

SECCIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

Producto alternativo combinado de transferencia de riesgos*

MARÍA VICTORIA RIVAS LÓPEZ* *
ALFREDO CUESTA INFANTE* **

SUMARIO

Fecha de recepción: 12 de marzo de 2009
Fecha de aceptación: 30 de marzo de 2009

1. Aspectos teóricos
 - 1.1. Productos Alternative Risk Transfer products ART
 - 1.2. Modelo *Insurative* y principales ratios utilizados
2. *Art* combinado propuesto
 - 2.1. Proceso de Simulación de las Cuantías Siniestres
 - 2.2. Descripción del producto ART-Combinado

* El presente artículo es resultado de la investigación particular de los autores realizada desde el trabajo en el Real Colegio Complutense (Harvard University). Los autores en conjunto y por varios años, han realizando múltiples estudios, aplicando la teoría matemática Teoría de Cópulas, en el campo del reaseguro, pues consideran básico para la estabilidad de las empresas de seguros, determinar los instrumentos que permitan su incremento, teniendo en cuenta siempre el acaecimiento de los siniestros.

** Doctora en Ciencias Empresariales (Departamento Actuariales) U.C.M., Visiting Scholar Center For European Studies (Harvard University). Universidad: Centro de Estudios Felipe II (Universidad Complutense de Madrid) Ciencias Empresariales.

Correo electrónico: mvrivas@cesfelipesegundo.com

*** Doctor en Ingeniería Informática U.N.E.D. Universidad: Centro de Estudios Felipe II (Universidad Complutense de Madrid) Ingeniería Técnica Informática de Sistemas.

Correo electrónico: acuesta@cesfelipesegundo.com

2.3. Proceso de fijación de prima

3. Un caso de estudio: generación de escenarios y efecto en la estructura de capital

3.1. Caso 1: Efecto para la compañía cedente usando un ART-Combinado

3.2. Caso 2: Efecto si la compañía usa la cópula para fijar la prima

Conclusiones

Bibliografía

RESUMEN

Este artículo presenta un modelo de fijación de prima de un producto Alternativo de Transferencia de Riesgos (ART) Combinado, compuesto por un Finite Quota Share, un Multiline-Multiyear y un producto Single-Trigger, los cuales se definirán en el artículo. Para la fijación de prima del producto se han tenido en cuenta las funciones cópula para incluir la consideración de dependencia entre variables aleatorias. Como complemento al modelo se analiza la estructura de capital necesaria, utilizando el modelo insurative, ya que éste permite incorporar en dicho análisis todos los recursos de capital necesarios (fuera y dentro del balance) y se expone la metodología para simulación de cuantías siniestralas. Por último se desarrolla un ejemplo práctico con la aplicación del modelo expuesto.

Palabras clave autor: modelo Insurative, Teoría de Cópulas, Finite Quota Share, Single Trigger, Productos Alternativos de Transferencia de Riesgos, Matlab.

Palabras clave descriptor: riesgos (*seguros*), MATLAB (*programa para computador*).

ABSTRACT

This article develops a model for an expanded application of Alternative Risk Transfer products, to joins together a Finite Quota Share, a Multiline-Multiyear and a Single-Trigger product, explain in the article. For fixing premium copula theory have been applied for modelling the dependence variables involved in the study. Finally, the Insurative Model has been chosen to analyze corporate capital structure because it considers all sources of capital, both on and off-balance sheet.

Key words: *Insurative Model, Copula Theory, Finite Quota Share, Single Trigger, Alternative Risk Transfer Products, Matlab.*

Key words plus: *risk (insurance), MATLAB (Computer program).*

INTRODUCCIÓN

“En los últimos años la industria financiera se ha visto afectada por aspectos como la globalización, desregulación de los mercados, el acelerado avance tecnológico y de redes de información”. (CHERNOVAI, RACHEV y FABOZZI, 2007). Por otra parte, la tipología de riesgos se ha visto y agravada debido a aspectos como, la intensificación de catástrofes naturales, cambio climático, terrorismo, riesgo crediticio y de liquidez. Motivado en parte por estos aspectos, durante la última década han aparecido en el sector asegurador nuevos productos, soluciones o estructuras (Productos Alternativos de Transferencia de Riesgos) que ofrecen una mayor capacidad y cobertura ante este nuevo mapa de riesgos. En este artículo se ha planteado un posible producto combinado de varios productos alternativos con vistas a conseguir un producto a la medida que podría darse en el mercado con vistas a cubrir riesgos catastróficos. El producto ART Combinado presentado en este artículo incluye un *Finite Quota Share*, a *Multiline-Multiyear* y un producto *Single-Trigger*.

El *Finite Quota Share* (FQS) ha sido elegido debido a que es uno de los más antiguos e importantes en el ámbito de reaseguro financiero diseñado para proporcionar un excedente de capital para la cedente. (MONTI y BARILE, 1995). Además en ciertos escenarios el FQS incrementa la capacidad de suscripción. Por otra parte, los productos *Multi-line* y *Single-Trigger* han sido seleccionados porque facilitan la diversificación de riesgos y la reducción del riesgo global de la cedente. Estas dos últimas soluciones se encuentran englobadas en las denominadas soluciones integrales de gestión de riesgos *Integrated Risk Management Solutions*, (IRM) que proporcionan una cobertura simultánea a múltiples líneas de negocio. (CULP, 2002).

El resto del artículo se organiza de la siguiente forma: En el segundo apartado se presentan los productos ART seleccionados y los fundamentos teóricos del *Modelo Insurative*. En el tercer apartado se expone la metodología seguida para la simulación de cuantías siniestralas, el proceso de fijación de prima y el modelo de análisis de la estructura

de capital. El apartado 4 se desarrolla un ejemplo empírico evaluando los efectos para la cedente, cuando un ART combinado es utilizado. También se incluyen las implicaciones en el balance y la cuenta de resultados y principales ratios.

I. ASPECTOS TEÓRICOS

I.1. Productos Alternative Risk Transfer products ART

Los productos ART son definidos como soluciones, contratos o estructuras no tradicionales o hechas a medida, proporcionadas por las compañías de seguro y reaseguro que permiten a las empresas financiar o transferir sus riesgos (CULP, 2002).

- Contratos, estructuras o soluciones: algunas formas de ART son simplemente transacciones, cayendo dentro de la categoría de contratos, entre las partes implicadas. Otros productos ART, deben tener una consideración más amplia, considerándose estructuras y no tan sólo contratos bilaterales, por ejemplo las cautivas, *Rent-a-Captive* y *Protected Cell Companies* que se consideran un conjunto amplio de contratos y de interrelaciones, que han pasado a ser considerados como estructuras.
- Existen determinados productos ART que tienen la consideración como soluciones más que como contratos o estructuras. Especialmente, algunos de los más innovadores productos como por ejemplo: productos de capital contingente. Estos productos son una colección de contratos que junto con los servicios de un asesor son ofrecidos a un cliente. Estas soluciones están intensivamente relacionadas con la tendencia de combinar los esfuerzos de re/aseguradores, clientes y algunas entidades bancarias, que proporcionarán al cliente una optimización de la estructura del capital y del balance de situación.
- Participación por la compañía re/aseguradora: Los productos ART pueden tener en determinadas modalidades, una estructura y función similar a la ofrecida por diferentes tipos de derivados y productos de financiación. La diferencia estriba en la aparición en su estructura de la figura del re/asegurador, aunque ocupan una posición intermedia entre el mercado de seguros y mercado de capitales. De hecho, la inclusión en la definición de la figura del asegurador y/o reasegurador, no implica que éste sea el único participante en los productos ART; en la mayor parte de estos productos implica la participación de entidades bancarias o financieras.
- Transferencia del riesgo versus financiación del riesgo: a pesar de la utilización de la palabra "transferencia" en los productos ART, algunos de ellos implican a veces transferencia del riesgo y otras financiaciones. Quizá la mejor definición de la "T" en "ART" podría ser "transformación". La transformación alternativa de riesgos que podría incluir lógicamente ambos, tanto la financiación como la transferencia de riesgos.

- La fuente del incremento de confusión y ambigüedad en su definición, surge del hecho de que los clientes de productos ART podrían desconocer donde aparece la compañía de seguro y/o reaseguro en la estructura de los productos que demandan. Algunas compañías aseguradoras y/reaseguradoras tienen divisiones de ART (financiación-transferencia) o bien divisiones de financiación de riesgos, pero no ambas.
- Mecanismo “no tradicional o alternativo” de transferencia de riesgos: uno de los aspectos que hace que se les denomine “no tradicionales o alternativos” es la confluencia del mercado de capitales y mercado asegurador y/o reasegurador y por otra parte que pueden suponer una opción distinta al reaseguro tradicional.
- La mayor parte de las soluciones de transferencia o financiación de riesgos influyen en la estructura del capital de la firma. La diferencia estriba en que ART tienen la clara intención de ir directamente al problema de cómo una entidad se financia por sí misma o gestiona un determinado riesgo.

Los productos ART seleccionados para este artículo han sido: *Finite Quota Share (FQS)*, *Multiline-Multiyear* y *Single-trigger* con las siguientes características:

- *FQS*: es un producto prospectivo perteneciente a la tipología *Finite Risk*. La cedente transfiere un parte de la prima al reasegurador financiero y recibe la correspondiente comisión. Esta comisión es tratada en los estados financieros como un ingreso y sirve para incrementar el excedente de la cedente. (MONTI y BARILE, 1995). Es utilizado para la cobertura de riesgos catastróficos y en la atenuación de las fluctuaciones futuras de los resultados. Es uno de los sistemas más antiguos de *Finite Risk* y es el medio ideal para obtener la financiación necesaria para desarrollar nuevos tipos de negocios y aumentar en margen de solvencia. En épocas de costes de adquisición elevados, las cedentes se ven obligadas a recortes en resultados y en definitiva en los recursos propios, lo que afecta a su estrategia de expansión. Los objetivos fundamentales del citado producto es el de obtener financiación gracias a la comisión pagada por el reasegurador que la cedente utiliza como ingreso. En este tipo producto el reasegurador asume dos tipos de riesgos: El riesgo que representa que los siniestros se paguen con antelación a lo previsto *timing-risk* y el riesgo que conlleva que el importe definitivo de los siniestros sobrepase la estimación que se realizó. Es un contrato en cuota parte anti-cíclico, cuyo principio básico consiste en que el reasegurador abona a la cedente una comisión creciente a medida que va aumentando el índice de siniestralidad, con lo que apoya a ésta cuando tiene mayor necesidad de ayuda. Esta forma de comisión escalonada está concebida al revés de las variables usuales en el mercado. El asegurador directo se beneficia de resultados de suscripción más estables a la vez que atenúan los efectos de una evolución errática de la siniestralidad sobre la política de suscripción y sobre los objetivos estratégicos. La función más importante de FQS, es la nivelación de los resultados influyendo positivamente en el aumento o mantenimiento de la capacidad de suscripción.
- *Multiline-Multiyear*: son aquellos productos que cubren varias líneas de negocio (daños patrimoniales, responsabilidad civil frente a terceros, riesgos políticos, de

negocio, o volatilidad de resultados financieros, etc. (SwissRe, 2007). Esta idea de integrar varias clases de riesgos no es nueva, ya en los años setenta (70's) se dieron los primeros y fracasados intentos. Con este trasfondo de cambios en las condiciones básicas, es necesario revisar las posibilidades de éxito de la nueva generación de productos integrados. Están diseñados bajo un enfoque aleatorio y se basan en el principio de que cuanto mayor es el número de riesgos asegurados más predecible es el riesgo de pérdida siendo la prima más favorable, ya que se determina la prima de forma integral. El límite de responsabilidad del oferente y la retención del asegurado se agregan para todos los ramos y durante la duración del contrato, en lugar de cómo ocurre en los productos tradicionales, en los que se calcula individualmente para clase de riesgos y para cada año. A diferencia de la mayoría de las soluciones *Finite*, los productos integrados permiten una cantidad sustancial de transferencia de riesgos. Los altos límites de responsabilidad, así como la inclusión de riesgos hasta ahora ajenos al seguro exigen el máximo de capitalización del oferente. Las ventajas son claras: Mayor diversificación y menor volatilidad que los programas de reaseguro tradicional, programas flexibles y coberturas adaptadas a las necesidades de cliente. Permiten optimizar la colocación de capital en riesgo y proporciona relaciones a largo plazo entre la cedente y el reaseguro.

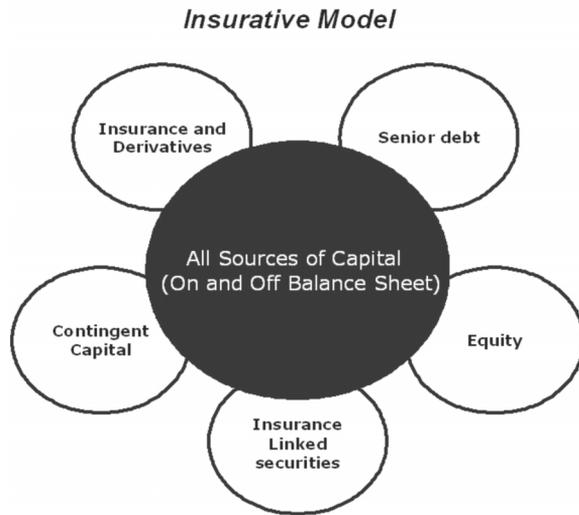
- *Single-Trigger*: Ofrece una cobertura bajo una condición o acaecimiento de un hecho predefinido ocurrido durante un periodo de exposición fijado. El pago indemnizatorio depende tanto de riesgos de suscripción como financieros, como por ejemplo la volatilidad de los tipos de interés o tipo de cambio. (SwissRe, 2007). El objetivo primordial es limitar la volatilidad del resultado total. Estos productos al mismo tiempo van a reducir la posibilidad de una disolución de capital tras una pérdida elevada en el pasivo/activo de sus balances. Las posibilidades que ofrecen estos productos son infinitas. Las principales ventajas para el asegurado es que dan protección en situaciones nefastas, como por ejemplo la confluencia en el mismo ejercicio de un terremoto devastador y de pérdidas de cotización en los mercados de acciones y empréstitos. De la misma forma, decir que dan ventajas en precios, debido a que no hace falta separar tanto capital de riesgo.

1.2. Modelo *Insurative* y principales ratios utilizados

En el ámbito financiero tradicionalmente es utilizado para medir el coste de capital y modelos de valoración de activo, como *capital asset pricing model* (CAPM), dicho modelo tiene como objeción que no considera los recursos fuera de balance. Una aproximación alternativa para considerar la totalidad de los recursos de capital ha sido el *Insurative Model*, (DOHERTY, 1985; SHIMPI, 2000). La idea es sencilla, se basa en formular el coste de capital como la media ponderada del coste de deuda, coste capital propio y el coste de capital en riesgo. El modelo *Insurative* está basado en la incorporación en el cálculo del coste de capital de todos los productos financieros, tanto los incluidos dentro y fuera del balance, con el objetivo de plasmar un marco consistente de medida y análisis. Como consecuencia de lo anterior, el modelo permite incorporar el impacto de la utilización de derivados, coberturas multi-ramo de seguros, soluciones de capital contingente, reaseguro *finite*, así

como productos de titularización de catástrofes (*cat-bond*) entre otros. Figura 1. (SHIMPI, 2001).

Figura 1. Descripción del modelo asegurador



Fuente: Elaboración propia. Enero - Junio, 2007.

Este modelo utiliza el siguiente ratio en el análisis del coste de capital, T , *Total Averages Cost of Capital* ($TACC^1$), y viene dado por:

$$TACC = C_d \frac{V_d}{V_f} + C_e \frac{V_e}{V_f} + C_i \frac{V_i}{V_f} \quad (1)$$

donde C_d , C_e , C_i son el coste de capital de deuda, propio y de seguro respectivamente; y V_d , V_e , V_i , V_f son la cuantía de deuda, capital propio, seguros y pasivo total.

La relación entre $TACC$ y Weighed Average Cost of Capital ($WACC^2$) es:

- 1 Coste medio de capital total (dentro y fuera de balance).
- 2 En español, promedio ponderado del costo de capital, dentro del balance, de todas las fuentes de capital (deudas y accionistas) de la empresa.

$$TACC = WACC \frac{V_d + V_e}{V_f} + C_i \frac{V_i}{V_f}$$

(2)

Los siguientes ratios financieros y de seguros son también considerados en el análisis: Ratio de deuda, Ratio de capital propio, *Return On Assets* (ROA³), *Return On Equity* (ROE⁴), Ratio siniestral (*Loss ratio*), Ratio de gastos y Ratio combinado.

1.3. *Definición de teoría de Cópulas*: La teoría de Cópulas analiza la relación de dependencia entre variables aleatorias, asociando los cuantiles de una variable a los cuantiles de otra. En seguros, es útil para valorar riesgos que parecen casi independientes en situaciones normales, pero que resultan muy dependientes en las extremas. Una cópula C es una función de distribución definida en el hipercubo $[0, 1]^n$ con funciones de marginales uniformemente distribuidas, acotadas inferiormente y n-crecientes.

2. ART COMBINADO PROPUESTO

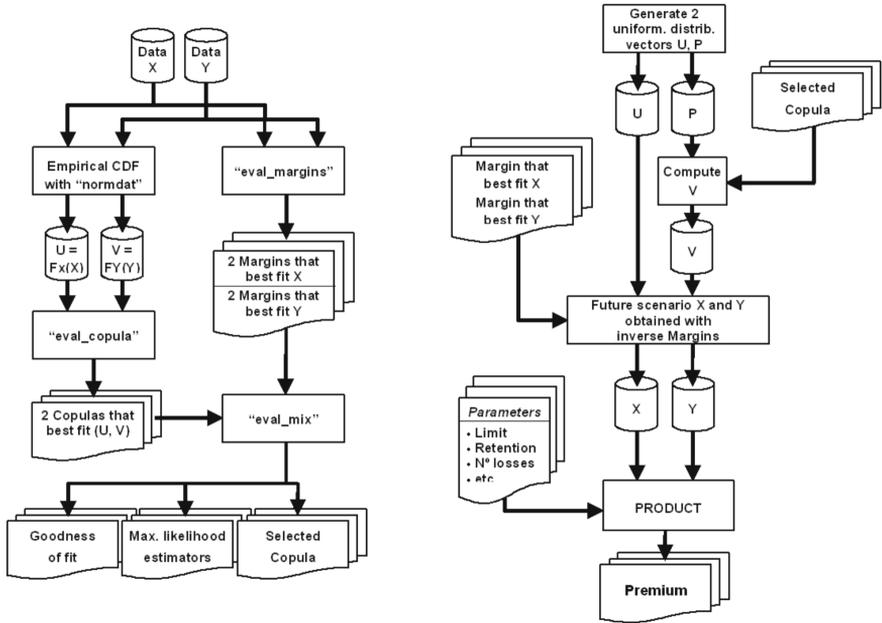
El ART-combinado presentado en este artículo cubre dos líneas de negocio (X e Y) ambos asociados a factores de riesgo de suscripción, de la misma forma que cubre también un factor de riesgo financiero (Z). El objetivo de este producto es proporcionar a la cedente un producto que amplíe las ventajas que suelen ofrecer los productos ART convencionales, a la vez que se satisfacen los objetivos del reasegurador. El proceso consta de dos fases, el primero consistente en el proceso de generación de escenarios teniendo en cuenta datos históricos y las condiciones del contrato. La segunda fase consistirá en el cálculo de la prima y en el análisis en el balance y cuenta de resultados.

2.1. Proceso de Simulación de las Cuantías Siniestras

El objeto del proceso de simulación consiste en la generación de escenarios bajo un modelo de distribución bi-variante usando el método de Monte Carlo y el denominado *conditional sampling* tanto para la simulación como para la inclusión de las Cópulas Arquimedianas⁵ para la fijación de la prima. (CHERUBINI, *et al.*, 2004, pp. 181-182).

- 3 En español, rentabilidad de los activos. Representa la rentabilidad de la empresa, independientemente de la forma en que se financie el activo.
- 4 En español, rentabilidad de los recursos propios. Permite hacer un análisis minucioso sobre la rentabilidad de la empresa, un estudio cualitativo de la misma y sus fortalezas y debilidades.
- 5 La familia de cópulas es muy amplia; sin embargo, en el sector asegurador se da con frecuencia una mayor dependencia entre los grandes siniestros que entre los pequeños. Tal asimetría se valora con mayor precisión a través de las cópulas Arquimedianas. Las cópulas Arquimedianas son una familia de cópulas cuyos elementos se generan a

Figura 2. Selección de la función cópula y marginales (izquierda) / Generación de escenarios y fijación de prima (derecha)



Fuente: Elaboración propia Enero-Junio. 2009.

Sean dos vectores X e Y, tales que formalizan los pagos de riesgo de suscripción y Z que representa los resultados financieros obtenidos, como diferencia entre el valor de mercado de los títulos a 1 de enero y 31 diciembre. Hay tres etapas codificadas en el proceso: Selección de la cópula y marginales que mejor se ajusten a los datos, simulación de escenarios y fijación de primas. El proceso para elegir la cópula y funciones marginales consiste en los siguientes pasos: (ver, Figura 2).

- Transformación de los datos históricos correspondientes a las cuantías siniestrales, X e Y en U y V, siendo $U = \{u_i\}$ y $V = \{v_i\}$, con $i=1,2,\dots,n$. Para ello se utiliza la función empírica dada por:

$$F_n(x) = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n 1_{\{x_i, x\}} = \frac{\text{card} \{x_i < x\}}{n+1}$$

(3)

partir de una función ϕ denominada generador de la cópula. Se compone de las cópulas Frank, Gumbel, Clayton y HRT. Para riesgos catastróficos son las más apropiadas para medir la correlación y representa mejor la asimetría entre las cuantías siniestrales.

- Estimación del parámetro a de la cópula usando el método de máxima verosimilitud, siendo:

$$\hat{a} = \text{arg max} \sum_{i=1}^n \ln c(u_i, v_i; a) \quad (4)$$

Donde "c" es la función de densidad de la cópula y \hat{a} es el parámetro estimado.

- Elegimos un conjunto de funciones marginales de distribución a introducir en el modelo.
- Estimación de los parámetros de cada función marginal usando el método de máxima verosimilitud.
- Selección de una función de distribución marginal para cada conjunto de datos teniendo en cuenta el criterio HQ:

$$HQ = r \ln \left(\frac{n}{2\pi} \right) + \left| \left[\ell(\hat{\theta}) \right] \right| \quad (5)$$

donde r es el número de parámetros, n es el tamaño de la muestra, $\ell(\hat{\theta})$ es el máximo de la función de verosimilitud.

- Creamos una nueva función de distribución a partir de la cópula y las dos marginales elegidas previamente.
- Estimación de los parámetros de la nueva función de distribución usando el método de máxima verosimilitud y verificamos la calidad del ajuste mediante el test *chi* cuadrado⁶.

En relación con el proceso de simulación, se siguen los siguientes pasos (ver Figura 4):

- Sea X_H y Y_H dos muestras de cuantías siniestrales históricas asociadas a dos líneas de negocio diferentes. Sea, también Z_H un conjunto de ingresos financieros. Las funciones de distribución marginales X_H y Y_H así como la función cópula han sido elegidas *a priori*.

6 La prueba χ^2 de Pearson es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis.

- Generación de dos vectores, $U = \{u_i, i = 1, \dots, n\}$ y $P = \{p_i, i = 1, \dots, n\}$, donde ambos u_i y p_i están uniformemente distribuidos entre 0 y 1 para cada i .
- Se calcula la función *quasi*-inversa de $c_u(v)$ siendo ésta la derivada parcial de $c(u, v)$ con respecto de la primera variable u .
- Se calcula $V = \{v_i, i = 1, \dots, n\}$, donde $v_i = C_1^{-1}(p_i | u_i)$, siendo C_1 la función de distribución condicional de la cópula con respecto a la primera variable.
- Aplicación del Teorema de Sklar⁷ en la simulación de las futuras cuantías siniestresales $X = \{x_i, i = 1, \dots, n\}$, e $Y = \{y_i, i = 1, \dots, n\}$, los cuales son obtenidos:

$$x_i = F_X^{(-1)}(u_i), y_i = F_Y^{(-1)}(v_i)$$

Las variables X e Y están asociados a cuantías siniestresales de suscripción.

- Obtención del vector XY sumando X e Y y XY_H sumando X_H y Y_H .
- Cada x_i e y_i entre 0 y 1, deben ser escalados en orden a obtener escenarios más realistas. Las funciones marginales y función cópula deben ser seleccionadas de nuevo, pero en este caso para los vectores XY_H y Z_H . La nomenclatura de la variable estimada va a ser reutilizada y por tanto, α va a ser el estimador de la cópula $\{\alpha_1 \dots \alpha_s\}$ estimadores de la marginal F_{XY} $\{\beta_1 \dots \beta_s\}$ y los estimadores de la marginal F_Z respectivamente.
- Se repiten los pasos desde el 2 al 5 y los nuevos vectores X e Y son obtenidos. En el paso 7, X e Y deben ser re-escalados en orden a obtener valores representativos. A continuación, serán multiplicados por el orden de magnitud de XY_H y Z_H a X e Y vectores respectivamente y de esta forma se obtienen los vectores S y F.

2.2. Descripción del producto ART-Combinado

El producto ART-Combinado propuesto consiste en un FQS, para un número de años dado (n), para varias líneas de negocio y para las cuales será establecido el adecuado *trigger*. Cuando la cedente define las condiciones del contrato, se determina un periodo de cobertura, un límite de cobertura de pérdidas potenciales, así como bajo que límites de volatilidad se determina el contrato en base a los riesgos operacionales y financieros. En el contrato se establece una comisión inicial *Cini* y varía en función del *ratio* de siniestralidad de cada año. La cedente recibe esta comisión en orden a cubrir tanto las necesidades financieras como de liquidez.

7 El teorema de Sklar, muestra que cada función de distribución puede ser descompuesta en sus distribuciones marginales y al menos una cópula, la cual será única si las distribuciones marginales y la multivariada son continuas.

El reasegurador se compromete a cubrir $q\%$ de las cuantías siniestresales. El *trigger* se activa cuando la suma del ratio financiero (IR) y el ratio de siniestralidad (LR) son superiores a una cantidad previamente prefijada y válida para toda la duración del contrato. (T). Finalmente, se determinará el límite agregado (C) y la máxima cuantía que el reasegurador pagará cada año.

2.3. Proceso de fijación de prima

Una vez obtenidos los vectores de cuantías siniestresales S y resultados financieros F , obtenidos a partir de los datos históricos, se procede a llevar a cabo una agrupación de longitud n y obteniéndose los vectores S' y F' donde:

$$S' = \{s'_k, k = i, \dots, j\},$$

$$\text{con } k \leq n, 1 \leq i < j \leq k, \text{ and } s'_k = \frac{1}{j-i+1} \sum_{k=i}^j s_k$$

$$F' = \{f'_k, k = l, \dots, h\},$$

$$\text{con } k \leq n, 1 \leq l < h \leq k, \text{ and } f'_k = \frac{1}{h-l+1} \sum_{k=l}^h f_k$$

la prima ART-Combinado que la compañía de seguros paga al reaseguro se calcula siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Prima} = \sum_{i=1}^n (P_i / n)$$

$$P_i = \begin{cases} \min \{q \cdot (f'_i + s'_i)(IR_i + LR_i - T), C\}, & \text{if } (IR_i + LR_i) > T \\ 0, & \text{if } IR_i + LR_i \leq T \end{cases}$$

Donde q es el cuota parte en términos porcentuales, T es el detonante en términos porcentuales, C es el límite agregado, IR es el ratio financiero y LR índice de siniestralidad. Una vez hecho este proceso se calcula el efecto financiero neto en la cuenta de resultados para la compañía cedente. Por otra parte se ha calculado de forma complementaria los siguientes ratios: Ratio de deuda ajena, Ratio de capital propio, ROA, ROE, ratio de gastos, valor o importe de la deuda, valor o importe reasegurado, WACC (coste capital medio ponderado) y TACC (coste total capital medio ponderado).

3. UN CASO DE ESTUDIO: GENERACIÓN DE ESCENARIOS Y EFECTO EN LA ESTRUCTURA DE CAPITAL

3.1. Caso 1: Efecto para la compañía cedente usando un ART Combinado

En este apartado lo que se intenta es analizar las consecuencias para la compañía cedente al contratar un ART-Combinado.

La compañía AAA es una entidad de seguros no vida que está analizando la posibilidad de suscribir un producto ART-Combinado. La compañía desea reducir la volatilidad de sus ganancias y mejorar su posición financiera. El periodo considerado para el contrato es de 5 años. El cuota parte porcentual establecido en el contrato es $q\%=50,00\%$ el límite agregado $C=3.250.000$ u.m y gastos de suscripción de 15.000 u.m. resultado de esta simulación se muestra en la figura 1 y Tabla 1. (ver Apéndice).

Se puede observar que las ganancias netas de la cedente (línea continua) es superior cuando el producto ART-Combinado es incluido en el programa ERM de la compañía. Además WACC y TACC decrece. (Véase Tabla 1).

Finalmente, es importante sacar conclusiones asociadas al coeficiente *Tau-Kendall* obtenido. En el ejemplo, la correlación no lineal entre las cuantías siniestrales es superior que entre las cuantías siniestrales y los resultados financieros. La Figura 3 muestra los valores de la marginal X versus marginal Y, y marginal X+Y versus marginal Z, cuando la estructura de dependencia entre X e Y, e XY y Z es modelada con la función cópula HRT. El coeficiente de correlación de Kenadal para el par (X, Y) es igual a 0.8589 y para el par (XY, Z) es igual a 0.5432.

Figura 3. Evolución de las ganancias netas para la compañía cedente of insurer's ART-comb (línea continua), con cópula pero no ART-comb. (línea discontinua)

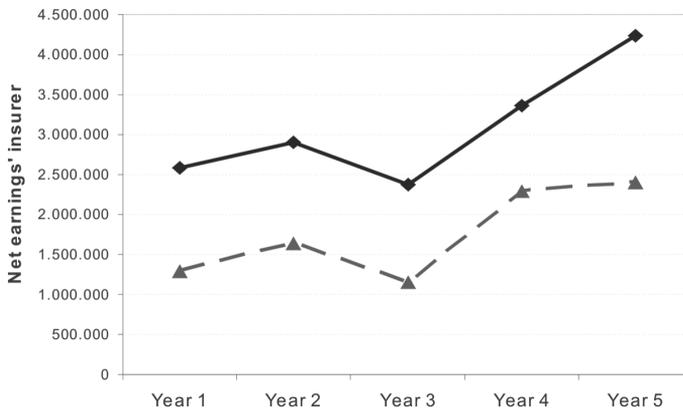
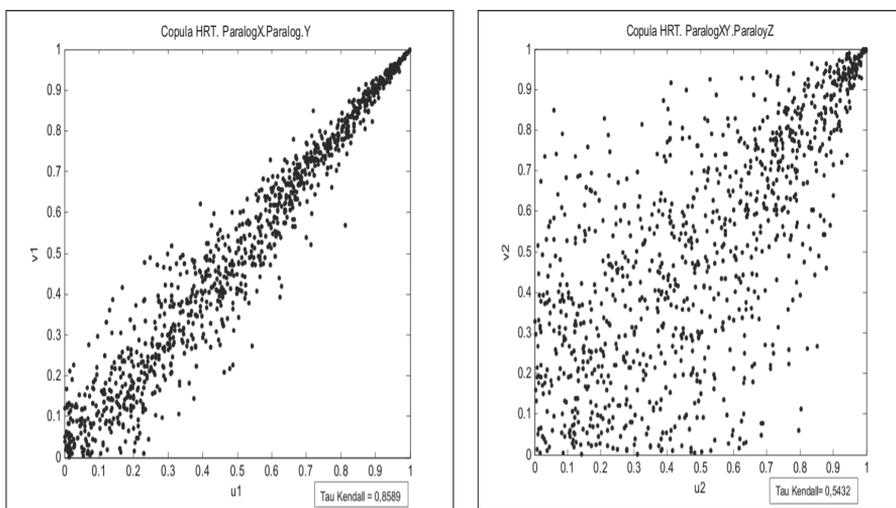


Figura 4. Distribución Paralogística de X versus Y (izquierda) y de X+Y versus Z (derecha) usando cópula HRT



3.2. Caso 2: Efecto si la compañía usa la cópula para fijar la prima

En este apartado se presentan varios escenarios para diferentes combinaciones de funciones cópula y marginales. Las cópulas consideradas son *Gumbel* y HRT cópula y las marginales consideradas han sido la paralogística, lognormal y *normal distribution*. Será calculado para cada escenario el coeficiente de correlación Tau Kendall.

Las variables son las mismas que las utilizadas en el caso 1, pero en este caso el límite agregado será de 10.000.000 u.m. En los apéndices A-D se puede observar el resultado de las simulaciones llevadas a cabo. En el apéndice A se encuentran las Tablas 1 a 6 y donde se puede observar los valores de las ganancias netas, ROE, ROA, WACC, TACC y el coeficiente Tau Kendall. En el apéndice B se muestran la nube de puntos mostrando la dependencia entre las variables aleatorias. En el apéndice C se representan los gráficos comparativos que muestran la evolución de las ganancias netas. Finalmente en el apéndice D se muestran los gráficos representativos de la evolución de ROE, ROA, WACC y TACC.

- Cópula HRT
- La asociación o correlación más alta entre los riesgos se puede observar cuando se ha utilizado la cópula HRT en conjunción con las marginales paralogísticas. La correlación es superior entre el riesgo de suscripción y riesgo financiero.
- Se puede observar el incremento de las ganancias netas, ROA, ROE, cuando la compañía ha considerado la dependencia de riesgos y ha aplicado la cópula HRT, excepto en los dos primeros años en los que se ha considerado en la simulación la distribución normal.

- Cópula Gumbel
- La asociación o correlación más alta entre riesgos cuando se ha utilizado la cópula Gumbel en conjunción con la función marginal paralogística. La asociación entre el riesgo de suscripción y el riesgo financiero es superior que entre los riesgos de suscripción para el ramo X e Y.
- Se puede observar que la entidad obtiene mejores resultados en todas las variables consideradas, ganancias netas, ROA, ROE, cuando la empresa considera la dependencia de riesgos.

En ambos casos, se puede observar inferiores ganancias netas cuando la empresa ha utilizado la cópula Gumbel en conjunción con la función de distribución normal. TACC y WACC se obtienen mejores resultados cuando se utiliza la cópula Gumbel en conjunción con la distribución Lognormal.

CONCLUSIONES

Este artículo formaliza una metodología para determinar la prima de seguro en el que caso de diseñar un producto "a medida" ART-Combinado usando la Teoría de Cópulas. El producto aquí propuesto combina un FQS, un producto *Single Trigger* para varios años y varias líneas de negocio. La Teoría de Cópulas ha sido considerada para medir la correlación no lineal entre las variables aleatorias asociadas a los riesgos de suscripción y los resultados financieros. En el artículo se ha estudiado el efecto sobre la estructura de capital de la cedente cuando esta metodología es aplicada. El producto ART combinado propuesto proporciona varias ventajas a la cedente: incremento de rentabilidad para el accionista cuando es utilizado un producto ART combinado, reducción del coste de capital y volatilidad de los estados financieros. Finalmente, el producto ofrece nuevas soluciones al gerente de riesgos para optimizar su programa ERM, mejorando la diversificación de los riesgos e incrementando la capacidad para cubrir riesgos difíciles de asegurar.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos electrónicos

SwissRe. Recuperado el 10 de marzo de 2009 de www.SWISSRE.COM

Libros

CHERUBINI, U; LUCIANO, E; VECCHIATO, W. (2004), "Copula Methods in Finance". Wiley Financial Series. John Wiley & Sons, Ltd.: New York, United States.

Chernovai, Rachev and Fabozzi (2007).

- CULP, C.L. (2002), *The art of risk management: Alternative Risk Transfer, Capital Structure and the convergence of insurance and capital market*. Wiley Finance: New York, United States.
- DOHERTY, N.A. (1985), *Integrated risk management techniques and strategies for reducing risk*.
- MONTI, R.G.; BARILE, A. (1995), *A practical guide to finite risk insurance and reinsurance*". John Wiley & Sons.
- SHIMPI, P. (2001), *An integrating corporate risk management*. FSA, CFA. Publishing House: Texere: New York.

APÉNDICE A TABLAS

Tabla 1

<i>Paralog/Gumbel</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	3.523.438,58	2.275.024,18	3.155.645,67	3.558.001,95	2.818.622,11
Ganancias netas sin ART con cópulas	674.555,06	652.177,92	516.529,95	525.235,13	570.546,20
ROE con ART con cópulas	100,87%	67,78%	75,31%	104,81%	93,66%
ROE con ART sin cópulas	6,75%	6,52%	5,17%	5,25%	5,71%?
ROA con ART con cópulas	35,23%	22,75%	31,56%	35,58%	28,19%?
ROA con ART sin cópulas	11,24%	10,87%	8,61%	8,75%	9,51%?
TACC con ART con cópulas	4,00%	3,92%	4,09%	3,81%	3,83%?
TACC con ART sin cópulas	4,33%	4,35%	4,34%	4,37%	4,34%?
WACC con ART con cópulas	3,27%	3,05%	3,65%	2,77%	2,75%?
WACC con ART sin cópulas	3,81%	3,88%	3,85%	3,93%	3,84%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =		0,22816578			
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =		0,31554919			

Tabla 2

<i>Lognormal/Gumbel</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	2.396.283,98	1.246.999,03	2.296.979,59	1.557.433,36	-412.043,27
Ganancias netas sin ART con cópulas	151.011,82	129.034,61	159.053,90	135.636,54	86.197,75
ROE con ART con cópulas	35,65%	34,21%	35,24%	33,52%	27,23%?
ROE con ART sin cópulas	4,12%	3,43%	3,25%	2,54%	3,16%?

(Continúa)

(Continuación)

Lognormal/Gumbel	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ROA con ART con cópulas	23,96%	12,47%	22,97%	15,57%	0%?
ROA con ART sin cópulas	4,12%	3,43%	3,25%	2,54%	3,16%?
TACC con ART con cópulas	3,73%	3,57%	3,75%	3,50%	3,48%?
TACC con ART sin cópulas	4,33%	4,35%	4,34%	4,37%	4,34%?
WACC con ART con cópulas	2,18%	1,58%	2,25%	1,37%	1,21%?
WACC con ART sin cópulas	4,10%	4,04%	4,12%	3,96%	4,00%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =		0,09234981			
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =		0,09234981			

Tabla 3

Normal/Gumbel	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	307.898,10	354.649,98	187.736,06	84.892,16	436.291,99
Ganancias netas sin ART con cópulas	256812,505	203802,093	131698,117	280191,963	303391,861
ROE con ART con cópulas	8,20%	9,21%	5,35%	2,40%	11,17%?
ROE con ART sin cópulas	7,25%	6,05%	6,38%	6,07%	6,42%?
ROA con ART con cópulas	3,08%	3,55%	1,88%	0,85%?	4,36%
ROA con ART sin cópulas	4,35%	3,63%	3,83%	3,64%	3,85%?
TACC con ART con cópulas	4,03%	3,99%	4,00%	3,83%	3,95%?
TACC con ART sin cópulas	4,39%	4,40%	4,38%	4,44%	4,42%?
WACC con ART con cópulas	3,41%	3,32%	3,27%	2,85%	3,25%?
WACC con ART sin cópulas	4,00%	4,01%	3,97%	4,13%	4,07%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =		0,09234981			
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =		0,09234981			

Tabla 4

<i>Paralog/HRT</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	1.550.291,12	3.230.930,12	1.940.074,20	1.753.074,05	2.843.763,24
Ganancias netas sin ART con cópulas	403.452,91	515.251,52	318.513,47	311.810,50	278.031,59
ROE con ART con cópulas	23,77%	36,86%	33,23%	20,53%	30,74%?
ROE con ART sin cópulas	11,24%	10,87%	8,61%	8,75%	9,51%?
ROA con ART con cópulas	14,26%	22,11%	19,94%	12,32%	18,45%?
ROA con ART sin cópulas	6,75%	6,52%	5,17%	5,25%	5,71%?
TACC con ART con cópulas	3,84%	3,81%	3,75%	3,70%	3,76%?
TACC con ART sin cópulas	4,33%	4,35%	4,34%	4,37%	4,34%?
WACC con ART con cópulas	3,50%	3,59%	3,17%	3,64%	3,61%??
WACC con ART sin cópulas	3,81%	3,88%	3,85%	3,93%	3,84%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =	0,6305834				
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =	0,52648456				

Tabla 5

<i>Lognormal/HRT</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	912.438,30	1.349.547,47	362.092,90	2.747.113,45	1.439.111,72
Ganancias netas sin ART con cópulas	151.011,82	129.034,61	159.05390	135.636,54	86.197,75
ROE con ART con cópulas	15, 12%	17,50%	10,62%	35,47%	18,39%?
ROE con ART sin cópulas	4,12%	3,43%	3,25%	2,54%	3,16%?
ROA con ART con cópulas	9,12%	13,50%	3,62%	27,47%	14,39%?
ROA con ART sin cópulas	2,47%	2,06%	1,95%	1,53%	1,90%?
TACC con ART con cópulas	3,60%	3,64%	3,61%	3,56%	3,55%?
TACC con ART sin cópulas	4,48%	4,48%	4,50%	4,50%	4,48%?

(Continúa)

(Continuación)

<i>Lognormal/Gumbel</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
WACC con ART con cópulas	1,64%	1,85%	1,68%	1,64%	1,50%?
WACC con ART sin cópulas	4,10%	4,04%	4,12%	3,96%	4,00%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =		0,31215935			
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =		0,31215935			

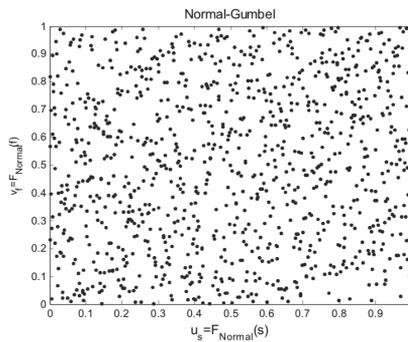
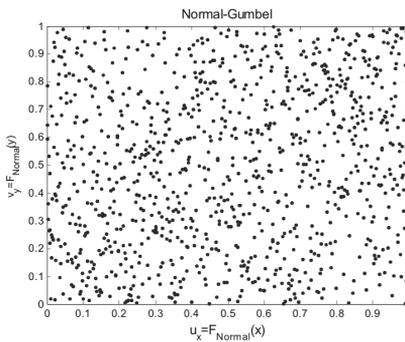
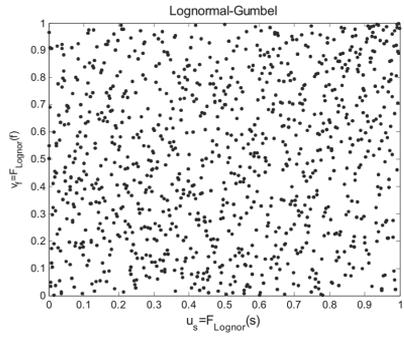
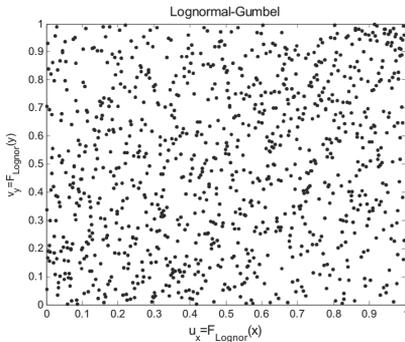
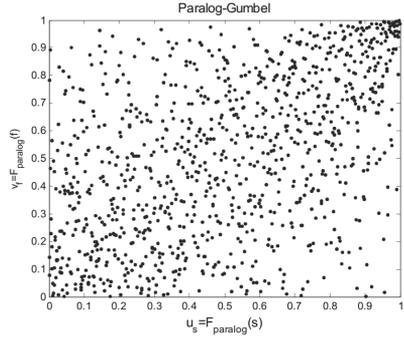
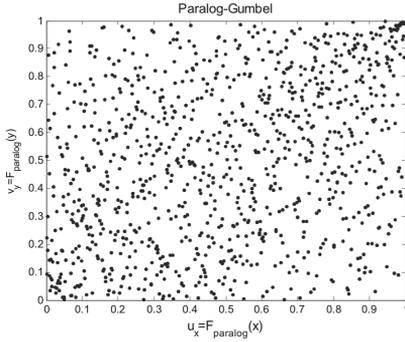
Tabla 6

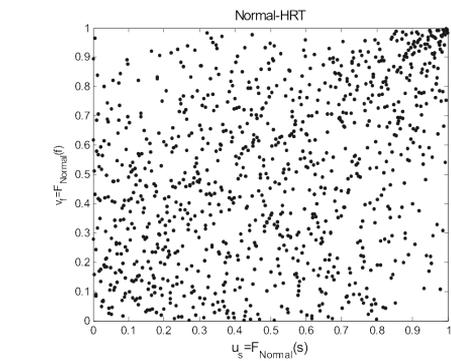
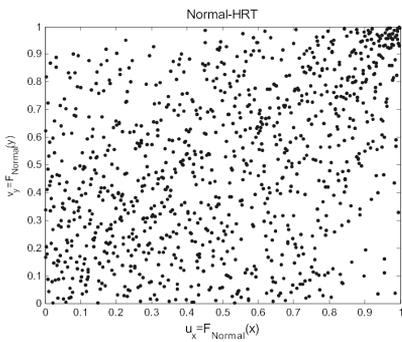
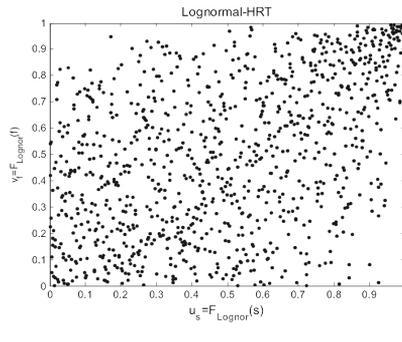
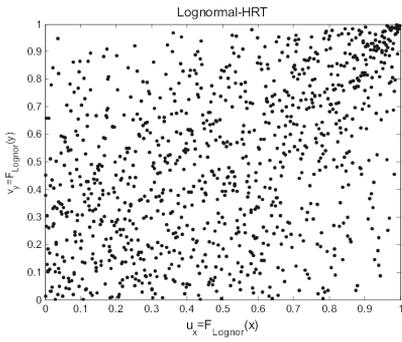
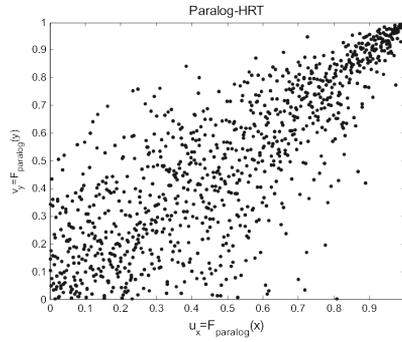
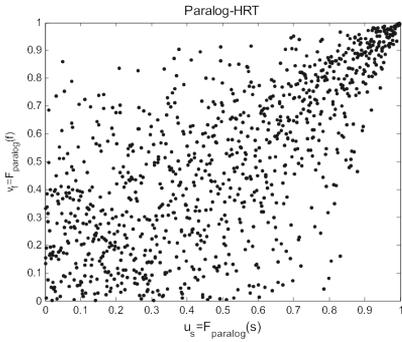
<i>Normal/HRT</i>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ganancias netas con ART con cópulas	231.600,94	188.260,09	366.746,03	354.211,76	330.261,87
Ganancias netas sin ART con cópulas	256812,505	203802,093	131698,117	280191,963	303391,861
ROE con ART con cópulas	6,42%	5,16%	9,59%	9,56%	8,75%?
ROE con ART sin cópulas	7,25%	6,05%	6,38%	6,07%	6,42%?
ROA con ART con cópulas	2,32%	1,88%	3,67%	3,54%	3,30%?
ROA con ART sin cópulas	4,35%	3,63%	3,83%	3,64%	3,85%?
TACC con ART con cópulas	4,02%	3,96%	4,04%	3,85%?	3,93%
TACC con ART sin cópulas	4,39%	4,40%	4,38%	4,44%	4,42%??
WACC con ART con cópulas	3,33%	3,21%	3,44%	2,95%	3,16%?
WACC con ART sin cópulas	4,00%	4,01%	3,97%	4,13%	4,07%?
Tau Kendall asociada a la cópula de {X, Y} =		0,31215935			
Tau Kendall asociada a la cópula de {S, F} =		0,31215935			

Fuente: Elaboración propia desde el año 2007

APÉNDICE B. DEPENDENCIA DE LAS VARIABLES ALETORIAS.

CASO 2

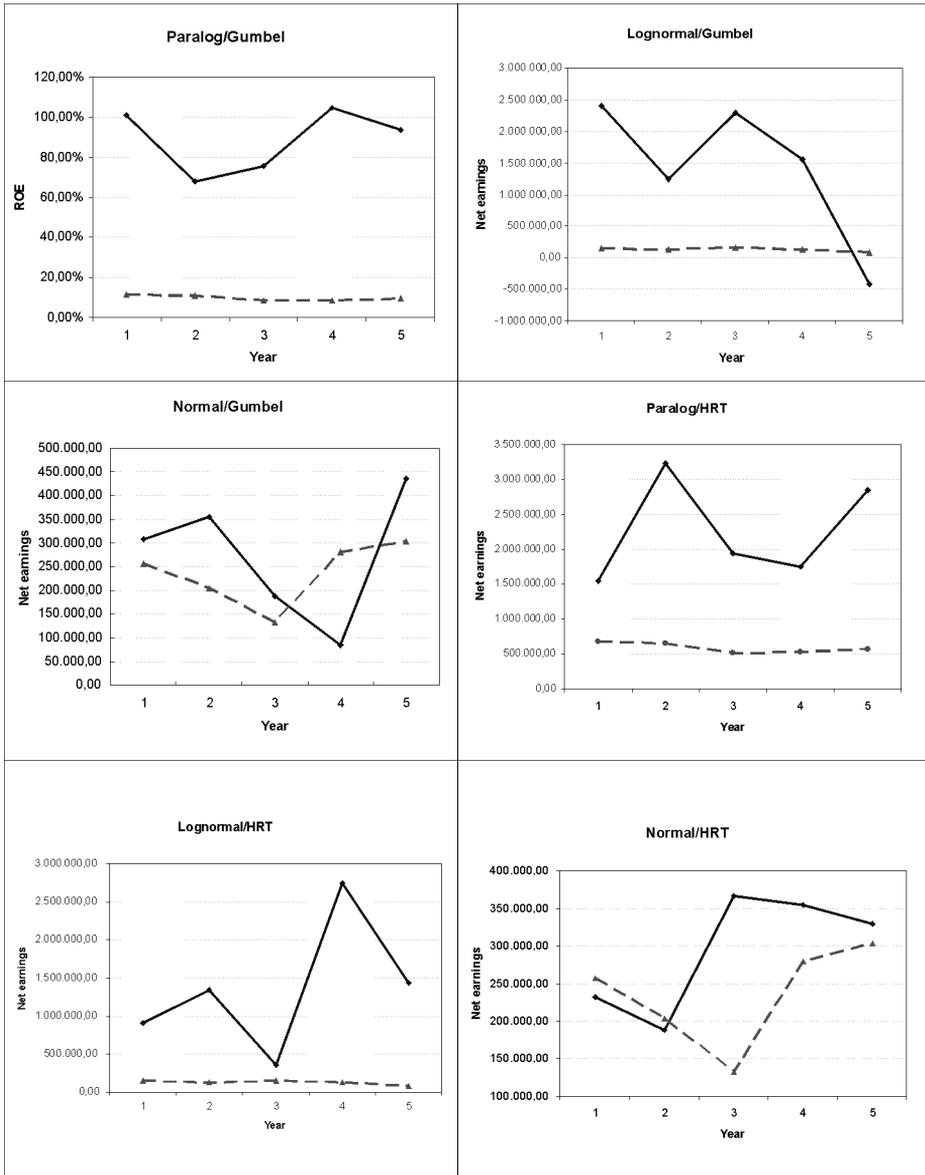




Fuente: Elaboración propia desde el año 2007

APÉNDICE C. EVOLUCIÓN DEL BENEFICIO PARA EL CASO 2

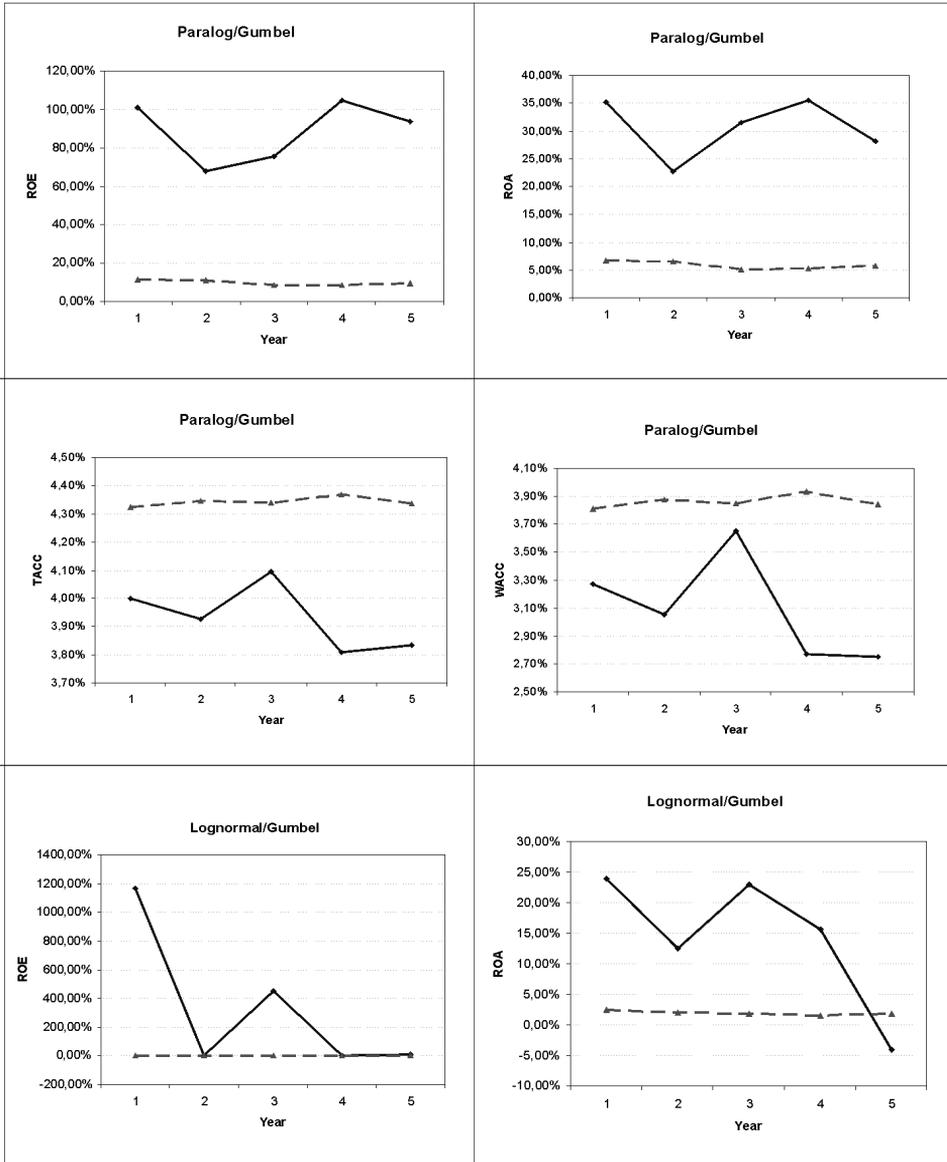
Todos los gráficos en este apéndice muestran una línea continua en caso de inclusión de funciones cópula (Gumbel o HRT) y la línea discontinua corresponde a la hipótesis de independencia.

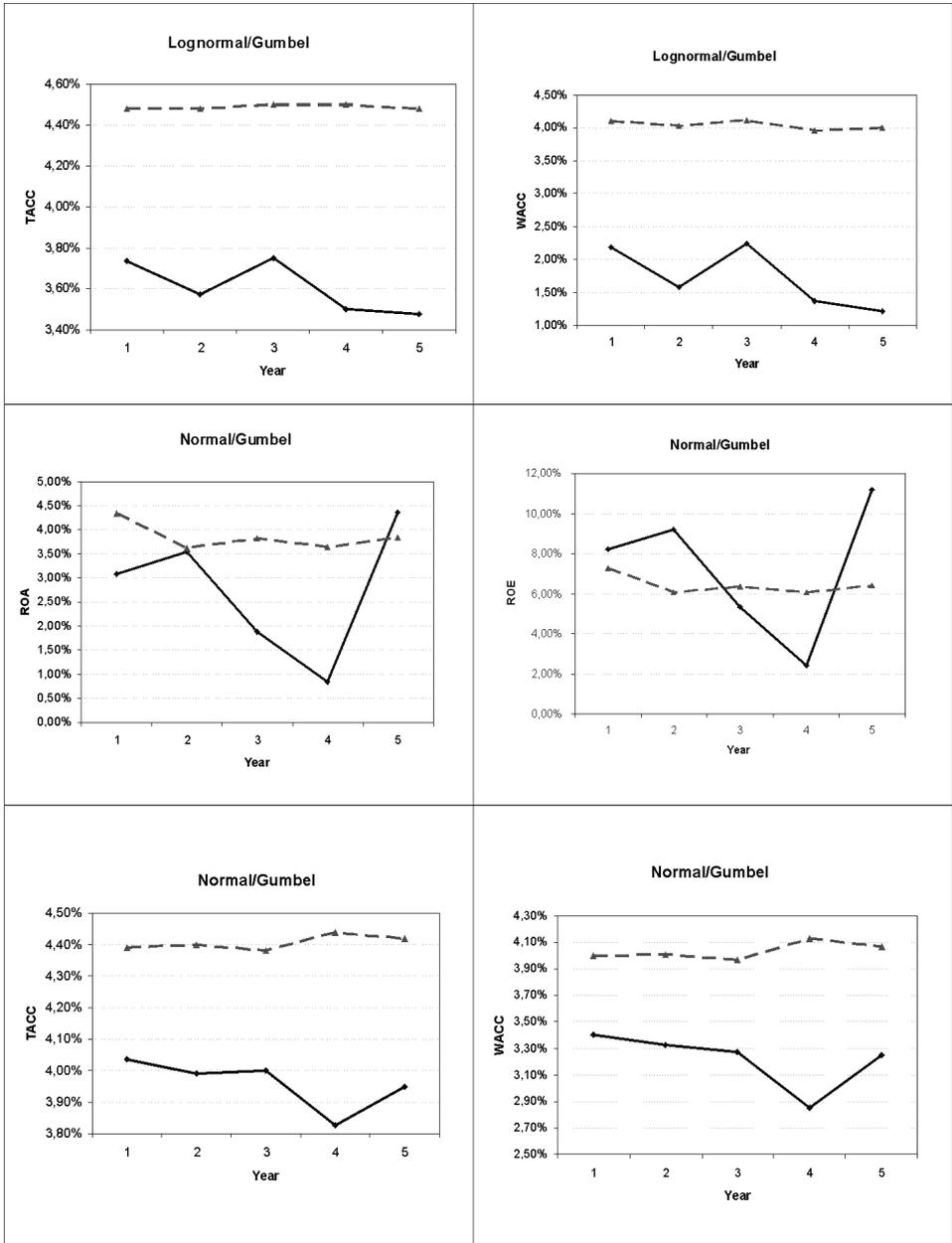


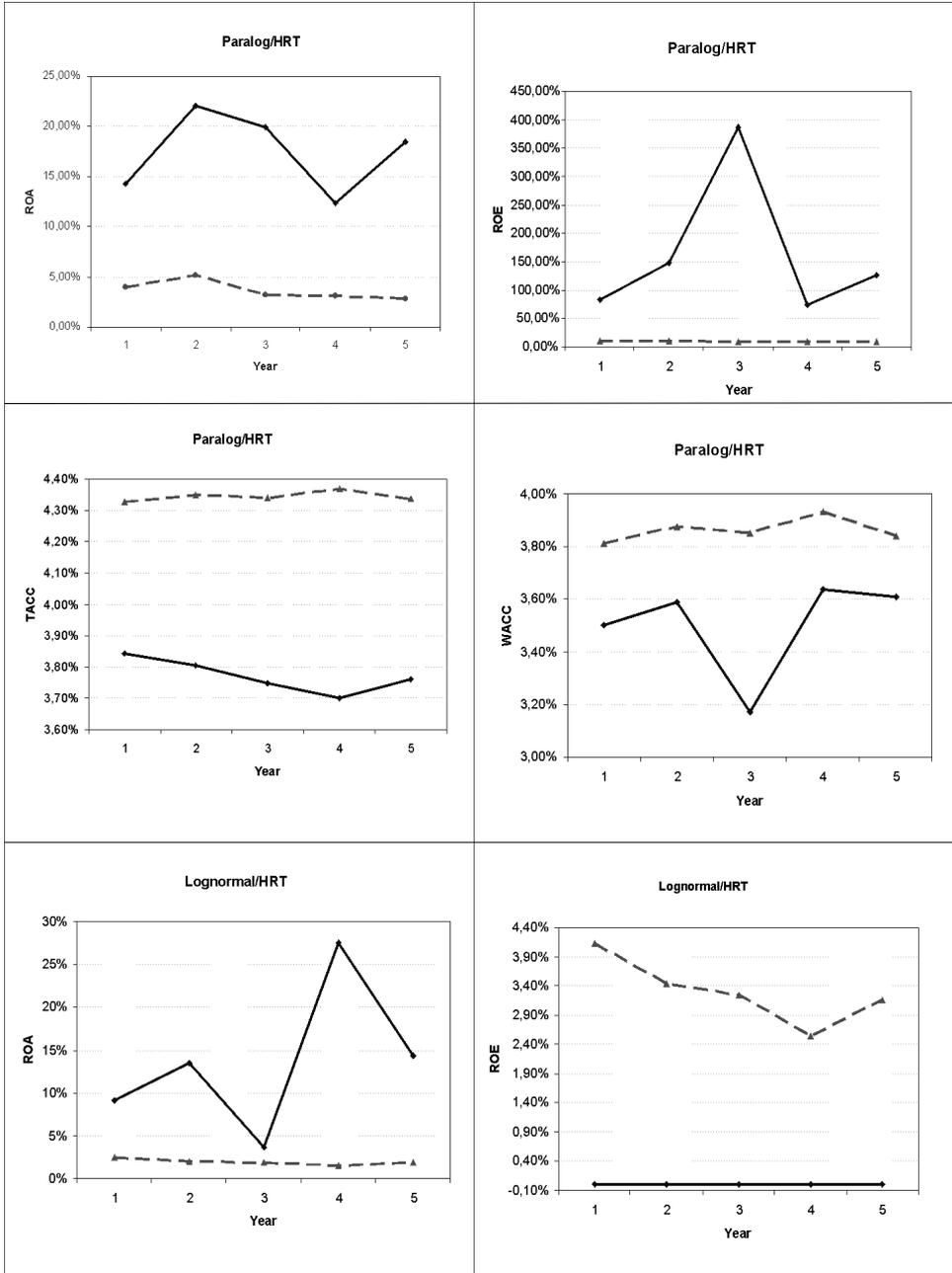
Fuente: Elaboración propia desde el año 2007

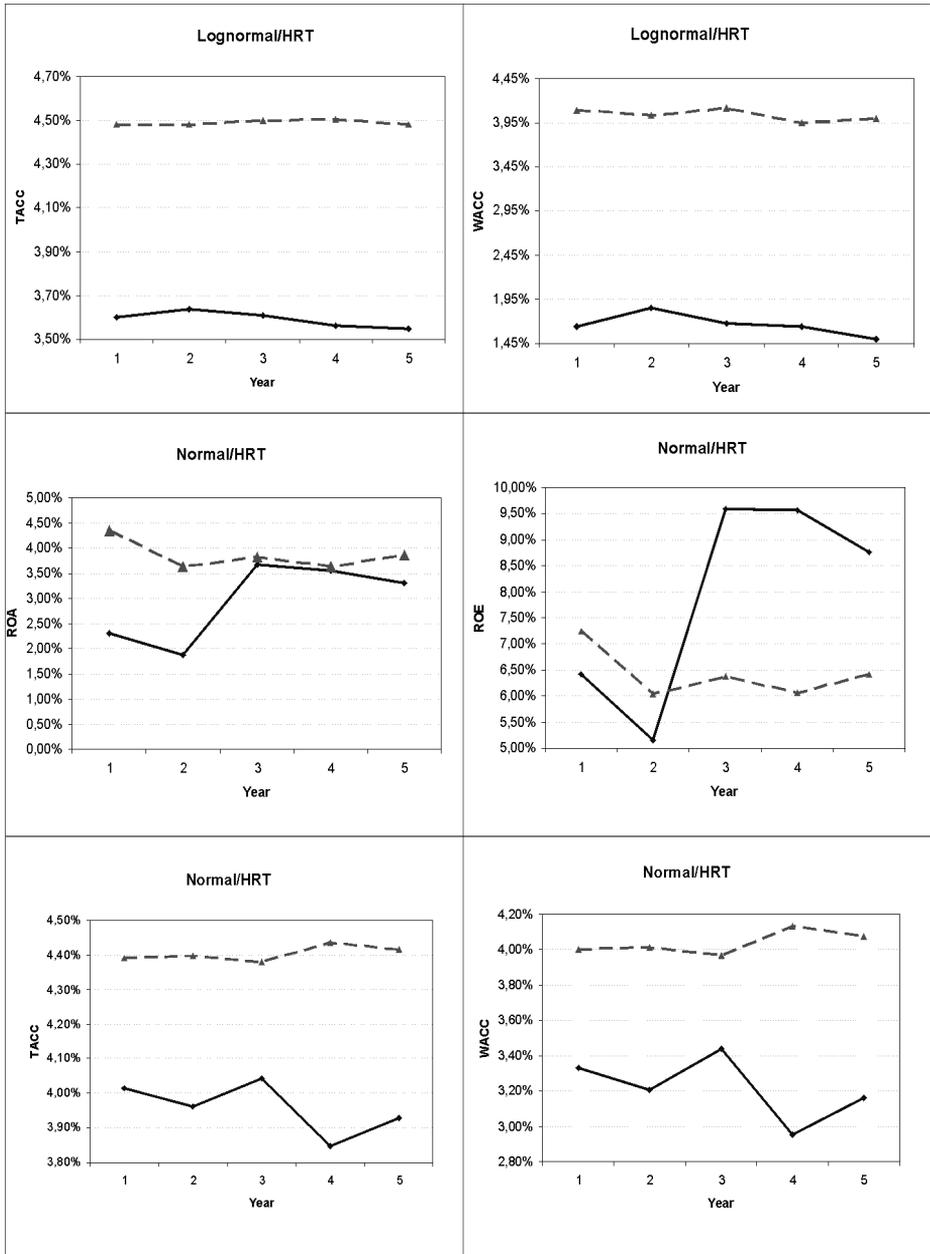
APÉNDICE D. EVOLUCIÓN DE ROE, ROA, WACC Y TACC PARA EL CASO 2

Al igual que el apéndice C, la línea continua corresponde a los resultados obtenidos bajo la inclusión de funciones cópula (Gumbel or HRT) en el modelo. La línea discontinua corresponde a los resultados obtenidos bajo la hipótesis de independencia. Los resultados mostrados son ROE, ROA, TACC y WACC (en el eje Y).









Fuente: Elaboración propia desde el año 2007

