

UN MODELO DE NETO PATRIMONIAL CON INVERSIONES PRODUCTIVAS COORDINADAS

MANUEL MOCHOLÍ ARCE

manuel.mocholi@uv.es

*Univeritat de València/Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa
Avda. Tarongers, s/n 46022 Valencia. España*

VALENTIN NAVARRO MIQUEL

Valentin.navarro@uv.es

*Univeritat de València/ Departamento de Finanzas Empresariales
Avda. Tarongers, s/n 46022 Valencia. España*

Recibido (23/09/2013)

Revisado (30/11/2013)

Aceptado (23/12/2013)

RESUMEN: Las decisiones de inversión y financiación en las empresas están relacionadas, porque ambas generan flujos monetarios, muchas veces inciertos. Las decisiones de inversión tienen como función la asignación eficiente de recursos financieros a proyectos que contribuirán a la rentabilidad futura de la empresa, y determinan el volumen y tipos de activos en los que la empresa debe invertir. Las decisiones de financiación tienen como función determinar la proporción de recursos propios y recursos ajenos, que formarán la estructura financiera de la empresa, es decir, su nivel de endeudamiento y su coste de capital. Ambas funciones están interrelacionadas entre sí, ya que cada una viene condicionada por la otra.

En el presente trabajo nos planteamos un modelo de Maximización del Neto Patrimonial (MNP) a medio y largo plazo para una empresa industrial. El modelo propuesto considera que existe incertidumbre sobre la demanda futura de los artículos que produce la empresa, lo cual afecta a las decisiones financieras que debe tomar la empresa (inversión-financiación, dividendos, liquidez, etc.). La incertidumbre en la demanda se trata mediante la generación de múltiples escenarios y posteriormente se plantea un modelo coordinado que asegure la robustez de la solución obtenida.

Palabras clave: Programación matemática, Escenarios, Incertidumbre, Robustez.

ABSTRACT: The investment and financing decisions in companies are related because both generate cash flows, often uncertain. The Investment decisions main function is the efficient allocation of financial resources to projects that will contribute to the future profitability of the company, and they determine the volume and types of assets in which the company must invest. Financing decisions' function is to determine the proportion of own resources and external resources, which form the financial structure of the company, i.e. its debt and its cost of capital. Both functions are interrelated, since each is conditioned by the other.

In this paper we propose a model of Net Asset Maximization (NAM) in the medium and long term for an industrial company. The proposed model considers that there is uncertainty about the future demand for items produced by the firm, which affects the financial decisions that company should take (investment-financing, dividends, liquidity.). The uncertainty related to the demand is analyzed by generating multiple scenarios and then a coordinated model is proposed ensuring the robustness of the solution obtained.

Keywords: Mathematical Programming, Scenarios, Uncertainty, Robustness.

1. Introducción

Una adecuada política de inversión-financiación, reparto de dividendos, una correcta inversión en proyectos rentables y financiación económica no es garantía suficiente de éxito en la gestión financiera, ya que el contexto incierto actual en el que se mueven las empresas y la propia dinámica empresarial hacen que muchos de los modelos financieros tradicionales no den respuestas válidas a los problemas de gestión financiera.

Siguiendo a Gil (2000), toda decisión financiera está condicionada por los acontecimientos presentes, momento en el cual elegimos una alternativa de inversión-financiación, y los acontecimientos futuros, posteriores a la elección de la alternativa que puedan ocurrir en el desarrollo de la misma. Por todo ello, podemos afirmar que las decisiones sobre elección de alternativas de inversión-financiación unidas a las decisiones en materia de política de dividendos están en función de los flujos monetarios esperados y del riesgo asociado a cada uno de ellos.

La captación de flujos monetarios y su posterior gestión nos permitirá alcanzar dos objetivos¹:

1. Conseguir los medios monetarios necesarios para el normal desarrollo de la actividad de una empresa de tal forma que, con ellos, se puedan llevar a cabo las inversiones productivas planificadas, tanto en gasto, adquisiciones de elementos de activo fijo y activo circulante necesario para su puesta en funcionamiento, como en costes variables de producción y costes fijos que sean implícitos a la propia actividad productiva. Dichos medios monetarios deberán respetar un equilibrio financiero, de modo que su volumen ni difiera ni exceda la cantidad necesitada en cualquier momento de la planificación financiera de un periodo.
2. La financiación requerida deberá ser al menor coste posible² de forma que el coste de los recursos empleados en la composición del pasivo de la empresa sea mínimo y no aumente el riesgo financiero.

Ahora bien, siguiendo a González Pascual (2008), un análisis económico-financiero no solamente debe recoger el volumen de inversiones, la forma en que deben financiarse, la política de distribución del beneficio y la liquidez que deseamos mantener en todo momento sino también debe considerar el entorno específico y general de la empresa que nos sirva para confeccionar un estudio de mercado. En definitiva, se trata de establecer una planificación financiera que recoja un plan de empresa, un plan de negocio y planes específicos y generales a partir de los posibles escenarios que se puedan presentar o de las estrategias elegidas por nosotros mismos.

Para poder realizar una correcta planificación financiera en función del ciclo de explotación de la empresa debemos diferenciar dos niveles temporales, como son³:

1. Planificación a largo plazo, en la cual las variables a analizar serán las inversiones de renovación o ampliación, la financiación, los dividendos y las ampliaciones de capital.
2. Planificación a corto plazo, cuyas variables explicativas son las correspondientes al ciclo de explotación de la empresa, como la gestión de los activos y pasivos circulantes. Dentro de esta planificación, adquiere una importancia relativa la tesorería. Según Núñez Monedero (2009), una buena previsión de las necesidades de tesorería puede ahorrar a la empresa costes innecesarios, algo

¹ Un análisis sobre el empleo de los fondos y la aplicación a los determinados tipos de inversiones lo podemos consultar en Cantalapiedra Arenas, M. (2008): "Diseño de un modelo de planificación financiera propio", *Estrategia Financiera*, N. 254, octubre, págs. 18-23.

² Entendemos la expresión *menor coste* como aquel que esté definido no sólo por el tipo de interés de la financiación externa, sino por otros factores, no menos importantes que el primero, como pueden ser: las garantías hipotecarias, el plazo de devolución, la carencia, el tipo de fuente, etc.

³ Un detalle de todo lo expuesto lo encontramos en: Cantalapiedra Arenas, M.: *Manual de gestión financiera para pymes*. Cie Inversiones (Editoriales Dossat 2000. Madrid. 2001)

que se torna aún más esencial en coyunturas económicas adversas por las dificultades y el encarecimiento del acceso a fuentes de financiación externa.

En muchas ocasiones la simulación de planes financieros nos puede servir para la elección del mejor de ellos y, en la práctica, las empresas utilizan los modelos financieros informatizados para facilitar este proceso y abarcan desde sencillas hojas de cálculo hasta sofisticados modelos de investigación operativa que ayudan a encontrar el mejor plan financiero.

Ahora bien, debemos tener presente que muchas de las variables explicativas en la planificación a corto y largo plazo están influidas de forma directa por parámetros inciertos como pueden ser la demanda, precio de venta, coste de los productos y la rentabilidad de las inversiones futuras.

Consideramos que la demanda es el factor con un mayor grado de incertidumbre porque, en el caso de productos ya implantados, los costes y la productividad de la maquinaria son conocidos por la empresa y será la demanda la que sufrirá variaciones por la aparición de nuevos productos, cambios en los gustos de los consumidores, etc. Si se trata del lanzamiento de nuevos productos, la incertidumbre sobre la demanda puede ser todavía mayor, puesto que los costes de producción pueden ser estimados en la fase de desarrollo del producto con un alto grado de fiabilidad así como, la productividad de la maquinaria y otras inversiones necesarias. Si bien, vamos a considerar que la demanda es incierta, esto no significa que sea totalmente aleatoria puesto que puede ser objeto de estudios de mercado, estudios de capacidad de penetración de nuestros productos o estudios de las debilidades de nuestra competencia, etc. En base a este tipo de estudios podemos tener una idea aproximada de cuál puede ser la demanda de nuestros productos bajo determinados escenarios.

En general, se generarán tantos escenarios como la empresa considere conveniente. Para cada uno de los escenarios se estimará la demanda para cada producto en cada periodo. Evidentemente, cuanto mayor sea el número de escenarios mayor, será la complejidad del problema.

2. Planteamiento del Modelo de Neto Patrimonial con Escenarios (*MNPe*)

Para plantear nuestro modelo, suponemos que la empresa tiene en cuenta la existencia de s escenarios ($s = 1, 2, \dots, S$). Para cada uno de los escenarios s , se estimará cuál es la demanda (D_{tk}^s) en cada periodo t ($t=1, \dots, T$) del horizonte de planificación y para cada producto k ($k=1, \dots, K$).

Dado el elevado número de ecuaciones que vamos a plantear en el desarrollo del modelo *MNPe*, vamos a realizar una división de las mismas en los siguientes grupos:

2.1 Restricciones sobre la producción

El *MNPe* contempla que la empresa ya está en funcionamiento, por este motivo considera que, al principio del periodo de planificación dispone de un número determinado de máquinas NV_{cvh} de distinto tipo o clase c ($c = 1, 2, \dots, C$) y sus respectivas variantes⁴ o modelos con distinta tecnología v ($v = 1, 2, \dots, V$) adquiridos en momentos distintos, quedándoles por tanto un número de periodos de vida útil h ($h=1, 2, \dots, H$) diferente.

Dado que consideramos la existencia de progreso tecnológico y que éste afecta a la empresa que estamos analizando, debemos tener en cuenta que, a lo largo del periodo de planificación, pueden aparecer máquinas tecnológicamente más avanzadas y, por tanto, con un mayor nivel de productividad. Por este motivo, el *MNPe* tiene en cuenta la posibilidad de vender en cada periodo t algunas de las

⁴ Entendemos por tipo o clase el conjunto de máquinas capaces de realizar una misma tarea y por variante los distintos modelos que puede tener una empresa de un mismo tipo de máquina.

máquinas viejas existentes XV_{icvh}^s ⁵, de modo que el número de máquinas viejas al principio del periodo t serán:

$$\sum_{h \geq t} \left(NV_{cvh} - \sum_{j \leq t} XV_{jcvh}^s \right) \quad \forall t, c, v \quad (1)$$

Es decir, que en cada uno de los periodos de planificación el número de máquinas viejas existentes de cada tipo y modelo será la diferencia entre las existentes al principio (NV_{cvh}) y la suma de las vendidas hasta dicho periodo t y en cada escenario s (XV_{icvh}^s). De esta forma, el número de unidades que la empresa podrá producir en el periodo t , del producto k con cada una de las maquinas viejas del tipo c , variante v (PV_{tkcv}^s), vendrá dado por:

$$\sum_{k=1}^K PV_{tkcv}^s AV_{kcv} \leq UTD_t \sum_{h \geq t} \left(NV_{cvh} - \sum_{j \leq t} XV_{jcvh}^s \right) \quad \forall t, c, v \quad (2)$$

donde, UTD_t representa el número de unidades de tiempo disponibles en cada periodo t y AV_{kcv} el coeficiente de productividad o tiempo necesario para producir una unidad del producto k con la máquina tipo c , variante v .

Si no se puede satisfacer la demanda D_{ik}^s con las máquinas existentes al principio de cada periodo t , la empresa podrá adquirir un número determinado de máquinas nuevas XN_{icn}^s del tipo c , variante n ($n=1, 2, \dots, N$), con un coeficiente de productividad definido por AN_{kcn} .

Con todo ello, el número de unidades que la empresa podrá producir en el periodo t , del producto k , con la totalidad de las maquinas nuevas (PN_{tkcn}^s), vendrá dado por:

$$\sum_{k=1}^K PN_{tkcn}^s AN_{kcn} \leq UTD_t \sum_{j \in J_t} XN_{jcn}^s \quad \forall t, c, n \quad (3)$$

donde J_t representa el conjunto de máquinas nuevas existentes en el periodo t .

Así pues, la suma de las unidades de producto realizadas con las máquinas viejas, más las producidas con las máquinas nuevas, nos proporciona el número total de unidades producidas de cada producto k y vendrá definido por:

$$PT_{ik}^s \leq \sum_{n=1}^N PN_{tkcn}^s + \sum_{v=1}^V PV_{tkcv}^s \quad \forall t, k \quad \forall c \in C_k \quad (4)$$

siendo, C_k el conjunto de tipos de máquinas necesarias para elaborar el producto k , dado que todos los productos no necesitan de todas las máquinas para su producción⁶.

De esta forma, a partir de la ecuación (4), podemos deducir que la cantidad máxima que la empresa podrá producir de cada producto k , en cada periodo t , vendrá dado por la menor de las sumas de las capacidades de las máquinas de cada tipo que intervienen en su fabricación.

⁵ Estamos considerando que las máquinas se venden al principio de cada periodo t .

⁶ La producción total viene definida como: $PT_{ik}^s = \min_{c \in C_k} \left\{ \sum_{n=1}^N PN_{tkcn}^s + \sum_{v=1}^V PV_{tkcv}^s \right\} \forall t, k$, dado que, si un producto necesita pasar por varias máquinas de distinto tipo o clase la producción máxima vendrá limitada por el conjunto de máquinas de la clase de menor capacidad

2.2. Restricciones sobre la demanda

A las restricciones de producción anteriores, debemos añadir las restricciones que inciden en la demanda, es decir, la producción en cada periodo t , para cada uno de los productos k (PT_{tk}^s), más las existencias iniciales ($EF_{t-1,k}^s$), menos las existencias finales ($EF_{t,k}^s$) debe ser igual a la demanda, esto es:

$$PT_{tk}^s + EF_{t-1,k}^s - EF_{t,k}^s = D_{tk}^s \quad \forall t, k \quad (5)$$

Para que la empresa no realice un excesivo almacenamiento que pueda truncar o dificultar los distintos procesos productivos, se establece una cota superior sobre las existencias finales de cada producto en cada periodo y producto, establecida como un porcentaje (pe) sobre la demanda del periodo siguiente.

$$EF_{t,k}^s \leq pe D_{t+1,k}^s \quad \forall t, k \quad (6)$$

Al final del último periodo de planificación, como es lógico no se permiten existencias, por lo que $EF_{tk}^s = 0$

2.3. Restricciones sobre la financiación propia

Con respecto a las ampliaciones de capital⁷, en la práctica nos encontramos con que la mayoría de las empresas acaban estando financiadas en parte por capitales propios y en parte por capitales ajenos.

En este sentido, coincidimos con Blanco, Ferrando y Martínez cuando afirman que “en su famoso artículo del año 1958, Modigliani y Miller demostraron que, en un mundo sin impuestos y con mercado de capitales perfecto, la forma como se financian las empresas (con capitales propios o con deuda) es irrelevante. De modo que podríamos haber justificado también nuestro supuesto de financiar los proyectos de inversión sólo con capitales propios diciendo que, dado que si no hay impuestos es indiferente la forma de financiación, suponemos que van a ser financiados únicamente por capitales propios. No obstante, los impuestos están presentes en todas las facetas de nuestras vidas, por lo que no los podemos obviar en los cálculos sobre los que se apoyan nuestras decisiones”⁸.

Desde el punto de vista de la valoración de las acciones que conforman los capitales propios, no resulta viable las continuas ampliaciones de capital sin límite o cuantía⁹ por lo que, consideraremos que cada ampliación no puede ser superior a un determinado porcentaje sobre el capital propio¹⁰ y que sólo es posible realizar una ampliación de capital cada a periodos de carencia. De esta forma, la expresión analítica de las ampliaciones de capital, vendrá dada por:

$$\sum_{j=t}^{t+a} y_j^s \leq 1 \quad \forall t \quad (7)$$

donde: y_t^s representa una variable binaria, que vale 1 si se hace la ampliación en el periodo t y 0 en caso contrario.

⁷ Un detalle de las ampliaciones de capital y de la remuneración del capital propio lo podemos consultar en la obra de Block, S. B.: *Administración financiera*. (McGraw-Hill. Madrid, capítulos 17 y 18. 2005)

⁸ Blanco, F.; Ferrando, M.; Martínez, F.: *Dirección financiera I. Selección de inversiones*. (Pirámide. Madrid, págs. 255-256. 2007)

⁹ Si la empresa sólo realiza ampliaciones de capital y todas las inversiones las cubre con capitales propios, sólo podrá crear valor a través de las decisiones de inversión.

¹⁰ Para no producir una ruptura “traumática” (en cualquier sentido) en el ratio de endeudamiento.

Por otra parte, si se realiza una ampliación, es decir, $y_t^s = 1$, deberá tener una cuantía que estará en función del capital propio inicial (CP_0) y las ampliaciones de capital que se hubieran efectuado, por lo que podemos definir la citada restricción de la siguiente forma:

$$Cap_t^s \leq CMAX \left[CP_0 + \sum_{j=1}^{t-1} Cap_j^s \right] y_t^s \quad \forall t \quad (8)$$

siendo Cap_t^s el importe de la ampliación de capital realizada en el periodo t^{11} bajo el escenario s y $CMAX$ el porcentaje máximo, sobre capital propio, que se puede solicitar en cada ampliación. Como la ecuación 8 no es lineal, para linealizarla, se desglosa la citada ecuación en:

$$Cap_t^s \leq M y_t^s \quad \forall t \quad (9)$$

$$Cap_t^s \leq CMAX \left[CP_0 + \sum_{j=1}^{t-1} Cap_j^s \right] \quad \forall t \quad (10)$$

donde $M \rightarrow \infty$

2.4. Restricciones sobre la financiación ajena

Tal y como hemos comentado anteriormente, parece poco probable que nos encontremos con empresas que tan sólo se financien con recursos propios. Es por ello, por lo que la consideración del riesgo financiero resulta un factor importante a la hora de analizar la composición de la estructura financiera de la empresa. En este sentido, con independencia de las operaciones diarias de compra y venta, el riesgo financiero será mayor cuanto mayor sean las deudas que contraiga una empresa para financiar las inversiones.

Si la empresa lo que pretende es mantener constante un determinado nivel de riesgo financiero, deberá combinar, convenientemente, los recursos propios y ajenos de tal forma que, no se distorsione la estructura financiera de la empresa y que no se provoquen situaciones de elevado endeudamiento que pueden llevar a encarecer las fuentes financieras externas o, en situaciones extremas, romper este tipo de fuente de financiación¹².

Efectivamente, el excesivo endeudamiento puede hacer peligrar la solvencia de una empresa, por lo que las entidades financieras suelen ser vigilantes del nivel de riesgo financiero soportable por una empresa.

La forma en que vamos a introducir estas consideraciones en el modelo será mediante un bloque de restricciones¹³, donde representamos por Pmo_{hl}^s la cantidad solicitada en préstamo en el periodo h del tipo l ($l=1, \dots, L$) bajo el escenario s . A este respecto, consideramos que dos o más préstamos son del mismo tipo l , cuando tienen el mismo tipo de interés (int_l) y los mismos coeficientes de amortización periodal¹⁴ (Kp_{jl}). Exigimos, con el fin de diversificar el riesgo, que el capital pendiente de cada uno de los tipos de

¹¹ Al inicio del periodo t .

¹² El mayor riesgo financiero en una empresa lleva acarreado una mayor probabilidad de que pueda entrar en dificultades financieras (concurso de acreedores y quiebra). Es por ello, por lo que en la práctica las empresas mantienen ratios de endeudamiento intermedios. No excesivamente bajos, para poder aprovechar un cierto grado de apalancamiento (si los tipos de interés son muy bajos) con el consiguiente ahorro fiscal de los intereses y, por otra parte, un ratio de endeudamiento no excesivamente alto, que ponga en peligro la continuidad de la empresa.

¹³ En este sentido, cabe señalar a Pisón Fernández, I.: *Dirección y gestión financiera de la empresa*. Pirámide. Madrid. También en la obra de López, J.; Altina, S. (2007): *Gestión bancaria*. (McGraw-Hill. Madrid. 2001)

¹⁴ Aunque se pueden haber pedidos en periodos distintos.

préstamos no supere una determinada cantidad ($EMAX$)¹⁵ sobre los cobros por ventas de los productos k , en el periodo t y para cada escenario s (CVP_t^s). De esta forma, representamos analíticamente la restricción sobre los préstamos del tipo l , como:

$$\sum_{h \leq t} Pmo_{hl}^s \left(1 - \sum_{j=1}^{t-h} kp_{jl} \right) \leq EMAX \quad CVP_t^s \quad \forall t, l \quad (11)$$

donde:

$$CVP_t^s = \sum_{k=1}^K PVP_k (PT_{tk}^s + EF_{t-1k}^s - EF_{tk}^s) \quad \forall t, k \quad (12)$$

siendo PVP_k el precio de venta del producto k .

Una vez definidas las restricciones del modelo $MNPe$ vamos a detallar un conjunto de ecuaciones que nos permita obtener la función objetivo que perseguimos: la de maximizar el Incremento del Neto Patrimonial al final del periodo de planificación T (INP_T), pero no a través de las ampliaciones de capital y la financiación ajena, sino a través de la autofinanciación de enriquecimiento.

Para ello vamos a segmentar las ecuaciones en los siguientes apartados:

- a) Cobros y pagos en el periodo t ($COBPAG$).
- b) Beneficio bruto de explotación en el periodo t (BBE).
- c) Ahorro fiscal por cuotas de amortizaciones practicadas en cada periodo t ($AFAP$).
- d) Ingresos financieros de la tesorería en cada periodo t (IFT).
- e) Beneficio no distribuido al final del periodo t (BND).
- f) Deuda máxima permitida en el periodo t ($DEUMAX$).
- g) Tesorería en el periodo t (TE).
- h) Valor residual de las maquinas viejas en el periodo T ($VRMV$).
- i) Valor residual de las maquinas nuevas en el periodo T ($VRMN$).

Veamos la composición de cada una de las ecuaciones:

a) Cobros y pagos en el periodo t ($COBPAG$)

Este bloque de ecuaciones nos permite calcular los cobros y pagos no operativos (no provenientes de la explotación de la empresa), sobre los cuales vamos a distinguir, dentro de cada periodo t :

a1) Cobros y pagos al principio del periodo t

Las entradas y salidas de flujos monetarios al comienzo de cada periodo t , proceden de los siguientes conceptos:

1. Ampliaciones de capital en cada periodo t y escenario s (Cap_t^s).
2. Préstamos recibidos del tipo l , en el periodo t y escenario s (Pmo_{tl}^s).
3. Cobros por venta de las maquinas viejas al valor de mercado ($CVMV_t^s$).
4. Pagos por adquisición de máquinas nuevas ($PAMN_t^s$).

Así, definimos los cobros y pagos al inicio del periodo t y escenario s – $COBPAG(i)_t^s$ –, como:

¹⁵ Endeudamiento máximo en porcentaje.

$$COBPAG(i)_t^s = \left(Cap_t^s + \sum_{l=1}^L Pmo_{il}^s + CVMV_t^s \right) - PAMN_t^s \quad \forall t, s \quad (13a)$$

a2) Cobros y pagos al final del periodo t

Por otra parte, al final del periodo t , se producen unas salidas de flujos monetarios en concepto de:

1. Pagos por dividendos (PD_t^s).
2. Pago de intereses de los préstamos (PIP_t^s).
3. Pagos por amortización de préstamos (AP_t^s)

De esta forma, determinamos los cobros y pagos al final del periodo t y escenario s , $-COBPAG(f)_t^s$, como:

$$COBPAG(f)_t^s = -(PD_t^s + PIP_t^s + AP_t^s) \quad \forall t, s \quad (13b)$$

donde en la ecuación 13a definimos los cobros por venta de las máquinas viejas:

$$CVMV_t^s = \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^N \sum_{h \geq t} XV_{icvh}^s (h-t+1) AMV_{cv} PCV_{cvh} (1+ca) \quad \forall t, s \quad (14)$$

Es decir, los cobros por ventas de máquinas viejas, vienen dados por el número de máquinas vendidas en cada periodo t , de la clase c , variante v , con h periodos de vida útil, multiplicado por el valor contable de dichas máquinas (calculado como el número de periodos $(h-t)$ de vida útil que todavía le queda a cada máquina), por el tanto por uno de amortización periodal AMV_{cv} , por su valor de adquisición PCV_{cvh} , corregido por el coeficiente de actualización (ca) ¹⁶.

Por otra parte, los pagos por adquisición de maquinaria (ecuación 13a) los podemos definir analíticamente como:

$$PAMN_t^s = \sum_{c=1}^C \sum_{n=1}^N PCN_{cn} (1+g)^{(t-1)} XN_{icn}^s \quad \forall t, s \quad (15)$$

esto es, los pagos realizados por la adquisición de maquinaria nueva vendrá dado por la suma de los precios de adquisición PCN_{cn} de cada máquina multiplicado por el número de máquinas adquiridas en cada periodo t , del tipo c , variante n , en cada escenario s (XN_{icn}^s), corregidos por el efecto de la inflación (g) .

Por último, el importe por cuotas de amortización de los préstamos (AP) del periodo t , bajo el escenario s (ecuación 13b), vendrá definido por la siguiente ecuación:

$$AP_t^s = \sum_{l=1}^L \sum_{n=1}^t Pmo_{nl}^s kp_{(t-h+1)l} \quad \forall t, s \quad (16)$$

b) Beneficio bruto de explotación en periodo t (BBE).

¹⁶ El coeficiente de actualización (ca) representa el tanto por uno estimado de beneficio o pérdida, sobre el valor contable, que se producirá con la venta de la maquinaria vieja, siendo positivo, si se estima que habrá beneficio o negativo si se espera que se produzca una pérdida.

Introducimos la hipótesis de que la empresa realiza todas sus compras y sus ventas al contado, por lo que a falta del análisis y consideración de las dotaciones de amortización de bienes inmuebles, estamos considerando que el flujo neto de caja y el beneficio o pérdida son la misma magnitud. En consecuencia, el beneficio viene determinado por el ciclo de explotación de la empresa y para cada periodo t , lo podemos desglosar de la siguiente forma:

1. Cobros por las ventas de productos en cada periodo t y escenario s (CVP_t^s).
2. Pagos por los costes de producción imputables a máquinas en cada periodo t y escenario s (PCP_t^s).
3. Pagos por otros costes de producción imputables a máquinas en cada periodo t y escenarios s (POC_t^s).

Por lo que, el beneficio bruto (antes de amortizaciones) en cada periodo t y escenario s (BBE_t^s) lo podemos expresar, de forma analítica, como:

$$BBE_t^s = CVP_t^s - PCP_t^s - POC_t^s \quad \forall t, s \quad (17)$$

Donde los cobros por ventas de los productos k , en cada periodo t y escenario s , corregidos debidamente por el proceso inflacionista g , vendrán definidos por:

$$CVP_t^s = \sum_{k=1}^K PVP_k (PT_{tk}^s + EF_{t-1,k}^s - EF_{tk}^s) (1+g)^{(t-1)} \quad \forall t, s \quad (18)$$

Es decir, la producción total en el periodo t , (teniendo en cuenta las existencias iniciales y finales del producto k , bajo el escenario s), multiplicado por el precio de venta del producto k (PVP_k).

Por otra parte, los costes de producción de cada unidad del producto k , dependen de las máquinas con las cuales haya sido elaborada. Así denotamos por: CPN_{kcn} y CPV_{kcv} el coste de producción de una unidad del producto k , imputable a la máquina tipo c , variante n y variante v , según sea máquina nueva o vieja, respectivamente.

El coste de producción de una unidad del producto k , será la suma de los costes de producción atribuibles a cada una de las máquinas (nuevas y/o viejas) en las que ha sido elaborado dicho producto, debidamente corregidos por la inflación g . Analíticamente, podemos expresar los pagos por costes de producción como:

$$PCP_t^s = \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C \left[\sum_{n=1}^N CPN_{kcn} PN_{tkcn}^s + \sum_{v=1}^V CPV_{kcv} PV_{tkcv}^s \right] (1+g)^{(t-1)} \quad \forall t, s \quad (19)$$

Por último, en este bloque de ecuaciones, definimos los pagos por otros costes (POC_k) imputables al producto k . El pago se corresponde con la producción del periodo t , del producto k , por los “otros costes” del producto k . Este tipo de costes (OC_k) no se corresponden con el proceso de producción y son, por ejemplo, del tipo de: costes de almacenamiento, distribución, mano de obra auxiliar, embalaje, etc. Obsérvese que también este tipo de pagos están considerando el proceso inflacionista. De forma analítica los expresamos como:

$$POC_t^s = \sum_{k=1}^K (PT_{tk}^s + EF_{t-1,k}^s - EF_{tk}^s) OC_k (1+g)^{(t-1)} \quad \forall t, s \quad (20)$$

c) Ahorro fiscal por cuotas de amortizaciones practicadas en cada periodo t (AFAP)

La amortización supone el reconocimiento de un coste sin tener que realizar una salida efectiva de tesorería. Como su nombre indica son recursos financieros que afloran directamente en la misma empresa sin tener que recurrir al exterior para su obtención; es decir, son fondos monetarios o autofinanciación que no proceden de aportaciones de los socios (financiación propia) ni de entidades financieras (financiación ajena).

Por otra parte, el dinero dotado en concepto de amortización, que de forma sucesiva irá constituyendo un fondo de amortización acumulada, tendrá como objetivo, junto con el dinero obtenido por la venta del elemento de activo fijo por su valor residual, conseguir la renovación de los elementos productivos al final de su vida útil por otros similares que realicen la misma actividad. Ahora bien, desde el prisma financiero, la dotación de amortización supone rebajar la base imponible del Impuesto de Sociedades, lo que se traduce con una menor cantidad a pagar por este concepto (un ahorro de impuestos).

En el siguiente bloque de ecuaciones reflejamos el ahorro fiscal que se genera por la imputación de las cuotas de amortización de las máquinas nuevas (XN_{jcn}^s), necesarias para cubrir la demanda en cada uno de los escenarios s , teniendo en cuenta el valor de adquisición de cada una de ellas, es decir, PCN_{cn} . De tal forma que, podemos expresar el ahorro fiscal como el producto del tipo impositivo del Impuesto de Sociedades (α) por las cuotas que generen las maquinas nuevas ($AmortN_t^s$) y las máquinas viejas ($AmortV_t^s$), es decir:

$$AFAP_t^s = \alpha (AmortN_t^s + AmortV_t^s) \quad \forall t, s \quad (21)$$

siendo las cuotas de amortización del conjunto de máquinas nuevas, el número de máquinas adquiridas al precio de coste por su coeficiente de amortización (AMN_{cn}), corregido por la inflación.

$$AmortN_t^s = \sum_{c=1}^C \sum_{n=1}^N \sum_{j=t-VU_{cn}}^t [XN_{jcn}^s PCN_{cn} AMN_{cn}] (1+g)^{(j-1)} \quad \forall t, s \quad (22)$$

y las cuotas de amortización de las máquinas viejas es la diferencia entre las existentes al principio y las vendidas, teniendo en cuenta su coeficiente de amortización (AMV_{cv}), es decir:

$$AmortV_t^s = \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^V \sum_{h \geq t} [NV_{cvh} - \sum_{j=1}^t XV_{jcvh}^s] PCV_{cvh} AMV_{cv} \quad \forall t, s \quad (23)$$

d) Ingresos financieros de la tesorería en cada periodo t (IFT)

Una vez que la empresa ha tomado sus decisiones de inversión y éstas han sido financiadas con un ratio de endeudamiento adecuado debemos afrontar el problema de la tesorería que genera la empresa en su ciclo de explotación.

La empresa debe contar en el día a día con la tesorería suficiente para poder hacer frente a sus compromisos de pago derivados de su actividad ordinaria, de los proyectos de inversión ejecutados y la forma de financiación elegida, que producirá sus consiguientes obligaciones de pago de intereses y devolución del principal.

De esta forma, cuando nos centramos en el ámbito financiero debemos considerar la existencia de tres objetivos a alcanzar por cualquier empresa, como son: a) maximizar la rentabilidad de las inversiones, b) minimizar el riesgo, en su doble vertiente, la económica y la financiera y c) garantizar la liquidez de la empresa.

Ahora bien, mientras que hemos definido objetivos bajo la premisa de “maximizar” o “minimizar”, a la liquidez le exigimos “garantizar”, es decir, la supervivencia de la empresa exige el cumplimiento

puntual de los compromisos financieros, actuando frecuentemente como una restricción financiera. Así pues, nos enfrentamos con decisiones incompatibles, teniendo que plantear cuestiones como, por ejemplo, si es conveniente reducir la liquidez en el corto plazo para poder mejorar la rentabilidad o cuánto estamos dispuestos a arriesgar más para conseguir mayor rentabilidad en el largo plazo.

Desde el punto de vista financiero, una empresa no presenta problemas de liquidez cuando demuestra su capacidad de hacer frente a sus obligaciones de pago a su vencimiento. En la práctica, para evitar tensiones en la liquidez de la empresa, se suele establecer un “stock de seguridad”. Ahora bien, hasta que la empresa precise de los medios monetarios de la tesorería para hacer frente a las obligaciones de pago al vencimiento, la empresa dispone de “puntas de liquidez” que se pueden y deben reinvertir en activos financieros que, ajustados convenientemente con el vencimiento de los pagos, generan una rentabilidad ajena al ciclo de explotación de la empresa, que puede resultar interesante.

En el modelo *MNPe* planteamos que la empresa tiene una tesorería mínima (*TEMIN*) que le permita poder hacer frente a las obligaciones de pago corrientes a lo largo del periodo. Partiendo de la tesorería en el periodo ($t-1$) y bajo el escenario s , las cantidades que superan ese *stock* de seguridad fijado, se pueden reinvertir en activos financieros o monetarios que puedan ser líquidos en el momento en que aparezca la exigencia de pago. De esta forma, la empresa obtiene una rentabilidad de sus excedentes monetarios a una tasa de rendimiento rt .

Por otra parte, las fuentes monetarias que obtiene la empresa, como hemos señalado anteriormente, son los beneficios brutos de explotación para el periodo t y en el escenario s (BBE_t^s), que suponemos que se consiguen de forma continua a lo largo de todo el ejercicio, y los cobros y pagos al principio de cada periodo t , en cada escenario s , ($COBPAG(i)_t^s$). Así pues, podemos reflejar las ecuaciones de los ingresos financieros de la tesorería como:

$$IFT_t^s = rt \{ TE_{t-1}^s - TEMIN + COBPAG(i)_t^s + (1/2)BBE_t^s \} \quad \forall t, s \quad (24)$$

e) Beneficio no distribuido al final del periodo t (*BND*)

El beneficio generado por la empresa lo podemos desglosar en los siguientes conceptos:

1. Beneficio bruto de explotación en el periodo t , bajo el escenario s , (BBE_t^s)-ecuación 17-.
2. Ahorro fiscal por amortizaciones practicadas en el periodo t , bajo el escenario s , ($AFAP_t^s$) - ecuación 21-.
3. Los ingresos financieros de la tesorería en el periodo t , bajo el escenario s , (IFT_t^s) - ecuación 24 -.
4. La variación patrimonial de las maquinas viejas ($VPMV_t^s$).
5. Pago de intereses de los préstamos (PIP_t^s).
6. Pagos por dividendos (PD_t^s).

De esta forma, teniendo en cuenta el tipo impositivo (α), el beneficio generado y no distribuido en el periodo t , bajo el escenario s , vendrá dado por:

$$BND_t^s = (1 - \alpha) \{ BBE_t^s + AFAP_t^s + IFT_t^s + VPMV_t^s - PIP_t^s \} - PD_t^s \quad \forall t, s \quad (25)$$

donde la expresión analítica de la variación patrimonial¹⁷ de las máquinas viejas la podemos expresar como:

¹⁷ Este tipo de variación supone la aparición de un impuesto patrimonial cuando los elementos de inmovilizado han finalizado su vida útil, en cuyo caso, puede ocurrir que tengan un valor residual positivo o nulo. Si es nulo, no se realiza ningún cobro, pero si es positivo, puede ocurrir que coincida con el valor contable, en cuyo caso no existirá ninguna variación patrimonial, o que no coincida con el valor contable, en cuyo caso deberemos analizar si es mayor o menor.

$$VPMV_t^s = \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^V \sum_{h \geq t} [XV_{cvh}^s (h-t+1) AMV_{cv} PCV_{cvh} ca] \quad \forall t, s \quad (26)$$

La expresión analítica que nos permite desarrollar el incremento patrimonial tiene su origen en los cobros por ventas de máquinas viejas que vienen dados por el número de máquinas vendidas en cada periodo t , de la clase c , variante v , con h periodos de vida útil, multiplicado por el valor contable de dichas máquinas (calculado como el número de periodos $(h-t)$ de vida útil que todavía le queda a cada máquina), por el tanto por uno de amortización periodal AMV_{cv} , por su valor de adquisición PCV_{cvh} , corregido por un coeficiente de actualización que se aplica como consecuencia del desgaste físico u obsolescencia tecnológica (ca)¹⁸.

Por otra parte, el pago del interés de los préstamos lo calculamos mediante la expresión:

$$PIP_t^s = \text{int}_l \sum_{l=1}^L \sum_{h=1}^t Pmo_{hl}^s \left(1 - \sum_{j=1}^{t-h} kp_{jl} \right) \quad \forall t, s \quad (27)$$

donde int_l , representa el interés nominal que se paga por los préstamos obtenidos del tipo l y Kp_{jl} el coeficiente de amortización periodal en el periodo t , del tipo de préstamo l .

Por último, el pago de dividendos vendrá dado por siguiente expresión:

$$PD_t^s = \text{rea} \left(CP_0 + \sum_{j=1}^t Cap_j^s \right) \quad \forall t, s \quad (28)$$

donde rea , es la remuneración exigida por los accionistas y supone la tasa de reparto de dividendo que se aplica sobre el capital propio inicial (CP_0) y sobre las ampliaciones de capital que se hayan realizado (Cap_j^s).

f) Deuda máxima permitida en el periodo t (DEUMAX)

Las empresas no pueden endeudarse hasta límites que supongan un riesgo sobre su solvencia financiera y suponga una ruptura del ratio de endeudamiento prefijado.

La forma en que podemos introducir esta circunstancia en el modelo *MNPe* es suponer que la deuda máxima, en cada periodo t , vendrá dada por el saldo vivo de los préstamos (*SVP*) al principio del periodo t . Para ello, definimos un ratio de endeudamiento (*RE*)¹⁹ sobre el neto patrimonial y formulamos los fondos propios como el capital propio al inicio del periodo de planificación (CP_0) más las ampliaciones de capital que se hayan realizado y el beneficio no distribuido o autofinanciación de enriquecimiento. Es decir:

$$SVP_t^s \leq RE \left(CP_0 + \sum_{j=1}^t Cap_j^s + \sum_{j=1}^{t-1} BND_j^s \right) \quad \forall t, s \quad (29)$$

donde el saldo vivo de los préstamos al principio del periodo t , vendrá dado por:

$$SVP_{t-1}^s = \sum_{l=1}^L \sum_{h=1}^t Pmo_{hl}^s \left(1 - \sum_{j=1}^{t-h} kp_{jl} \right) \quad \forall t, s \quad (30)$$

Si el valor residual es mayor que el valor contable, significa que se produce un valor de mercado superior al valor "en libros", por lo que aflora una variación patrimonial positiva, de la cual la empresa deberá pagar el impuesto correspondiente. Por el contrario, si el valor residual es menor que el valor contable, esto es, el valor de mercado es inferior al valor contabilizado, se produce una disminución patrimonial, por la cual la empresa podrá liquidar un impuesto menor.

¹⁸ El coeficiente ca representa el tanto por uno estimado de beneficio o pérdida, sobre el valor contable, que se producirá con la venta de la maquinaria vieja, siendo positivo, si se estima que habrá beneficio o negativo si se espera que se produzca una pérdida. Si ca es positivo, se genera un incremento patrimonial y, por el contrario, si es negativo, una disminución patrimonial.

¹⁹ Definido como recursos ajenos sobre el neto patrimonial.

g) Tesorería en el periodo t (TE)

A partir de todos los conceptos anteriormente definimos, podemos llegar a formar la tesorería al final del periodo t , bajo el escenario s , como:

$$TE_t^s = TE_{t-1}^s + COBPAG(i)_t^s + COBPAG(f)_t^s - \alpha \cdot VPMV_t^s + (1-\alpha)(BBE_t^s + IFT_t^s) + \alpha PIP_t^s + AFAP_t^s \quad \forall t, s \quad (31)$$

esto es, la tesorería del periodo anterior ($t-1$) en el escenario s , los cobros y pagos del cada periodo t y escenario s (ecuaciones 13a y 13b), la variación patrimonial de las máquinas viejas y su efecto impositivo en cada periodo t y escenario s (ecuación 26), el beneficio bruto de explotación y los ingresos financieros de la tesorería en cada periodo t y escenario s (ecuaciones 17 y 24) y, por último, el ahorro fiscal de los intereses pagados de los préstamos obtenidos en cada periodo t y escenario s (ecuación 27).

h) Valor residual de las máquinas viejas en el periodo T ($VRMV$)

El valor contable de una máquina del tipo c , variante v , se obtiene por diferencia entre el valor de adquisición y las cuotas de amortización dotadas o, lo que es lo mismo, la suma de las cuotas de amortización practicadas.

El valor residual o valor neto contable de las máquinas viejas existentes al final del periodo de planificación, vendrá dado por la suma de las existentes de cada tipo y variante (c, v), con vida útil superior al periodo de planificación ($h > T$), multiplicado por su valor neto contable, para cada uno de los escenarios analizados s . Analíticamente, lo expresamos como:

$$VRMV_T^s = \sum_{c=1}^C \sum_{v=1}^V \sum_{h>T} \left(NV_{cvh} - \sum_{t=1}^T XV_{tcvh}^s \right) (h-T) AMV_{cv} PCV_{cvh} \quad \forall s \quad (32)$$

i) Valor residual de las máquinas nuevas en el periodo T ($VRMN$)

El valor neto contable del conjunto de máquinas del tipo c , variante n , que existen al final del periodo de planificación T , será el producto del número de máquinas existentes por el valor neto contable de cada una de ellas, es decir, el valor residual del conjunto de máquinas nuevas será el número de máquinas existentes por su valor contable, obtenido como el número de periodos de vida útil restantes al final del periodo de planificación, $t + VU_{cn} - T - 1$, siendo VU_{cn} el número de periodos de vida útil de las máquinas tipo c , variante n , multiplicado por el tanto por uno de amortización periodal AMN_{cn} y por su valor de adquisición.

$$VRMN_T^s = \sum_{c=1}^C \sum_{n=1}^N \sum_{t>T-VU_{cn}} XN_{tcn}^s (t + VU_{cn} - T - 1) AMN_{cn} PCN_{cn} (1+g)^{(t-1)} \quad \forall s \quad (33)$$

A partir de las ecuaciones 1 a 33, podemos expresar la función objetivo del modelo $MNPe$ como maximizar el Incremento del Neto Patrimonial en el periodo T , bajos el escenario s , ($INPT^s$) de la siguiente forma²⁰:

²⁰ Debemos tener presente que la amortización acumulada puede ser considerada como una cuenta de activo con signo negativo, en cuyo caso resta al activo fijo o, por el contrario, como una cuenta de pasivo, en cuyo caso tiene la consideración de sumar al capital social y las reservas como neto patrimonial, ya que mientras no se renueve el activo fijo, se puede utilizar en inversiones rentables.

$$MaxINPT^s = TE_T^s + VRMV^s + VRMN^s - \left(\sum_{t=1}^T Cap_t^s + CP_0 \right) - SVP_T^s - NP_0 \quad \forall s \quad (34)$$

siendo NP_0 , el neto patrimonial de la empresa al inicio del periodo de planificación.

Como podemos comprobar, nuestra función objetivo recoge todos los flujos netos de caja que la empresa genera en todo proceso de inversión y financiación, el valor residual de las máquinas nuevas y viejas al final del periodo de planificación, descontando las posibles ampliaciones de capital, el saldo vivo de los préstamos solicitados y el neto patrimonial inicial, esto es, todo el incremento que la empresa está generando mediante la autofinanciación de enriquecimiento.

3. Planteamiento del Modelo de Neto Patrimonial Coordinado (MNPC)

Con el modelo $MNPe$ obtenemos la solución óptima para cada uno de los escenarios s . Esa solución solamente será correcta si la demanda que finalmente se produce se ajusta al escenario elegido.

Al no conocer qué escenario se puede producir, proponemos la construcción de un Modelo de Neto Patrimonial coordinado ($MNpc$) que nos garantice la robustez de la solución obtenida, es decir, que sea cual sea el escenario que se produzca, la solución del modelo coordinado difiera lo mínimo posible de la solución que se habría adoptado de haber conocido de antemano el escenario que se iba a dar.

Debemos determinar la cantidad a ofertar de cada producto en cada periodo, pero es evidente que no podemos permitir que la oferta a realizar para cada periodo y producto sea inferior a la menor de todos los escenarios, es decir, que la demanda, en ningún caso, debe ser inferior a la menor de las demandas de los escenarios considerados:

$$D \min_{ik} = \min_s \{ D_{ik}^s \} \quad \forall t, k \quad (35a)$$

ni superior a la mayor,

$$D \max_{ik} = \max_s \{ D_{ik}^s \} \quad \forall t, k \quad (35b)$$

En consecuencia, la cantidad producida más las existencias iniciales menos las existencias finales, deberá estar comprendida entre estos dos valores, es decir, la oferta a realizar en el modelo coordinado será:

$$D \min_{ik} \leq PT_{ik} + EF_{t-1,k} - EF_{ik} \leq D \max_{ik} \quad \forall t, k \quad (36)$$

De este modo, se puede realizar una oferta en el $MNpc$ que puede ser superior a la de cada escenario particular s , en un número de unidades o exceso en demanda ED_{ik}^s , es decir:

$$PT_{ik} + EF_{t-1,k} - EF_{ik} = D_{ik}^s + ED_{ik}^s \quad \forall t, k, s \quad (37)$$

o inferior o defecto en demanda DD_{ik}^s , es decir:

$$PT_{ik} + EF_{t-1,k} - EF_{ik} = D_{ik}^s - DD_{ik}^s \quad \forall t, k, s \quad (38)$$

A partir de la definición de $Dmin$ y $Dmax$ y dado que la oferta que debemos realizar no podrá ser inferior a la menor de las demandas, ni superior a la mayor de ellas, el valor máximo de estas desviaciones vendrá dado por:

$$\begin{aligned} ED_{ik}^s &\leq D \max_{ik} - D_{ik}^s \\ DD_{ik}^s &\leq D_{ik}^s - D \min_{ik} \end{aligned} \quad (39)$$

En el modelo *MNPc* introducimos un límite al almacenamiento, no permitiendo que las existencias finales en cada periodo EF_{ik} sobrepasen un porcentaje (pe) de la demanda media de todos los escenarios para el periodo siguiente, lo cual implica que el último periodo no puede haber almacenamiento²¹.

Por otra parte, el valor del Incremento del Neto Patrimonial en el periodo T , ($INPT$) para el modelo coordinado *-INPTCOOR-* se obtiene de la misma forma que el $INPT$ para cada uno de los escenarios²², quedando expresado de la siguiente forma:

$$Max INPT = TE_T + VRMV_T + VRMN_T - \left(\sum_{t=1}^T Cap_t + CP_0 \right) - SVP_T - NP_0 \quad (40)$$

Los objetivos que se persiguen con el *MNPc*, son los siguientes:

1. Optimalidad, es decir, maximizar $INPT$ en el *MNPc* (*INPTCOOR*).
2. Factibilidad, esto es, que la diferencia máxima, tanto por exceso como por defecto, entre la oferta del coordinado y la demanda de cada escenario, para cada periodo t y cada producto k , sea lo más pequeña posible, para lo cual se introducen unas variables ($DesMax_{ik}$) que actuaran de cota superior para estas diferencias.

Así pues, definimos la factibilidad como:

$$\begin{aligned} ED_{ik}^s &\leq DesMax_{ik} \\ DD_{ik}^s &\leq DesMax_{ik} \end{aligned} \quad (41)$$

de modo que, al minimizar el valor de las variables $DesMax_{ik}$, se consigue minimizar la mayor de las diferencias ED_{ik}^s , DD_{ik}^s para cada periodo t y producto k . Sustituyendo la desviaciones por exceso ED_{ik}^s , por su valor en función de la oferta del coordinado y la demanda de cada escenario s , se tiene:

$$PT_{ik} + EF_{t-1,k} - EF_{ik} - D_{ik}^s \leq DesMax_{ik} \quad \forall t, k, s \quad (42)$$

y haciendo lo mismo con la desviación por defecto DD_{ik}^s obtenemos:

$$D_{ik}^s - PT_{ik} - EF_{t-1,k} + EF_{ik} \leq DesMax_{ik} \quad \forall t, k, s \quad (43)$$

El intercambio entre los criterios de optimalidad y factibilidad se abordan en el *MNPc* mediante la combinación lineal convexa de ambos, es decir:

$$Min Z = \lambda \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K DesMax_{ik} + (1 - \lambda)(-INPTCOOR) \quad (44)$$

de modo que $0 \leq \lambda \leq 1$ representa la ponderación que el decisor proporciona a cada uno de los objetivos de optimalidad y factibilidad. Así, cuando $\lambda=0$, el objetivo perseguido será la optimalidad, cuando $\lambda=1$ el objetivo es la factibilidad.

²¹ Ver ecuación 6.

²² Ver ecuación 34.

Con todo ello, podemos formular el *MNPc* coordinado de la siguiente forma:

Objetivo:

$$\text{Min } Z = \lambda \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K \text{DesMax}_{tk} + (1-\lambda)(-INPTCOOR) \quad (45)$$

Restricciones²³:

$$\sum_{k=1}^K PV_{tkcv} AV_{kcv} \leq UTD_t \sum_{h \geq t} \left(NV_{cvh} - \sum_{j \leq t} XV_{jcvh} \right) \quad \forall t, c, v \quad (46)$$

$$\sum_{k=1}^K PN_{tkcn} AN_{kcn} \leq UTD_t \sum_{j \in J_t} XN_{jcn} \quad \forall t, c, n, \quad (47)$$

$$PT_{tk} \leq \sum_{n=1}^N PN_{tkcn} + \sum_{v=1}^V PV_{tkcv} \quad \forall t, k \quad \forall c \in C_k \quad (48)$$

$$PT_{tk} + EF_{t-1,k} - EF_{tk} - D_{tk}^s \leq \text{DesMax}_{tk} \quad \forall t, k, s \quad (49)$$

$$D_{tk}^s - PT_{tk} - EF_{t-1,k} + EF_{tk} \leq \text{DesMax}_{tk} \quad \forall t, k, s \quad (50)$$

$$\text{MaxINPT} = TE_T + VRMV_T + VRMN_T - \left(\sum_{t=1}^T \text{Cap}_t + CP_0 \right) - SVP_T - NP_0 \quad (51)$$

$$0 \leq \text{DesMax}_{tk} \leq D \max_{tk} - D \min_{tk} \quad (52)$$

$$\sum_{j=t}^{t+a} y_j \leq 1 \quad \forall t \quad (53)$$

$$\text{Cap}_t \leq \text{CMAX} \left[CP_0 + \sum_{j=1}^{t-1} C_j \right] y_t \quad \forall t \quad (54)$$

$$\sum_{h \leq t} Pmo_{hl} \left(1 - \sum_{j=1}^{t-h} kp_{jl} \right) \leq \text{EMAX} \text{CVP}_t \quad \forall t, l \quad (55)$$

$$PV_{tkcv}, PN_{tkcn}, PT_{tk}, EF_{tk}, XV_{jcvh}, XN_{jcn} \in Z^+; y_j \in \{0,1\}; \text{Cap}_t, Pmo_{il} \geq 0$$

4. Conclusiones

Como hemos formulado anteriormente en la ecuación 44, el modelo *MNPc* expuesto posee una función biobjetivo que tiene en cuenta la maximización de la rentabilidad de las inversiones productivas, la forma en que se financian y su repercusión sobre el neto patrimonial, con la minimización de las desviaciones sobre la demanda de los productos ante una demanda incierta.

Puesto que estamos interrelacionando decisiones de inversión y de financiación en ambiente de incertidumbre, no nos centramos en un único objetivo válido tan sólo para una de las decisiones de inversión o financiación. Así pues, a lo largo de este artículo hemos venido argumentando que el objetivo financiero de maximizar la rentabilidad absoluta neta (o dicho de otra forma, la actualización de los flujos

²³ Las ecuaciones 46, 47, 48 y 51 son la versión del *MNPc* de las ecuaciones 2, 3, 4 y 34 del *MNPe*.

netos de caja) de las decisiones de inversión es perfectamente válido, si no tenemos en cuenta que dichas inversiones deben ser financiadas. Por otra parte, también hemos argumentado que el objetivo financiero de minimizar el coste financiero de los recursos monetarios, también es un objetivo correcto, si no tenemos en cuenta que las decisiones de inversión deben ser conocidas con anterioridad a la toma de decisiones financieras. Es decir, si perseguimos objetivos individuales estamos consiguiendo soluciones parciales o aisladas a cada uno de los planteamientos, de inversión o de financiación.

Llegado este punto, ¿qué objetivo conjunto hemos planteado capaz de satisfacer las decisiones interrelacionadas de inversión y financiación? La solución que hemos propuesto y que consideramos que satisface plenamente las decisiones conjuntas es la de maximizar el incremento del neto patrimonial de una empresa al final del periodo de planificación (T). Consideramos que es una solución que logra los objetivos particulares de las decisiones consideradas de forma aisladas, puesto que en su formulación estamos teniendo en cuenta que las inversiones sean rentables, que las fuentes financieras sean económicas y, en definitiva, que la política de producción-inversión de la empresa y la política de financiación, logren que, en un periodo determinado (periodo de planificación T), la empresa pueda incrementar al máximo su neto patrimonial. En dicho objetivo recogeremos los flujos netos de caja generados por el ciclo de explotación de los proyectos de inversión ejecutados y la financiación necesaria para dichas inversiones según el modelo de necesidades financieras.

En el presente trabajo hemos considerado que la mayor y más importante carga de incertidumbre la tiene la demanda de los productos que la empresa produce y comercializa. Si bien, nos podríamos haber planteado otros parámetros, consideramos que la demanda es el factor con un mayor grado de incertidumbre porque, si la empresa “hipotética” que estamos analizando ya está en funcionamiento y tiene una experiencia en su mercado de referencia, en base a ella, conoce, sus costes de producción, la productividad de la maquinaria, el estado de la tecnología en el sector, los clientes y proveedores, el mercado laboral, etc., pero lo que no conoce con “cuasi-exactitud”, será la demanda del lanzamiento de nuevos productos, cambios en los gustos de los consumidores, etc, es decir, variables extremadamente complejas de controlar.

En consecuencia, consideramos que el lanzamiento de nuevos productos tiene una elevada incertidumbre sobre la demanda, puesto que, si bien los costes de producción pueden ser estimados en la fase de desarrollo del producto con un alto grado de fiabilidad, así como la productividad de la maquinaria y otras inversiones necesarias, nunca el grado de aceptación de los productos ni la reacción de los competidores pueden llegar a ser una variable controlable. Ahora bien, hemos supuesto que considerar una demanda incierta no significa que sea totalmente aleatoria, ya que puede ser objeto de estudios de mercado, estudios de capacidad de penetración de nuestros productos o estudios de las debilidades de nuestra competencia, etc.

Este tipo de estudios nos pueden facilitar la labor y, en alguna medida, reducir la incertidumbre mediante “fotografías” de las situaciones que se pueden llegar a presentar. Esta idea aproximada de cuál puede ser la demanda de nuestros productos la podemos llegar a plasmar en “posibles escenarios”. Éstos deben intentar reflejar las posibles circunstancias que, en alguna medida, pueden llegar a modificar el comportamiento de la demanda de los productos. Por ejemplo, la reacción de los competidores, los cambios en los gustos de los clientes, el lanzamiento de una campaña publicitaria, el encarecimiento de las fuentes financieras que hagan que los clientes demanden menos productos, etc.

Todas las circunstancias anteriores provocan distintas demandas posibles y, por tanto, distintos escenarios para los cuales la empresa determina la demanda estimada para cada tipo de producto según los factores que dan origen a dicho escenario. Por otra parte, puesto que las decisiones de inversión y las decisiones de financiación tienen una elevada carga de incertidumbre, demanda por escenarios, tipos de máquinas, variantes, tipos de préstamos, forma de las ampliaciones de capital, etc., provocan que la

introducción de parámetros inciertos en la formulación de los modelos de planificación financiera haga que el problema de la interrelación de las decisiones sea, si cabe, más complejo.

Con todo ello, las decisiones interrelacionadas de inversión y financiación, con la consideración de una demanda de productos ajustada en varios escenarios, hemos planteado un Modelo de Neto Patrimonial con escenarios (*MNPe*) mediante el cual hemos formulado la función objetivo de maximizar el Incremento del Neto Patrimonial al final del periodo de planificación T (*INPT*).

Las pruebas realizadas nos permiten obtener una variabilidad en la función objetivo (*INPT*). Puesto que la empresa no sabe a ciencia cierta qué escenario se llegará a dar en la realidad, soporta una elevada carga de incertidumbre, ya que puede ocurrir que, si se muestra optimista en sus previsiones, adquiera equipos productivos para la demanda elevada y, si éste no acontece, incurrirá en unas elevadas pérdidas si se produce una demanda inferior. Por el contrario, si tiene una actitud conservadora y aversa al riesgo, adquirirá los equipos productivos necesarios para poder cubrir la demanda del escenario más pesimista y, si se produce un escenario mejor, no podrá llegar a satisfacer la demanda del mercado, puesto que no tendrá capacidad productiva para ello.

Llegado este punto, hemos planteado el modelo de Neto Patrimonial coordinado (*MNPe*). Este modelo, en su formulación analítica, nos muestra que se pueden llegar a conjugar una función bioobjetivo mediante una combinación lineal convexa que persiga la maximización del incremento del neto patrimonial al final del periodo T en el modelo coordinado (*INPTCOOR*-optimalidad) con la minimización de las desviaciones en la demanda (*DESDEM*-factibilidad).

El factor de ponderación del riesgo λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) provoca que el modelo en los valores extremos de 0 ó 1 no tengan sentido financiero, es decir, si toma el valor 0, se incrementa el neto patrimonial sin tener en cuenta las desviaciones en la demanda. De forma contraria, si toma el valor 1, se minimizan las desviaciones en la demanda de los productos, sin tener en cuenta el valor del incremento del neto patrimonial. Es por ello, por lo hemos excluido dichos valores y solamente consideramos el intervalo de variación entre 0.1 y 0.9. Así pues, conforme aumenta el valor de λ , la empresa está reduciendo su neto patrimonial (en el horizonte de planificación) pero, al mismo tiempo, está minimizando el riesgo de que se produzcan desviaciones sobre la demanda de los productos, es decir, está minimizando el riesgo absoluto del proyecto empresarial.

Referencias Bibliográficas

1. Gil Lafuente, A. M. *Nuevas estrategias para el análisis financiero de la empresa*, (Ariel, Barcelona, 2000).
2. Cantalapiedra Arenas, M. *Manual de gestión financiera para pymes*, (Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000, Madrid, 2001).
3. González Pascual, J. *Análisis de la empresa a través de su información económico-financiera. Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*, (Pirámide, Madrid, 2008).
4. Cantalapiedra Arenas, M. Diseño de un modelo de planificación financiera propio, *Estrategia Financiera* **254** (2008) 18-23.
5. Núñez Monedero, T. La gestión de las previsiones de la tesorería en entornos de incertidumbre. *Harvard Deusto Finanzas & Contabilidad* Marzo (2009) 24-35.
6. Blanco, F. Ferrando, M. Martínez, F. *Dirección financiera I. Selección de inversiones*, (Pirámide, Madrid, 2007).
7. Block, S. B. *Administración financiera*, (McGraw-Hill, Madrid, 2005).
8. Pisón Fernández, I. *Dirección y gestión financiera de la empresa*, (Pirámide, Madrid, 2001).
9. Canós, M.J. Mocholí, M. Navarro, V. Optimización de planes de inversión. *Actas del XIII Congreso Nacional AEDEM y IX Congreso Hispano-Francés*. Universidad de la Rioja. Logroño. La Rioja, (1999).
10. Canós, M.J. Mocholí, M. Navarro, V. Fondos propios: una aplicación mediante la optimización robusta, *Análisis Financiero* **92** (2005) 94-102.

11. Dembo, R.S. Scenario Optimization. *Annals of Operations Research* **30** (1991) 63-80.
12. López, J. Altina, S. *Gestión bancaria* (McGraw-Hill, Madrid, 2007).
13. Mulvey, J.M. Vanderbei, R.J. Zenios, S.A. Robust Optimization of Large-Scale Systems. *Operations Research* **43** (1995) 262-281.
14. Navarro Miquel, V. Mocholí Arce, M. PSI: Programa de Selección de Inversiones mediante optimización robusta. *Análisis Financiero* **99** (2005) 25-34.
15. Navarro Miquel, V. y otros, *Dirección Financiera II. Medios de financiación empresarial*, (Pirámide. Madrid 2006).