, que el valor de éstas es mayor cuando la volatilidad del subyacente es alta. Traducido a opciones de flexibilidad, significa que en situaciones empresariales dinámicas y complejas, el valor de la flexibilidad aumenta, lo que no hace sino reflejar la idea intuitiva de que cuanto más incierto es el futuro,

mayor es el valor de estar preparado y más justificada está la inversión en equipos con altas prestaciones de flexibilidad. Debemos notar que esto representa un cambio con respecto a la metodología del valor actual neto, pues en ésta, mayor riesgo implica mayor tasa de descuento y, consiguientemente, menor valor, resultado del que se desprende el rechazo de los SFF.

Recordemos que la utilización de elevadas tasas de descuento era una de las críticas de Kaplan (1983) a la utilización de los métodos basados en descuentos de flujos de caja y animaba a los directivos a calibrar con esmero las primas por riesgo para no estimarlas al alza. Sin embargo, al utilizar el enfoque de opciones reales, el efecto de dichas primas se ve compensado por la elevación del valor de la opción. Dicho de otro modo, el valor de un SFF es mayor cuando la incertidumbre es alta. Si en el futuro fuese perfectamente predecible, la mayoría de los sistemas clásicos de fabricación en serie constituirían decisiones óptimas; a medida que el entorno empresarial se hace más volátil, la importancia de la flexibilidad supera el efecto perverso del descuento de los flujos de caja.

Por otra parte, los SFF llevan asociado también un menor coste de oportunidad de ejercer la opción de invertir, debido a que los costes irre recuperables son menores, al ser activos menos específicos en el sentido de que permiten fabricar una gama de productos mayor que la ofrecida por los sistemas tradicionales. Además, también se ve afectado el coste de oportunidad de diferir la inversión en el tiempo para ver si éste aminora la incertidumbre, pues si las características de la demanda cambian, podremos satisfacerlas mejor con un SFF que con un sistema tradicional. Si a esto añadimos que en la mayoría de los casos, el coste de cambiar totalmente de equipo dedicado es muy superior al diferencial de un SFF sobre el anterior, deducimos que el cos-

te de oportunidad perdido por ejercer la opción de invertir es considerablemente inferior en un SFF, sumando así un nuevo argumento de apoyo a la adquisición de este tipo de sistemas.

#### 4.-LAS OPCIONES REALES COMO TEORÍA DE INVERSIÓN BAJO INCERTIDUMBRE

La utilidad de las opciones reales no queda restringida al estudio de sistemas de fabricación, sino que van camino de convertirse en una teoría con implicaciones macroeconómicas, estratégicas y de valoración de empresas. Dixit y Pindyck (1994) explican las consecuencias de su aplicación en áreas como política económica y comportamiento agregado del inversor. Muestran que el nivel de inversión real parece ser más insensible a cambios de tipos de interés y políticas fiscales que lo que predicen las teorías clásicas, mientras que la influencia de la incertidumbre y volatilidad del entorno económico es más evidente, tal como predice la teoría de valoración de opciones reales.

En cualquier caso, esta teoría tiene importantes implicaciones tanto en la formulación de la estrategia empresarial como en la valoración de empresas. En la práctica, muchas de las decisiones estratégicas se llevan a cabo a pesar de sus pobres valores actuales netos, mientras que otras financieramente irreprochables son aparcadas en el olvido argumentando su desviación de los objetivos empresariales. La utilización de opciones reales puede acabar con el divorcio existente entre finanzas y planificación estratégica, al permitir evaluar cuantitativamente las oportunidades inherentes a las estrategias consideradas.

Los métodos de descuento de flujos de caja asumen implícitamente que las empresas gestionan sus activos reales pasivamente, ignorando las opciones derivadas de su posesión, opciones que los directivos eficientes deber tomar para sacar partido y ven-

tajas competitivas. Dicho de otro modo, puede decirse que los métodos de descuento no reflejan el valor de la gestión (Brealey y Myers, 1993). La dirección debe añadir valor a su gestión dando respuesta a circunstancias cambiantes, aprovechándose de la buena fortuna o mitigando pérdidas, es decir, gestionando las opciones adquiridas en el pasado y comprando otras nuevas que podrán ejercerse en el futuro.

Por otra parte, los métodos de valoración de empresas basados en el descuento de flujos de caja suelen subestimar el valor de mercado de ésta. Kester (1984) propone que esta diferencia es un indicador del orden de magnitud de las opciones de crecimiento pudiendo llegar este a ser el 80 % del valor total.

El valor de mercado de una empresa puede escribirse como la suma de su valor contable, que queda reflejado en el balance, más el valor actual neto de todas sus inversiones actuales, debiéndose añadir, al menos así pensamos, la suma de todos los activos intangibles que la contabilidad no valora y el valor actual de todas las opciones de crecimiento. Unos recursos humanos motivados y bien preparados, unos estilos de gestión modernos, unos buenos sistemas de información o una posición líder en el mercado ofrecen a la empresa unas oportunidades (opciones) de crecimiento que conceptualmente pueden ser modeladas como opciones reales en el sentido descritos en estos párrafos.

Dicho con otras palabras, pensamos que el hecho de que una empresa esté en el mercado con una serie de activos, tangibles e intangibles, le hace gozar de una serie de oportunidades que difícilmente pueden ser evaluadas mediante métodos de descuento de flujos, al no poder reflejar éstos el concepto de oportunidad, es decir, que se puedan obtener beneficios futuros derivados de la asimetría inherente a la posesión de dichos activos, pero que si no se obtienen los

mencionados beneficios, tan sólo se incurra en el coste de adquisición de dicho activo.

Teniendo en cuenta todo esto, no es difícil explicar las sorprendentes revalorizaciones de las nuevas empresas de Internet (recuérdese Terra) que cotizan en Bolsa, pues su valor de mercado es, ante todo, el de una opción: la opción de que en un futuro no muy lejano gran parte de los negocios se realicen a través de la red. Ello conduce a que, aunque sus estados contables actuales no provoquen la reverencia de ningún analista, sus rentabilidades bursátiles estén dando a luz a los nuevos Rockefeller del siglo XXI.

### CONCLUSIONES

- La aceptación de los SFF por parte de las Pymes empresas no ha sido todo lo rápida que cabría esperar tras analizar la posibilidades que estos sistemas ofrecen. A las causas puramente ingenieriles se agrega el hecho de que los métodos financieros tradicionales de evaluación de inversiones han actuado como una losa sobre las nuevos sistemas de fabricación.

- La teoría de valoración de opciones reales puede contribuir a acabar con el divorcio entre finanzas y estrategia a la hora de evaluar las inversiones en equipos de fabricación flexible.

- A la luz de este planteamiento, la incertidumbre del mercado aconseja la implantación de los SFF en contra de lo que podría deducirse de los cálculos basados exclusivamente en descuentos de flujos de caja a una tasa de descuento que aumenta cuando lo hace el riesgo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Cuervo, A. (1991): *Rentabilidad y creación de valor en la empresa*. Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras. Barcelona.

- De Benito, J.J. (1998): *Diseño, evaluación y mejora continua de Sistemas de Fabricación Flexibles*. Tesis Doctoral. Departamento de Econo-

mía y Administración de Empresas. Universidad de Valladolid.

- Brealey, R.A. y Myers, S.C. (1993): *Fundamentos de financiación empresarial*. McGraw Hill Interamericana de España.

- Denton, D.K. (1993): "Total Customer Satisfaction: The Next Step". *Industrial Management*. Nov/Dec, 18-19.

- Dixit, A.K y Pindyck, R.S. (1994) *Investment Under Uncertainty*. Princeton University Press.

- Drucker, P.F. (1990): "The Emerging Theory of Manufacturing". *Harvard Business Review*. May/Jun. pp:94-102.

- Fine, Ch. H. y Freund, R.M. (1990): "Optimal Investment in Product-Flexible Manufacturing Systems". *Management Science*. Vol 36, nº 4, pp:449-446.

- Kaplan, R.S. (1983): "Measuring Manufacturing Performance: A New Challenge for Managerial Accounting Research". *The American Accounting Review*. Vol LVIII(4) pp:686-705

- Kaplan, R.S. (1984): "Yesterday's Accounting Undetermines Production". *Harvard Business Review*. Jul-Aug. pp: 95-101.

- Kaplan, R.S. (1986): "Must CIM Be Justified by Faith Alone". *Harvard Business Review*. Mar Apr. pp:87-94.

- McDonald, A.L. (1986): "Of Floating Factories and Mating Dinosaurs". *Harvard Business Review*. Nov/Dec. pp:82-86

Park, Ch. S. y Young, K.S. (1988): "An Economic Evaluation Model for Advanced Manufacturing Systems". *The Engineering Economist*. Vol 34( 1), pp:1-26.

Triantis, A.J. y Hodder, J.E. (1990): "Valuing Flexibility as a Complex Option". *The Journal of Finance*. Vol XLV(2), pp:549-564.

Trigeorgis, L (1996): *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*. The MIT Press. Massachusetts Institute of Technology. ■