

---

# LAS OPCIONES REALES EN LA VALORACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE DESPIDO COLECTIVO, PARTICULARIZADO EN LOS EXPEDIENTES DE REGULACIÓN DE EMPLEO DE ESPAÑA

SANTOS EGUREN SEGURADO, PABLO SOLANA PÉREZ y  
MERCEDES GRIJALVO MARTÍN

---

## RESUMEN

*Este trabajo tiene como objetivo exponer la integración de las opciones reales en la valoración de los procedimientos de despido colectivo, en particular en los 'expedientes de regulación de empleo', que es la figura legal a la que recurren las empresas en España al encontrarse en una situación económica negativa y cuya utilización se acrecienta en épocas de crisis. En base al análisis de los flujos de ahorro generados por la reducción de los recursos humanos se analizan los factores que pueden crear una incertidumbre a futuro, concluyendo que la demanda es el factor que crea esta incertidumbre y pone en valor la teoría de opciones reales. A partir de la consideración de*

*la demanda como factor de incertidumbre se desarrolla un modelo para obtener el valor óptimo del número de contratos de trabajo a extinguir, de modo que sitúe a la organización en la mejor posición para la toma de decisiones y minimice la pérdida de un bien tan crítico como es el capital humano. La teoría de opciones reales, herramienta de gestión, novedosa y contrastada, posibilita realizar la valoración de los procedimientos de despido colectivo tomando en consideración la demanda dinámica, lo que permite cuantificar mejor el resultado de la decisión y supone un avance sobre la valoración tradicional realizada con demanda estática.*

---

Las organizaciones promueven en momentos de crisis proyectos cuyo principal objetivo es la reducción de costes para mejorar su eficiencia, intentando con ello compensar en muchos casos las caídas de ingresos y beneficios, derivados de una menor demanda. Una forma a la que recurren las organizaciones en España para conseguir este objetivo, es la reducción de recursos humanos (RRHH) amparadas en la legislación vigente de los 'expedientes de regulación de empleo' (ERE; Real Decreto-ley, 2012).

La reducción de RRHH puede suponer por tanto una ventaja sostenible a largo plazo, pero tres factores se deben considerar ante una decisión de esta naturaleza. El primero es la incertidumbre sobre la recuperación de la demanda, lo que puede suponer una pérdida de competitividad al no disponer de los recursos necesarios para poder adaptarse a un cambio imprevisto de mejora en la situación, con la complejidad añadida para la recuperación de las capacidades perdidas; el segundo es la indemnización a pagar a los trabajadores, que puede demorar

en un plazo relevante los beneficios a obtener; y el tercero el impacto social que este tipo de proyectos lleva consigo.

A partir del conocimiento del procedimiento de actuación en los proyectos de ERE, este trabajo tiene como objetivo obtener el nivel óptimo de reducción de RRHH integrando para ello las opciones reales en dichos proyectos, desarrollando un modelo que permita establecer cómo hay que hacer la reducción de modo que suponga una contribución sobre la mera reducción de RRHH para cuadrar la cuenta de resultados y que signifique

---

**PALABRAS CLAVE / Expediente de Regulación de Empleo / Modelo del Vendedor de Periódicos / Opciones Reales / Recursos Humanos /**

---

Recibido: 18/08/2014. Modificado: 14/07/2015. Aceptado: 15/07/2015.

**Santos Eguren Segurado.** Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y Máster en Ingeniería de Organización, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. Profesor, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII-UPM), España. Dirección: Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística, ETSII-UPM. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 - Madrid, España. e-mail: santos.eguren@upm.es

**Pablo Solana Pérez.** Doctor Ingeniero Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, España. Profesor, ETSII-UPM, España.

**Mercedes Grijalvo Martín.** Doctora en Ingeniería Mecánica y Organización Industrial, Universidad Carlos III de Madrid, España. Profesora, ETSII-UPM, España.

---

asimismo un avance sobre los estudios que recoge la literatura relativos a la integración de las opciones reales en la gestión de RRHH, que hasta el momento solo se han abordado de forma teórica.

De las diferentes modalidades de opciones reales, la que aquí se aplica es la opción de contracción, al ser la que permite valorar las condiciones de producción flexible, de modo que tomando como factor de incertidumbre la variabilidad de la demanda ( $\sigma$ ) se desarrolla un modelo que relaciona el resultado operativo esperado con el alcance del ERE. Para este modelo se obtiene el valor óptimo de producción aplicando la herramienta de gestión de operaciones denominada 'modelo del vendedor de periódicos' (*news-vendor model*; Porteus, 2002), que establece el fractil crítico (*critical fractile*;  $\lambda$ ) a partir de la relación entre el margen de contribución y el coste fijo por unidad producida.

La validez del modelo obtenido se comprueba de dos maneras, aplicándolo al caso real de una empresa en situación económica negativa que requiere realizar un proyecto de ERE, y a partir de los resultados que genera el modelo para una muestra que cubre todo el espectro posible y que se configura mediante la variación simultánea de los dos parámetros de dependencia, el fractil crítico y la variabilidad de la demanda ( $\lambda$ ,  $\sigma$ ).

Este trabajo supone una aportación teórica al avanzar en la aplicación de las opciones reales en la gestión de RRHH, una aportación práctica al desarrollar un modelo para obtener el alcance óptimo en un proyecto de ERE y una contribución social al rebajar el impacto que este tipo de proyectos conllevan.

## Las Opciones Reales y la Gestión de RRHH

La teoría de opciones reales es una poderosa herramienta que permite valorar proyectos operacionales estratégicos de forma flexible en una organización, superando de este modo el análisis utilizado hasta su aparición, que conllevaba cuantificar el proyecto de forma pasiva mediante el descuento de los flujos de caja. Para esta valoración flexible se tienen en consideración las incertidumbres futuras, que supone agregar las opciones al proyecto, lo cual constituye un grado de aportación significativo. Estas opciones son un derecho pero no una obligación para tomar una determinada decisión y tienen valor en la medida que ayudan a estudiar las oportunidades que se presentan para planear y gestionar inversiones estratégicas

(Amram y Kulatilaka, 2000), siendo uno de los aspectos más relevantes la forma en que son tratadas estas oportunidades (De Almeida y Patricio, 2014).

Las opciones reales tienen su origen a partir de la teoría de opciones (financieras, Brealey *et al.*, 2010). Una opción financiera es un contrato que da al comprador de la opción, el derecho a comprar o vender un activo financiero, a un precio de ejercicio, en una fecha determinada (opción europea) o durante un periodo de tiempo (opción americana). El comprador de la opción tiene el derecho pero no la obligación de ejercitar la opción y de forma teórica paga una prima al vendedor de la opción, que tiene la obligación de cumplir el acuerdo. El comprador ejercitará una opción de compra si el precio del activo financiero en el mercado es superior al precio de ejercicio y ejercitará una opción de venta si el precio del activo financiero en el mercado es inferior al precio de ejercicio.

Aunque las opciones reales mantienen una filosofía propia en cuanto a su adecuación y aplicación, se pueden considerar tres etapas semejantes a las fundamentadas en el ejercicio de las opciones financieras. En un primer momento se invierte en la opción, luego durante el tiempo de espera se produce el cambio del valor en la opción debido a acontecimientos ajenos al poseedor de la opción y finalmente en la fecha de ejercicio el poseedor de la opción en base a la evolución del valor del proyecto decide si la ejercita o no (Adner y Levinthal, 2004).

Brealey *et al.* (2010) consideran cuatro tipos principales de opciones reales:

*Opción de expansión*, consistente en realizar una primera inversión con resultado incierto e incluso negativo, pero que permite situarse en el mercado para abordar posteriores inversiones que sobrepasan el resultado de la primera inversión.

*Opción de aplazamiento*, que plantea que aún cuando el proyecto tenga un valor actual neto (VAN) positivo es mejor esperar para ver qué pasa con el mercado.

*Opción de abandonar un proyecto*, si el valor recuperado de los activos es mayor que el valor presente de continuar un periodo más.

*Opción de producción flexible*, consistente en variar los recursos o resultados de la producción en respuesta a las fluctuaciones de la demanda o precios.

Este trabajo se centra en la opción de producción flexible, como consecuencia de la reducción de los

RRHH en respuesta a una situación económica negativa, que depende de la variabilidad de la demanda tanto en la situación actual como en la futura.

En la década pasada se empiezan a encontrar en la literatura trabajos cuyo objetivo es aplicar las opciones reales a la gestión de RRHH. Foote y Folta (2002) presentan un estudio teórico en el que plantean que los trabajadores temporales suponen una opción real que permite retrasar la incorporación de fijos, mantenerlos o reducirlos. Chen y Funke (2002) aplican las opciones reales a la combinación entre el número de trabajadores y las horas de trabajo, formulando un modelo que responde de manera más racional a los factores de incertidumbre.

Bhattacharya y Wright (2005) reconociendo la escasa literatura existente, abordan de forma teórica cómo aplicar las opciones reales a la gestión de RRHH. Plantean tres factores de incertidumbre que ponen en valor las opciones reales: pérdida de conocimiento, número de empleados requeridos y variación en los costes. Consideran que la demanda determina el volumen de RRHH necesarios y exponen una propuesta donde, ante una incertidumbre en el número requerido de RRHH se deben crear opciones operativas para su gestión.

Profundizando en la integración de las opciones reales en la gestión de RRHH, Welpe *et al.* (2007), para superar las limitaciones de los métodos tradicionales de valoración, incorporan la teoría de opciones reales al considerar que las organizaciones están inmersas en un entorno incierto. Exponen para los diversos tipos de opciones reales un escenario para su valoración y analizan la opción de contracción en base a la reducción de RRHH, aunque la consideran de difícil ejecución por la implicación de las regulaciones de protección en los diferentes países.

De lo expuesto se puede inferir que existe una manifiesta voluntad en aplicar la teoría de opciones reales a la gestión de RRHH. Esta voluntad se ha planteado en general de forma teórica, lo que supone un reto para avanzar en este campo y para crear modelos específicos de valoración. Considerando que el objetivo de este trabajo es determinar el alcance óptimo del ERE aplicando la opción de contracción con demanda dinámica, se pueden proponer las dos hipótesis siguientes que establecen la relación de cumplimiento de los resultados a obtener para la demanda dinámica y estática.

*H1*: Un modelo que estime el alcance del ERE con demanda dinámica obtendrá un

resultado operativo mayor o igual que aquél basado en demanda estática.

*H2*: Un modelo que estime el alcance del ERE con demanda dinámica obtendrá un menor número de contratos a cancelar que aquél basado en demanda estática.

### Ámbito de Aplicación: el ERE

El expediente de regulación de empleo (ERE) es la Figura legal existente en España (Real Decreto-ley, 2012) al que las empresas recurren para ajustar sus contratos de trabajo ante un descenso de sus resultados, con el objetivo de mantener su viabilidad. Un ERE puede ser definitivo o temporal; en un ERE definitivo se produce la extinción de un conjunto de contratos de trabajo, mientras que en uno temporal la suspensión de los contratos se aplica a un periodo de tiempo determinado. En ambos supuestos la decisión de llevarlo a cabo se debe fundamentar en causas económicas, técnicas, organizativas y de producción. En este trabajo nos centramos en los ERE definitivos, al suponer un proyecto irreversible cuyo objetivo es reducir costes para superar una situación económica negativa.

La legislación considera que concurren causas económicas que permiten abordar un ERE, cuando de los resultados de la empresa se desprende la existencia de pérdidas actuales o previstas durante tres trimestres consecutivos. Para poder llevarlo a cabo el empresario debe exponer las causas o motivos de su realización, así como el número y categoría de los empleados afectados. En el procedimiento se establece un protocolo de consultas con los representantes legales de los trabajadores en relación a la posibilidad de evitar o atenuar sus consecuencias.

Según la legislación el empresario tiene que abonar una indemnización a los trabajadores, por una cuantía de 20 días de salario por año de servicio, con un máximo de 12 mensualidades.

Se puede afirmar, por tanto, que una empresa aborda un ERE cuando se produce una persistente situación económica negativa, con el objetivo de recuperar su viabilidad o rentabilidad, determinando para ello el número de contratos de trabajo que hay que extinguir, lo que supone una reducción de RRHH que conlleva una disminución de los costes fijos operativos, teniendo que abonar una indemnización a los trabajadores.

En la Figura 1 se presentan dos gráficas con la evolución del número de ERE autorizados y el número de trabajadores afectados en el periodo 2006-2012 (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2013).

### Desarrollo del Modelo

A continuación se presenta el modelo desarrollado para la opción de contracción en un proyecto de ERE. Se expone el problema objeto de estudio y se valora el alcance del ERE con demanda estática, para a continuación presentar la valoración con demanda dinámica.

#### Problema objeto de valoración

Las organizaciones realizan un ERE con el objetivo de mantener su viabilidad, de modo que ajustan sus procesos y reducen su capacidad de producción a un nivel de demanda ( $Q$ ) que es el máximo al que pueden responder en la nueva situación.

Después de realizar el proyecto de ERE, las organizaciones están expuestas a un coste de oportunidad, al tener su producción hipotecada a un valor máximo  $Q$ , de modo que ante un incremento significativo de la demanda, la capacidad de reacción de la empresa está limitada por el tiempo de incorporación de los RRHH para la recuperación del conocimiento perdido y por la existencia de costes añadidos en la gestión por la incorporación del nuevo personal.

Debería por tanto la empresa buscar el óptimo de reducción de RRHH considerando las dos perspectivas, la mejora de su situación actual y la posibilidad de situarse en la mejor posición para responder a las expectativas futuras. La realidad nos indica que en general las empresas optan por una solución que remedie su actual situación desde una perspectiva estática. El problema al que se enfrentan, al ser de envergadura, les hace focalizarse en mejorar su situación en base a la demanda actual, considerando que si en el futuro dicha demanda sube o baja, ya reaccionará.

Si se analiza de forma aislada el proyecto de ERE se puede concluir que este proyecto, una vez realizado, genera ahorros de costes anuales

futuros fijos y constantes, diferencia entre los costes de RRHH antes y después del ERE, que son a su vez flujos de ingresos constantes anuales para la empresa. Se puede concluir por tanto que al ser invariables los flujos generados por el proyecto de ERE éste carece de volatilidad y no tiene sentido incorporar alguna incertidumbre a futuro. Pocos factores parece que pueden crear una incertidumbre en estos flujos de modo que se puedan aplicar las opciones reales. Un factor que podría generar incertidumbre podría ser la variación de la indemnización a pagar, pero como se ha expuesto previamente, este concepto carece de volatilidad. Cabe entonces preguntarse ¿existe la posibilidad de integrar las opciones reales en un proyecto de ERE en base a algún tipo de incertidumbre? y si existe ¿qué factor la define?

La realidad es que el proyecto de ERE está imbricado en el resultado de la empresa y ésta sí tiene volatilidad y depende de la volatilidad de la demanda, de modo que el alcance de un proyecto de ERE depende de esta última. La volatilidad de la demanda genera por tanto una incertidumbre en los resultados de la empresa y como consecuencia en el alcance del ERE, siendo la reducción de costes de RRHH y la exposición a dicha volatilidad las variables de decisión.

Para dar respuesta a la situación planteada se requiere establecer un modelo que tomando en consideración una demanda dinámica ( $D$ ), permita obtener el mejor resultado operativo para la empresa a partir de un ajuste de la estructura que suponga disponer de un nivel de RRHH para una producción máxima  $Q$ , de modo que la reducción de costes no reduzca a su vez las posibles expectativas.

En el modelo se tienen en cuenta tanto los costes de producción variables como fijos y aunque el precio de venta puede variar con la demanda se considera que es el precio medio en el periodo considerado.

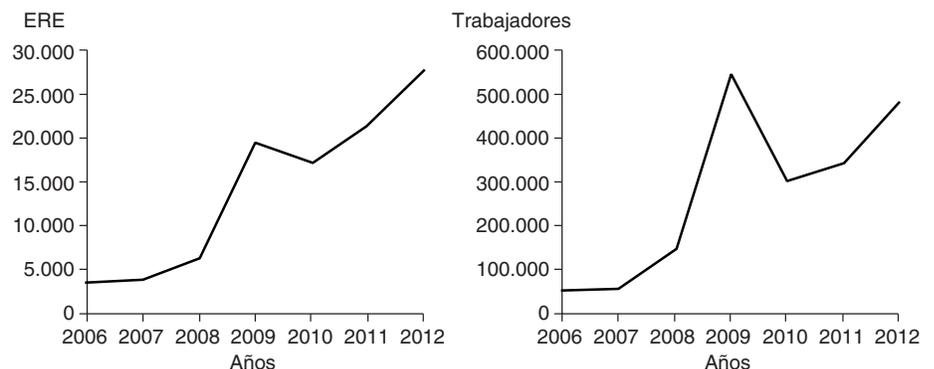


Figura 1. Evolución (2006-2012) de los ERE autorizados y trabajadores afectados.

*Estimación del alcance del ere con demanda estática*

El planteamiento tradicional que realiza una empresa para cuantificar el alcance de un proyecto de ERE se basa en calcular, desde una posición presente, la cuantía de costes fijos de RRHH que hay reducir para recuperar la nueva rentabilidad objetivo y esta reducción de costes determina los contratos a cancelar.

Supóngase una empresa con unos ingresos anuales  $V_O$  (subíndice 'o' define la situación de la empresa previa al deterioro económico), que con unos costes variables totales  $C_{VO}$  tiene un margen de contribución total  $M_{CO}$ . La empresa soporta también unos costes fijos totales  $C_{FO}$  que una vez detraídos del margen de contribución, supone para la empresa un resultado operativo  $R_O$  antes de impuestos. En esta situación la rentabilidad operativa anual sobre ingresos será  $Y_O = R_O/V_O$ .

Por razones de mercado se produce una caída de ingresos en la facturación de la empresa hasta  $V_A$  (subíndice 'A' define la situación económica negativa de la empresa previa a la realización del ERE), de modo que los costes variables caen en igual proporción que los ingresos hasta  $C_{VA}$ , lo que supone asimismo la caída en la misma proporción del margen de contribución hasta  $M_{CA}$ . Al mantenerse los mismos costes fijos  $C_{FO}$ , el resultado operativo antes de impuestos  $R_A$  se deteriora hasta ser muy bajo o negativo y la empresa entra en una situación de rentabilidad anual mínima o negativa  $Y_A = R_A/V_A$ .

Para poder volver a una tasa de rentabilidad positiva, la empresa decide hacer un ERE reduciendo sus costes anuales fijos en RRHH, de  $C_{FO}$  a  $C_{FE}$  (subíndice 'E' define la situación de la empresa después del ERE). Ésta reducción de los costes fijos proporcionará un mejor resultado operativo  $R_E$  antes de impuestos de modo que la rentabilidad se recuperará y será  $Y_E = R_E/V_A$ . Como consecuencia se produce un ahorro anual en costes fijos igual a la diferencia entre  $C_{FO}$  y  $C_{FE}$ , que determina el número de contratos a extinguir. Para poder llevarlo a cabo la empresa tendrá que pagar una indemnización  $I_E$  a los trabajadores, que por normativa legal se imputará en el resultado del primer año.

En la Figura 2 se presenta el proceso evolutivo del resultado operativo de la empresa en las tres fases: antes de los resultados deteriorados, en la fase económicamente negativa y después de realizar el ERE.

*Estimación del alcance del ere con demanda dinámica*

Si se abandona la visión estática y se toma en consideración que la

demanda tiene una variabilidad a futuro se puede ajustar con más rigor el número de contratos a extinguir.

Antes del proyecto de ERE, en una situación económicamente difícil la empresa dispone de una capacidad en RRHH que le permite alcanzar una producción máxima sobredimensionada  $Q_A$ . Esta capacidad en RRHH supone un coste fijo  $C_{FA}$ . Supóngase que la empresa comercializa un producto a un precio  $p$ , con un coste variable  $c_v$  por unidad producida.

Se considera que la demanda  $D$  tiene una volatilidad que se representa mediante una función de densidad de probabilidad  $f(x)$  y una función de distribución acumulada  $F(x)$ , con una desviación estándar  $\sigma$ , de modo que  $E[D]$  es la demanda esperada.

La empresa puede responder hasta una demanda máxima  $Q_A$ , de modo que antes de llevar a cabo el proyecto de ERE, el resultado operativo anual esperado  $R_A$ , se representa de la forma

$$E[R_A] = (p - c_v)E(\min[D, Q_A]) - C_{FA}$$

donde  $(p - c_v)$ : margen de contribución por unidad  $m_c$ .

Teniendo en cuenta que para una distribución continua de la demanda,

$$E[\min(D, Q_A)] = \int_0^{Q_A} x dF(x) + Q_A \int_{Q_A}^{\infty} dF(x) = \int_0^{\infty} x dF(x) - \int_{Q_A}^{\infty} (x - Q_A) dF(x) = E[D] - \zeta(Q_A)$$

$$E[R_A] = m_c(E[D] - \zeta(Q_A)) - C_{FA} \quad (1)$$

de modo que el resultado operativo esperado, al disponer de una capacidad máxima de producción  $Q_A$ , se obtiene aminorando la demanda esperada  $E[D]$  con  $\zeta(Q_A)$  que representa el valor esperado del exceso de demanda sobre  $Q_A$ .

La misma expresión para una demanda discreta se representa por

$$E[R_A] = m_c \left( \sum_{i=1}^{\infty} d_i p(d_i) - \sum_{i=j+1}^{\infty} (d_i - Q_A) p(d_i) \right) - C_{FA} \quad (2)$$

donde  $d_i$ : valores discretos de la demanda,  $p(d_i)$ : probabilidad de dichos valores, y  $j$ : posición que ocupa la demanda  $Q_A$ .

Al estar en una situación económicamente negativa, la empresa toma la decisión de acometer un proyecto de ERE, reduciendo su fuerza laboral y por tanto sus costes fijos hasta un valor  $C_{FE}$ , lo que le generará un ahorro anual igual a  $C_{FA} - C_{FE}$ .

Esta reducción de RRHH sitúa la producción de la empresa en un valor máximo  $Q_E$ , función de la capacidad que va a disponer después del ERE. El resultado operativo esperado  $E[R_E]$  después de realizar el ERE se puede expresar de la forma

$$E[R_E] = m_c E(\min[D, Q_E]) - C_{FE}$$

Las Ecs. 1 y 2 son también aplicables para este resultado operativo.

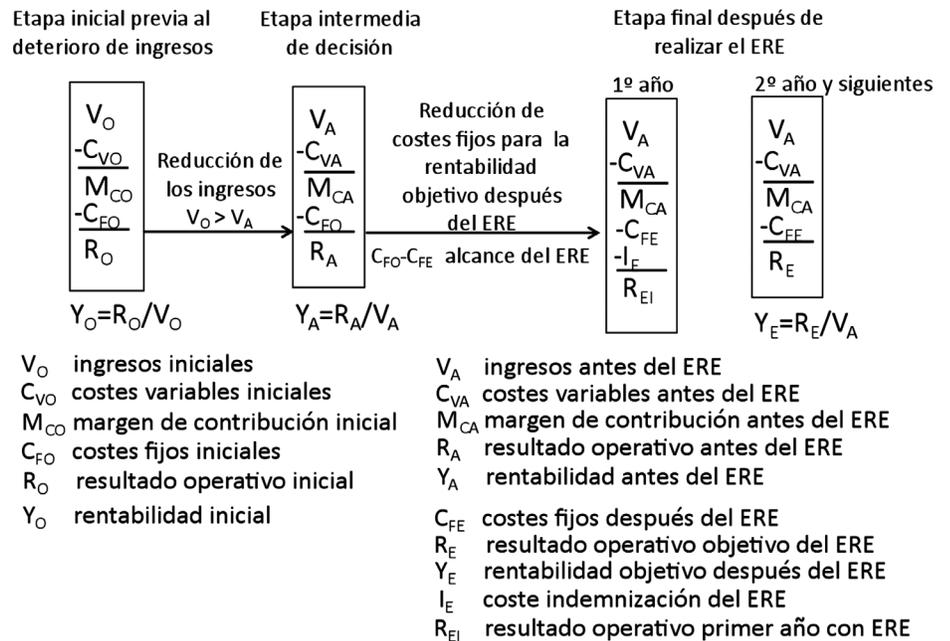


Figura 2. Evolución del resultado operativo en una valoración estática del ERE.

El valor óptimo de producción  $Q_E$ , que determina el mejor resultado operativo para la empresa, lo proporciona la herramienta *newsvendor model*, que permite obtener el óptimo de aprovisionamiento de un factor de producción ante la incertidumbre de la demanda, evitando el consiguiente coste soportado que se puede generar con un exceso/déficit de aprovisionamiento. Esta herramienta efectiva y poderosa (Van Mieghem y Rudi, 2002) incorpora en su fundamento el concepto formal de opciones reales (Cachon y Terwiesch, 2006).

Este modelo ha permitido desarrollar investigaciones para múltiples recursos y entornos dinámicos (Harrison y Van Mieghem, 1999; Van Mieghem y Rudi, 2002) y posibilita evaluar situaciones alternativas vinculadas. Sting y Huchzermeier (2012) lo han aplicado para decidir entre una deslocalización barata y un suministro local y Avanzi *et al.* (2013) para un modelo de opciones reales que evalúa una producción local flexible o una producción deslocalizada rígida pero más barata. El trabajo aquí presentado sigue un esquema semejante, al comparar las situaciones anterior y posterior a la realización del ERE, con sus particularidades y condiciones intrínsecas y en consecuencia el resultado obtenido es equiparable.

El planteamiento del *newsvendor model* consiste en que un vendedor de periódicos, antes de conocer la demanda real, debe determinar cuál es el pedido que tiene que hacer a un coste ( $c$ ) por periódico, para revenderlos en la calle a un precio ( $p$ ). Si la demanda es menor que la cantidad pedida los periódicos que no se vendan perderán todo su valor habiéndose pagado de más y si la demanda es mayor que la cantidad pedida el vendedor pierde el beneficio de estas ventas no realizadas (Porteus, 2002). La fórmula que define el resultado operativo esperado  $R$  viene dada por

$$E[R] = p E(\min [D, Q]) - cQ$$

donde  $p$ : precio,  $D$ : demanda con una distribución de probabilidad conocida,  $Q$ : demanda máxima a la que se puede responder con el pedido realizado, y  $c$ : coste fijo por periódico.

La cantidad óptima de pedido  $Q^*$  se obtiene planteando la función objetivo a partir de los ingresos obtenidos por los periódicos vendidos en base a la demanda esperada, menos el coste de las unidades pedidas y menos el coste de oportunidad por las unidades no vendidas si se hace un pedido insuficiente. Minimizando la función objetivo se obtiene el fractil crítico que

representa la frontera de la probabilidad acumulada y cuyo valor es

$$\lambda = \frac{p - c}{p}$$

El pedido que da la solución óptima al problema tiene el valor

$$Q^* = F^{-1}(\lambda) = F^{-1}\left(\frac{p - c}{p}\right)$$

donde  $F(x)$ : distribución acumulada de la función de la demanda.

En la Figura 3 se muestran dos gráficas que permiten visualizar la solución. En la gráfica A, que representa la distribución acumulada de la demanda, se obtiene gráficamente el valor de  $Q^*$  conocido el valor del fractil crítico  $\lambda$ . Al ser el valor de  $\lambda$  la probabilidad acumulada que determina la solución, una vez fijado su valor en el eje de ordenadas se determina el valor de  $Q^*$  en el eje de abscisas. En la gráfica B que representa la función de densidad de probabilidad; se muestran las dos áreas delimitadas por el valor de  $Q^*$ , de modo que un pedido menor supone un desabastecimiento y uno superior un exceso de abastecimiento.

En el proyecto de ERE la obtención del resultado operativo esperado con demanda dinámica, se estructura de forma semejante al obtenido en el *newsvendor model*.

Si se considera que el coste de RRHH es uniforme, el coste fijo  $c_f$  por unidad producida se mantiene después de hacer el ERE y como consecuencia el coste fijo total  $C_{FE}$  es igual a  $c_f$  multiplicado por la demanda máxima a la que se puede responder  $Q_E$ , de modo que la expresión del resultado esperado para el proyecto de ERE queda como

$$E[R_E] = m_c E(\min [D, Q_E]) - c_f Q_E$$

En esta fórmula el margen de contribución por unidad vendida es equivalente al precio  $p$  de venta del periódico y el coste fijo de RRHH por unidad producida  $c_f$  es equivalente al coste  $c$  del periódico.

El fractil crítico que nos proporciona la producción óptima para la realización del ERE queda determinado por la expresión

$$\lambda = \frac{m_c - c_f}{m_c}$$

y a partir del valor del fractil crítico se obtiene la producción óptima  $Q_E^*$ , que determina la capacidad de RRHH a mantener en la empresa y por consiguiente el volumen de contratos de trabajo que hay que extinguir.

El coste de la indemnización  $I_E$  a pagar a los trabajadores, que se realiza una sola vez al inicio del ERE, supone un incremento del coste fijo por unidad producida y su efecto se debe aplicar a un plazo de varios años, evitando penalizar la mejor opción de producción a futuro. Al ser el coste de la indemnización dependiente de la solución obtenida, el proceso para determinar su impacto consistirá en comprobar si el incremento de coste por unidad que genera la indemnización modifica la solución obtenida para la producción óptima.

### Aplicación Práctica a un Caso Real

Se presenta a continuación la aplicación del modelo a un caso real, como ejemplo práctico para visualizar su utilidad en la toma de decisiones.

Una de las grandes empresas de seguridad españolas planteó en el año 2012 un ERE al llevar tres trimestres consecutivos en una situación económica negativa. La empresa tenía en el 2011, antes del deterioro de la situación, un ingreso anual de 470MM€ (millones de euros) por el servicio prestado a 765000 clientes. Los costes variables de 20MM€ eran bajos en comparación con los ingresos, al ser la mayor parte del coste los 350MM€ en RRHH correspondientes a 13000 empleados. La compañía tenía otros costes fijos por 40MM€, un coste de amortización de 4MM€ y gastos financieros de 2MM€. La cuenta de resultados con un impuesto de sociedades del 30%

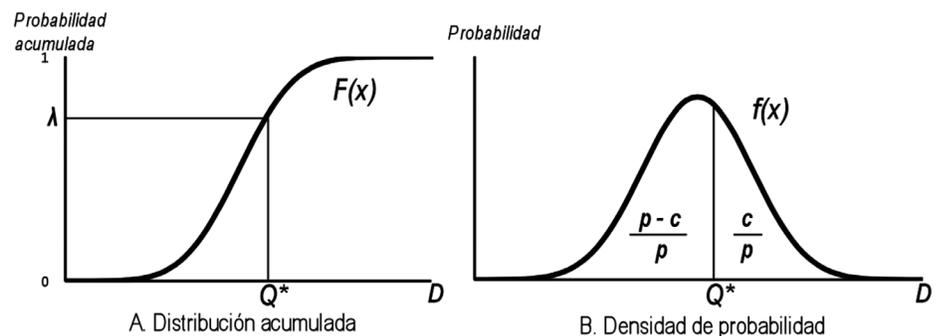


Figura 3. Representación de la solución del fractil crítico.

presentaba un beneficio de 37,8MME y una rentabilidad sobre ingresos del 8%.

En el 2012 la empresa presenta un deterioro en la cuenta de resultados con un ingreso anual de 399,3MME debido al descenso del número de clientes hasta 650000. Los costes variables se reducen a 17MME. Los costes de RRHH y el resto de costes fijos se mantienen, por lo que la cuenta de resultados presenta unas pérdidas de 13,6MME y una rentabilidad sobre ingresos de -3,4%. En la Tabla I se presentan las cuentas de resultados para los años 2011 y 2012.

En el 2011 en situación de producción estándar el ingreso medio por cliente era de 614,4€ y el coste variable de 26,1€, lo que generaba un margen de contribución por cliente de 588,2€. El coste de RRHH por cliente era de 457,5€.

Si la empresa quiere retornar a una situación equivalente a la anterior al deterioro de la situación, sin considerar la volatilidad de la demanda, manteniendo el mismo equilibrio entre ingresos y costes, tiene que hacer un ERE que le permita alcanzar los parámetros de coste previos. Para una demanda de 650000 clientes, debe mantener una plantilla productiva de 11046 RRHH, lo que supone un coste de 297,4MME, que conlleva una cancelación de 1954 contratos, con una ahorro en costes de personal de 52,6MME.

Veamos a continuación a que resultado se llega si se tiene en consideración la volatilidad de la demanda. La distribución de la demanda discreta que se va a considerar se ha constituido siguiendo el método multiplicativo establecido por Cox *et al.* (1979) a partir de un árbol binomial con seis periodos. Con éste método se conforma una distribución lognormal, que por no ser negativa es considerada por diferentes autores (Copeland y Antikarov, 2001; Avanzi *et al.*, 2013) como la que mejor se ajusta a las características de la demanda.

En la Tabla II se presenta la distribución de la demanda con siete posibles valores y sus probabilidades obtenidas para una desviación estándar del 5% y una tasa libre de riesgo por periodo del 1,2%, de modo que la demanda de 650000 clientes crece en cada periodo con un factor  $u=1,021$  y disminuye con un factor  $d=1/1,050=0,980$  y unas probabilidades calculadas neutrales al riesgo de 78,88 y 21,12% respectivamente.

Al ser el valor del margen de contribución por cliente de 588,2€ y el coste de RRHH igual a 457,5€, el valor del fractil crítico resulta:

$$\lambda = \frac{588,2 - 457,5}{588,2} = 0,22$$

El *newsvendor model* determina que para una distribución de demanda discreta, la producción óptima  $Q_E^*$  corresponde a la demanda con la probabilidad acumulada inmediata superior al valor del fractil crítico, que en este caso es de 677085 clientes.

Para una producción de 677085 clientes, el coste anual de RRHH que hay que mantener se sitúa en 309,8MME, produciéndose un ahorro anual de 40,2MME, que determina un número de contratos a extinguir igual a 1494, lo que supone 460 contratos menos que si se opta por una solución estática.

Para este valor óptimo de producción, el resultado operativo anual esperado aplicando la fórmula siguiente para demanda discreta, equivalente a la Eq. 2, resulta ser 42,4MME.

$$E[R_E] = m_C \left( \sum_{i=1}^{i=j} d_i p(d_i) + \sum_{i=j+1}^{\infty} Q_E P(d_i) \right) - C_{FE} \quad (3)$$

Haciendo el mismo cálculo para las diferentes producciones determinadas por las posibles demandas, se obtiene en todos los casos resultados operativos menores, como era de esperar. Esto se muestra en la Figura 4, donde se aprecia que los resultados quedan definidos por una curva cóncava con un máximo local correspondiente a la producción  $Q_E^*$  óptima para 677085 clientes. La obtención de un máximo local es conforme a resultados equiparables obtenidos en estudios con funciones de densidad de probabilidad de la variable.

Si se considera que la empresa abona a los trabajadores la indemnización máxima de 12 mensualidades, es decir de 40,2MME,

para un plazo de cinco años resulta un incremento de coste de 11,9€ por cliente, lo que supone un coste total de 469,4€. Recalculando el valor del fractil crítico para este coste se obtiene un valor de  $\lambda$  igual a 0,20 lo que no varía el valor óptimo de producción y el mejor resultado operativo esperado.

En la Tabla III se presentan las cuentas de resultados esperadas considerando una producción de 650000 clientes y la producción óptima de 677085 clientes, en la que se puede comprobar el mejor resultado operativo con una menor disminución de RRHH. También se incluye un cuadro con el efecto de imputar el coste de la indemnización en el primer año según la normativa existente.

### Validación de las Hipótesis

Para validar las hipótesis planteadas se procede a comparar los resultados operativos y los ahorros de costes con demanda dinámica y con demanda estática. Para ello se considera una muestra que cubre todo el espectro de aplicación, variando simultáneamente las dos variables de dependencia del modelo: el fractil crítico  $\lambda$  y la desviación estándar de la demanda  $\sigma$ , de modo que se obtienen los resultados para cada pareja de valores  $(\lambda, \sigma)$ .

TABLA I  
CUENTAS DE RESULTADOS

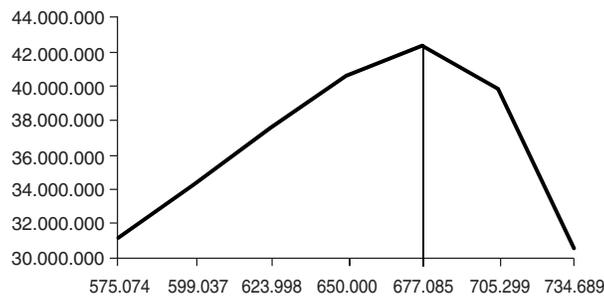
Cuenta de Resultados	2011	2012
Ingresos	470.000.000,0	399.346.405,2
Costes variables	20.000.000,0	16.993.464,1
Margen de contribución	450.000.000,0	382.352.941,2
Costes de personal	350.000.000,0	350.000.000,0
Marg. Contr.-Costes Personal	100.000.000,0	32.352.941,2
Otros costes fijos	40.000.000,0	40.000.000,0
Amortización	4.000.000,0	4.000.000,0
Resultado operativo	56.000.000,0	-11.647.058,8
Gastos financieros	2.000.000,0	2.000.000,0
Resultado antes de impuestos	54.000.000,0	-13.647.058,8
Impuesto de Sociedades (30%)	16.200.000,0	0,0
Resultado	37.800.000,0	-13.647.058,8
Rentabilidad	8,0	-3,4

TABLA II  
DEMANDA DISCRETA

	Demanda	Probabilidad	Probabilidad acumulada
	734.689	0,240909	1,000000
	705.299	0,386982	0,759091
	677.085	0,259010	0,372110
	650.000	0,092458	0,113099
	623.998	0,018565	0,020642
	599.037	0,001988	0,002077
	575.074	0,000089	0,000089
		1	

Desviación estándar = 5 %  
Tasa libre de riesgo periodo = 1,20 %  
 $u=1,021$   $p=78,88$  %  
 $d=1/u=0,980$   $1-p=21,12$  %

Resultado operativo



Q	575.074	599.037	623.998	650.000	677.085	705.299	734.689
Res. Operativo	31.173.072	34.304.240	37.536.622	40.619.856	42.358.442	39.870.840	30.589.320

Figura 4. Curva cóncava para los diferentes valores de Q.

La situación de partida de la muestra es el de una empresa con una demanda inicial de de 1000 unidades que ve reducida su demanda a 800 unidades y un margen de contribución por unidad producida de 10€. Se consideran diferentes costes fijos por unidad producida de 1,2,3, ...9€, lo que genera una muestra de valores para el fractil crítico  $\lambda$  desde 0,9 a 0,1. La distribución de la demanda se establece a partir de la demanda actual de 800

unidades para diferentes valores de desviación estándar de 5, 10, 20, 30, 40 y 50%, y se constituye siguiendo el mismo método multiplicativo que el aplicado en el caso real con un árbol binomial de seis periodos y una tasa libre de riesgo por periodo del 1,2%, que genera siete posibles valores con sus probabilidades.

En la Tabla IV se presenta para cada par de valores ( $\lambda$ ,  $\sigma$ ), el resultado operativo aplicando la Eq. 3. Se puede comprobar que el resultado operativo obtenido con demanda dinámica es siempre mayor que con demanda estática, salvo cuando es igual, que se corresponde a aquellos valores de  $\lambda$  y  $\sigma$  en que el óptimo de producción coincide con la producción estática, al haber considerado una demanda discreta de siete posibles valores (se resaltan en la tabla). Se puede afirmar que los resultados obtenidos confirman el cumplimiento de la hipótesis I.

En la Tabla V se presentan para cada par de valores ( $\lambda$ ,  $\sigma$ ) los valores obtenidos de reducción de costes y como consecuencia de cancelación de contratos. Para la demanda estática se ha considerado una reducción de costes que recupere la relación entre ingresos y costes. Se puede comprobar que la reducción de costes obtenida con demanda dinámica no es

siempre menor que con demanda estática, ya que para valores de  $\lambda$  y  $\sigma$  con fractiles críticos bajos y desviaciones estándar altas es mayor (se resaltan en la tabla). Este resultado se justifica en base a que para un fractil crítico bajo, el óptimo de producción a partir de la probabilidad acumulada, se sitúa en los valores bajos de la función de densidad de la demanda y este óptimo puede ser menor que la producción estática. Los resultados obtenidos confirman que no se cumple la hipótesis II en todos los casos, aunque si en la mayoría de la muestra utilizada.

## Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha consistido en exponer de qué modo una demanda dinámica es un factor que aporta una incertidumbre en la gestión de RRHH y supone una opción en el momento de la toma de decisiones en un proyecto de expediente de regulación de empleo (ERE).

A partir de dicha aportación conceptual se ha elaborado un modelo para encontrar la solución óptima en la reducción de RRHH, de modo que una organización pueda bajar sus costes a un nivel ajustado que le permita situarse en la mejor posición ante la incertidumbre del mercado y le posibilite además no perder capacidades y habilidades, difíciles de recuperar en calidad y con rapidez.

Se entiende que con la integración de las opciones reales en la gestión de RRHH se ha conseguido el objetivo de aportar una contribución que supone un avance con respecto a la literatura previa, teniendo en cuenta la escasez

TABLA III  
CUENTAS DE RESULTADOS AL EVALUAR EL ERE CON DEMANDA DINÁMICA

Cuenta de resultados		
	650.000	677.085
Demanda (actual/óptima)	650.000	677.085
Ingresos	398.983.498,5	413.741.932,7
Costes variables	16.978.021,2	17.606.039,7
Margen de contribución	382.005.477,3	396.135.893,0
Costes de personal	297.385.620,9	309.777.451,0
Marg. Contr.-Costes Personal	84.619.856,4	86.358.442,1
Otros costes fijos	40.000.000,0	40.000.000,0
Amortización	4.000.000,0	4.000.000,0
Resultado operativo	40.619.856,4	42.358.442,1
Gastos financieros	2.000.000,0	2.000.000,0
Resultado antes de impuestos	38.619.856,4	40.358.442,1
Impuesto de Sociedades (30%)	11.585.956,9	12.107.532,6
Resultado	27.033.899,5	28.250.909,4
Rentabilidad	6,78	6,83
Cancelación contratos	1.954	1.494
Ahorro costes personal	52.614.379,1	40.222.549,0
Resultado 1º año		
Resultado operativo	40.619.856,4	42.358.442,1
Indemnización	52.614.379,1	40.222.549,0
Res. Operativo - Indemnización	-11.994.522,7	2.135.893,0
Gastos financieros	2.000.000,0	2.000.000,0
Resultado antes de impuestos	-13.994.522,7	135.893,0
Impuesto de Sociedades (30%)	0,0	40.767,9
Resultado	-13.994.522,7	95.125,1
Rentabilidad	-3,51	0,02

TABLA IV  
RESULTADOS OPERATIVOS PARA UNA MUESTRA GENERALIZADA DE ( $\lambda$ ,  $\sigma$ )

Resultado Operativo	$\sigma$ Demanda	$\lambda$								
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
5%	Dinámica	7687,9	6783,9	5901,2	5033,2	4165,2	3297,2	2454,4	1621,4	792,7
	Estática	7192,7	6392,7	5592,7	4792,7	3992,7	3192,7	2392,7	1592,7	792,7
10%	Dinámica	7597,8	6655,8	5717,7	4849,7	3981,7	3113,7	2300,0	1500,0	720,4
	Estática	7100,0	6300,0	5500,0	4700,0	3900,0	3100,0	2300,0	1500,0	700,0
20%	Dinámica	7427,6	6373,2	5431,2	4489,2	362	2821,6	2021,6	1282,5	603,5
	Estática	6821,6	6021,6	5221,6	4421,6	1,6	2821,6	2021,6	1221,6	421,6
30%	Dinámica	7217,1	6117,0	5095,0	4120,5	3320,5	2520,5	1738,1	1112,1	486,1
	Estática	6520,5	5720,5	4920,5	4120,5	3320,5	2520,5	1720,5	920,5	120,5
40%	Dinámica	6967,4	5834,7	4725,7	3814,5	3014,5	2214,5	1529,5	952,5	397,0
	Estática	6214,5	5414,5	4614,5	3814,5	3014,5	2214,5	1414,5	614,5	-185,5
50%	Dinámica	6732,8	5529,8	4326,8	3510,5	2710,5	1910,5	1338,8	806,8	330,0
	Estática	5910,5	5110,5	4310,5	3510,5	2710,5	1910,5	1110,5	310,5	-489,5

TABLA V  
 AHORRO DE COSTES PARA UNA  
 MUESTRA GENERALIZADA DE  $\lambda$  y  $\sigma$

Ahorro Costes	$\lambda$									
Demanda	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1
Estática	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	
Dinámica										
5%	96	192	396	528	660	792	1169	1336	1800	
10%	58	116	396	528	660	792	1400	1600	2367	
20%	0	116	174	232	1000	1200	1400	2568	2889	
30%	0	0	0	800	1000	1200	2618	2992	3366	
40%	0	0	0	800	1000	1200	2961	3384	5256	
50%	0	0	0	800	1000	1200	3276	3744	5814	

de trabajos existentes, que son sobre todo teóricos. Igualmente, la obtención mediante la opción de contracción de un modelo que permite obtener el óptimo de cancelación de contratos en un ERE contribuye a una solución más equilibrada tanto para los trabajadores como para el mejor posicionamiento de la empresa y puede reducir de este modo el coste social que este tipo de proyectos genera.

Para facilitar la exposición, el modelo presentado se ha desarrollado considerando que el precio de venta y el coste variable por unidad se mantienen proporcionales, independientemente del volumen de ventas, y que el coste de RRHH es uniforme en la empresa. Estas limitaciones en el desarrollo abren la vía a futuras líneas de investigación para completar el modelo, haciendo que el precio de venta y el coste variable por unidad fluctúe en función de las ventas y que el coste de RRHH no sea uniforme, de modo que la empresa pueda optar por cancelar contratos de mayor coste y generalmente mayor experiencia y capacidades o de menor coste y menor experiencia y capacidades, lo que influirá en los resultados.

Se proponen además otras dos líneas de investigación futura. La primera consistiría en ampliar el análisis expuesto para los proyectos de

ERE a la toma de decisiones sobre la estructura organizativa de la empresa, de modo que se configure su estructura global en base a la variabilidad de la demanda para configurar una estructura óptima. La segunda línea se focalizaría en ampliar el campo de aplicación práctico de las opciones reales a otras inversiones en la gestión de RRHH: formación, adecuación a la estructura organizativa, incorporación o subcontratación de personal, de modo que en base a los retornos estimados, a la variabilidad de la demanda como factor externo y al cumplimiento de la finalidad de la inversión como factor de variabilidad interno de la empresa, se valore la opción de su realización y alcance.

#### REFERENCIAS

Adner R, Levinthal D (2004) What is not a real option: Considering boundaries for the application of real options to business strategy. *Acad. Manag. Rev.* 29: 74-85.

Amaram M, Kulatilaka N (2000) *Opciones Reales. Evaluación de Inversiones en un Mundo ilicerto*. Gestión 2000. Barcelona, España. 311 pp.

Avanzi B, Bicer I, De Treville S, Trigeorgis L (2013) Real options at the interface of finance and operations: exploiting embedded supply chain real options to gain competitiveness. *Eur. J. Finance* 19: 760-778.

Bhattacharya M, Wright PM (2005) Managing human assets in an uncertain world: Applying real options theory to HRM. *Int. J. Human Resource Manag.* 16: 929-948.

Brealey R, Myers S, Allen F (2010) *Principios de Finanzas Corporativas*. 4ª ed. McGraw-Hill/Interamericana, México. 976 pp.

Cachon G, Terwiesch C (2006) *Matching Supply with Demand: An Introduction to Operations Management*. McGraw-Hill, Boston, MA, EEUU.

Chen YF, Funke M (2002) Working time and employment under uncertainty. *Stud. Nonlin. Dynam. Econometr.* 8(3), article 5.

Copeland T, Antikarov V (2001) *Real Options, a Practitioner's Guide*. Texere. Nueva York, EEUU. 372 pp.

Cox J, Ross S, Rubinstein M (1979) Options Pricing: A Simplified Approach. *J. Financ. Econ.* 7: 229-263.

De Almeida L, Patricio C (2014) Análisis de proyectos de inversiones en el sector petroquímico a través de la teoría de opciones reales. *Interciencia* 39: 85-90.

Foote DA, Folta TB (2002) Temporary workers as real options. *Human Resource Manag. Rev.* 12: 579-597.

Harrison J, Van Mieghem J (1999) Multi-resource investment strategies: Operational hedging under demand uncertainty. *Eur. J. Operat. Res.* 113: 17-29.

Ministerio de Empleo y Seguridad Social (2013) Condiciones de Trabajo y Relaciones Laborales. Regulación de Empleo. *Boletín de Estadísticas Laborales*. Madrid, España.

Porteus E (2002) *Foundations of Stochastic Inventory Theory*. Stanford University Press. Stanford, CA, EEUU. 299 pp.

Real Decreto-ley 3/2012 (2012) Medidas urgentes para la reforma del mercado laboral. *Boletín Oficial del Estado A-2012-2076*. Madrid, España. pp. 12483-12546.

Sting FJ, Huchzermeier A (2012) Dual sourcing: Responsive hedging against correlated supply and demand uncertainty. *Naval Res. Logist.* 59: 69-89.

Van Mieghem J, Rudi N (2002) Newsvendor networks: Inventory management and capacity investment with discretionary activities. *Manufact. Serv. Operat. Manag.* 4: 313-335.

Welpe I, Lutz S, Barthel E (2007) The theory of real options as theoretical foundation for the assessment of human capital in organizations. *Zeitschr. Personalforsch.* 21: 274-294.

---

**REAL OPTIONS IN THE ASSESSMENT OF COLLECTIVE DISMISSAL PROCEDURE,  
FOCUSED ON THE COLLECTIVE DISMISSAL PROCEDURES OF SPAIN**

Santos Eguren Segurado, Pablo Solana Pérez and Mercedes Grijalvo Martín

**SUMMARY**

*This paper aims to explain how the inclusion of real options may significantly improve the assessment of collective dismissal procedure. During crisis times, like the one Spain has been going through on the last years, the 'collective dismissal procedure' is an important issue to be considered within companies that are having a negative economic situation. Based on the flow of savings generated by the reduction in the workforce, the different variables that may produce uncertainty in the future are analyzed concluding that the demand is the factor that creates this uncertainty and gives value to the*

*real options theory. After considering the demand as a factor of uncertainty, a model has been developed obtaining the optimal value in the reduction of the workforce, therefore allowing the organization to place itself in the best position for decision making and prevent further loss of human capital. Real options, an innovative management tool that has been proven as correct, helps to improve the assessment of the collective dismissal procedures using the dynamic demand instead of the static demand, giving a better quantification of the decision to be taken.*

**AS OPÇÕES REAIS NA VALORIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE DEMISSÃO COLETIVA,  
PARTICULARIZADO NOS EXPEDIENTES DE REGULAÇÃO DE EMPREGO DA ESPANHA**

Santos Eguren Segurado, Pablo Solana Pérez e Mercedes Grijalvo Martín

**RESUMO**

*Este trabalho tem como objetivo expor a integração das opções reais na valorização dos procedimentos de demissão coletiva, em particular nos 'expedientes de regulação de emprego', que é a figura legal à qual recorrem as empresas na Espanha ao encontrar-se em uma situação econômica negativa e cuja utilização aumenta em épocas de crises. Com base na análise dos fluxos de poupança gerados pela redução dos recursos humanos são analisados os fatores que podem criar uma incerteza no futuro, concluindo que a demanda é o fator que cria esta incerteza e valoriza a teoria de opções reais. A partir da consideração da deman-*

*da como fator de incerteza se desenvolve um modelo para obter o valor ótimo do número de contratos de trabalho a extinguir, de modo que situe a organização na melhor posição para a tomada de decisões e minimize a perda de um bem tão crítico como é o capital humano. A teoria de opções reais, ferramenta de gestão, inovadora e contrastada, possibilita realizar a valorização dos procedimentos de demissão coletiva levando em consideração a demanda dinâmica, o que permite quantificar melhor o resultado da decisão e supõe um avanço sobre a valorização tradicional realizada com demanda estática.*