

## Bonos convertibles

Salvador Zurita L.

*Universidad de Chile*

Iván Huerta G.

*Pontificia Universidad Católica  
de Chile*

### Extracto

Los bonos convertibles son instrumentos híbridos: son similares a un bono en que pagan cupones fijos y prometen el pago del principal a la madurez, pero además pueden ser canjeados por acciones comunes de la firma que los emitió. Al ejercer la opción de canje, como en el caso de los warrants, la firma emite nuevas acciones, con lo cual aumenta el número de acciones en circulación y se diluye la propiedad. Usualmente, estos bonos son rescatables por la empresa después de un período, lo que da a la empresa la posibilidad de forzar la conversión de los bonos. En este artículo se estudia un bono convertible y rescataable, con precios de rescate y tasas de conversión variables en el tiempo, y tasas de dividendo y cupones continuos. Además, se desarrolla un ejemplo numérico para determinar el efecto relativo de las características del bono sobre su valor.

### Abstract

Convertible debentures are hybrid securities: they are similar to regular bonds in that they pay fixed coupons and principal at maturity, but at the

---

*Salvador Zurita agradece el financiamiento del Fondo de Investigación de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Chile (concurso 1996).*

same time they can be exchanged for common stocks of the issuing firm. As in the case of warrants, if the conversion option is exercised, the firm will issue new stock, diluting its property. Typically, these securities are callable after some years, enabling the firm to force the conversion of the debentures. In this paper we study a convertible debenture with conversion terms variable in time, callable by the firm at a call price also function of time, and we model dividend yields and coupon payments as continuous in time. Finally, we develop a numerical example in order to asses the relative importance of the features of the bond.

### **Bonos convertibles**

Un bono convertible es un instrumento de renta fija que paga cupones (generalmente cada semestre) y que además da a su tenedor la opción de convertirlo en un cierto número de acciones comunes de la empresa que lo emite. Frecuentemente ese beneficio se compensa haciendo que los convertibles sean subordinados a otras deudas y con una tasa cupón inferior a la de los bonos comunes. También es usual que la firma tenga la opción de rescatar anticipadamente los bonos a un precio predeterminado por contrato, llamado de rescate; esta característica es especialmente importante en el caso de los bonos convertibles, porque da a la firma la posibilidad de forzar la conversión de los bonos si los llama a rescate a un precio inferior a su valor de conversión.

La valoración moderna de convertibles se basa en el trabajo pionero de valoración de opciones de Black y Scholes 1973, análisis que fue aplicado independientemente pero en forma simultánea por Ingersoll 1977 y Brennan y Schwartz 1977. Ingersoll encuentra fórmulas analíticas para determinar el valor de un bono de descuento convertible pero no rescatable, de un bono convertible y rescatable siempre que los términos de rescate sean constantes en el tiempo, y de un bono perpetuo (consol) convertible, el que interpreta como acciones preferentes convertibles. Brennan y Schwartz utilizan el método de diferencias finitas para resolver numéricamente la ecuación diferencial que entrega el valor del convertible, también con términos de conversión constantes. En ambos casos, por simplicidad los autores suponen que el único tipo de deuda es la deuda convertible, por lo que una vez canjeados los bonos el único pasivo de la empresa son acciones comunes. Como en Zurita 1994, en este trabajo modificamos la estructura de pasivos de la compañía introduciendo deuda de largo plazo (*senior*) además de la deuda convertible (subordinada, o *junior*), pero, a diferencia de los trabajos citados, permitimos que tanto los términos de

conversión como los de rescate sean variables en el tiempo y modelamos los pagos de dividendo y de cupones como continuos en el tiempo. En este caso, no hay solución analítica, por lo que utilizamos el método de diferencias finitas para resolver numéricamente la ecuación diferencial de valoración.

### El modelo

Se considera una empresa que ha emitido bonos de largo plazo y adicionalmente emite bonos subordinados convertibles en acciones comunes, a una tasa decreciente en el tiempo. También la firma puede rescatar anticipadamente los convertibles pagando un precio de rescate decreciente en el tiempo. Ambos bonos pagan cupones en forma continua. La notación es como sigue:

- $B^0$  = Valor par de bonos corrientes
- $F$  = Valor par de bonos convertibles
- $I_B$  = Cupón anual de la deuda corriente (pagado continuamente)
- $I_C$  = Cupón anual de la deuda convertible (pagado continuamente)
- $N_B$  = Número de bonos corrientes en circulación
- $N_C$  = Número de bonos convertibles en circulación
- $N$  = Número de acciones en circulación previa conversión de los bonos
- $\tau$  = Tiempo a la madurez de los bonos
- $q(\tau)$  = Razón de conversión, definido como número de acciones comunes por las que puede ser intercambiado un convertible al momento de convertir
- $\gamma$  = Factor de dilución, definido como la fracción de acciones comunes que adquieren los convertibles si convierten la emisión completa
- $CP(\tau)$  = Precio de rescate del bono convertible.

Se modela la razón de conversión como dada durante un intervalo inicial y decreciente al final de él en forma exponencial:

$$q(\tau) = \begin{cases} q_0, & \tau_c \leq \tau \leq T \\ q_0 e^{-\delta(\tau_c - \tau)}, & 0 \leq \tau \leq \tau_c \end{cases},$$

donde

$q_0$  = Constante

$\tau_c$  = Período en el que el bono puede ser convertido (medido en años),  
y correspondiente a los últimos años de la vida del bono

$\delta$  = Tasa (anual) de empeoramiento en los terminos de conversion

Esta especificación de términos de conversión da lugar al siguiente factor de dilución:

$$\gamma(\tau) = \frac{n_c q(\tau)}{n_c q(\tau) + N}$$

Finalmente, suponemos que el bono es no rescatable durante un cierto número de años, y que luego es rescatable a un precio que es función creciente del tiempo que resta para el vencimiento:

$$CP(\tau) = Fe^{\beta\tau},$$

donde el parámetro beta está ligado al porcentaje de recargo ( $re$ ) por sobre el valor par, debido al rescate anticipado de los bonos:

$$\beta = \ln(1 + re).$$

#### LA ECUACIÓN DE VALORACIÓN

Suponemos que el valor de los activos de la firma sigue un proceso estocástico de Ito:

$$\frac{dV}{V} = \left[ \mu_v - \frac{I_B + I_c + D}{V} \right] dt + \sigma_v dz_v,$$

donde los parámetros hasta ahora no definidos son:

- $V$  = Valor (económico) de los activos de la firma
- $\mu_V$  = Retorno total esperado de los activos de la firma
- $D(V,t)$  = Tasa anual de dividendos (pagada continuamente), función del valor de los activos y del tiempo
- $\sigma_V$  = Volatilidad de los activos de la firma
- $dz_V$  = Incremento de un proceso Gauss-Wiener

Suponiendo que la tasa de interés libre de riesgo es constante, el valor del bono convertible es función sólo del valor de los activos totales y del tiempo,  $C = C(V,t)$ . Luego, podemos obtener el proceso estocástico que sigue el valor del bono convertible a partir del proceso de los activos totales  $V$ , aplicando el lema de Ito:

$$\frac{dC}{C} = \mu_c dt + \frac{C_V V \sigma_V}{C} dz_V,$$

donde  $\mu_c$  es la tasa de retorno esperado del bono convertible, definida como

$$\mu_c = \frac{1}{C} \left[ C_V (V \mu_V - I_B - I_C - D) + C_t + \frac{1}{2} C_{VV} V^2 \sigma_V^2 \right].$$

Puesto que el convertible se ve afectado por la misma fuente de riesgo que el valor de los activos, es posible formar un porfolio invirtiendo en el convertible y en los activos de la firma que sea libre de riesgo, y financiando las compras con deuda libre de riesgo, de forma que no requiere inversión inicial. Para prevenir oportunidades de arbitraje, dicho porfolio debe ganar un retorno cero. Esta condición nos da la ecuación de arbitraje que permite valorar el convertible (obsérvese que  $C_t = -C_\tau$ , pues el tiempo a la madurez transcurre en sentido inverso que el tiempo calendario,  $\tau = T-t$ ):

$$\frac{1}{2} C_{VV} V^2 \sigma_V^2 + C_V (rV - I_B - I_C - D) + \frac{I_c}{n_c} - rC - C_\tau = 0$$

La ecuación anterior tiene múltiples soluciones, dependiendo de las condiciones inicial y de bordes que se impongan.

#### LA CONDICIÓN INICIAL

El método numérico resuelve un sistema de ecuaciones de atrás hacia adelante, por lo que el valor de los bonos a la madurez se llama condición inicial y viene dada por:

$$C(V,0) = \begin{cases} \gamma(0)[V - n_B B(V,0)], & \text{si } \frac{F}{\gamma(0)} + n_B B(V,0) \leq V \\ F, & \text{si } n_B B^0 + n_C F \leq V < \frac{F}{\gamma(0)} + n_B B(V,0) \\ \frac{1}{n_C}(V - n_B B^0), & \text{si } n_B B^0 \leq V < n_B B^0 + n_C F \\ 0, & \text{si } 0 \leq V < n_B B^0 \end{cases}$$

Esta condición dice que si a la madurez de los convertibles el valor de la empresa es suficientemente alto, los dueños de bonos convertibles decidirán convertir los bonos, obteniendo una fracción del patrimonio de la firma que viene dada por el coeficiente de dilución gama. Luego, si es suficiente para pagar todas las deudas pero no lo necesario para hacer ventajosa la conversión, los tenedores recibirán el valor par de la deuda.

Por otra parte, si a la madurez de los convertibles el valor de los activos fuese inferior a la suma de los valores pares de las deudas de largo plazo y convertibles, pero superior al valor par de la deuda de largo plazo, la empresa quiebra y los dueños de convertibles subordinados reciben lo que queda de los activos después de pagar el total de la deuda de largo plazo. Finalmente, si a la madurez de los convertibles el valor de los activos es inferior al valor par de la deuda de largo plazo (*senior* en relación con la deuda convertible), la empresa quiebra y el valor de los activos pasa a los tenedores de largo plazo, y los dueños de convertibles subordinados corren la misma suerte que los accionistas, sin recibir nada.

LA CONDICIÓN DE BORDE INFERIOR  
Y CLÁUSULAS DE QUIEBRA

Suponemos que las cláusulas de los bonos indican que si en cualquier momento el valor de los activos baja a una fracción del valor par, los bonistas pueden llevar a la empresa a la quiebra. Como la deuda de largo plazo tiene prioridad en caso de quiebra sobre los convertibles subordinados, suponemos que la condición de quiebra es

$$C(V,t) = k_C F, \quad \text{si } V = n_B B^0 + k_C F.$$

LA CONDICIÓN DE BORDE SUPERIOR  
Y POLÍTICA DE RESCATE ÓPTIMO

En el período en que los convertibles no son rescatables por la firma, sabemos que para valores de la firma suficientemente altos los bonos serán convertidos con probabilidad 1. Luego, por cada peso que suben los activos, los dueños de convertibles obtendrán la fracción del patrimonio que les corresponde:

$$\lim_{V \rightarrow \infty} C_V(V,\tau) = \gamma(\tau), \quad \tau > \tau_r.$$

En el período en que los convertibles son rescatables, los accionistas maximizan su riqueza si impiden que el valor de los convertibles supere su precio de rescate (Ingersoll y Brennan y Schwartz, obras citadas):

$$C(V,\tau) \leq CP(\tau), \quad 0 \leq \tau \leq \tau_r.$$

Luego, la política de rescate óptimo es rescatar los convertibles cuando su valor de conversión iguale su precio de rescate, esto es, para valores de activos iguales o superiores a

$$\frac{CP(\tau)}{\gamma(\tau)} + n_B B(V,\tau).$$

## ESTRATEGIA DE CONVERSIÓN ÓPTIMA

En el período en que los convertibles son rescatables, la conversión de los bonos puede ser forzada por los accionistas al rescatar los bonos. Esta posibilidad ya ha sido considerada en la política de rescate óptima.

En el período en que los convertibles no son rescatables, dos factores pueden inducir la conversión voluntaria de los bonos: 1) Si la tasa de dividendo (continua) es suficientemente alta, ello puede incentivar a los dueños de convertibles a transformarse en accionistas y recibir el dividendo, y 2) como los términos de conversión empeoran continuamente (cada vez es posible obtener menos acciones por cada convertible), ello puede incentivar a los bonistas a convertir antes sus bonos para obtener más acciones a cambio de ellos.

Puesto que tanto los dividendos como el empeoramiento de términos de conversión son continuos, ello obliga a comparar paso a paso en la solución el valor de los bonos si convierten en acciones con su valor si se mantienen como bonistas, y escoger el máximo entre ambos:

$$C(V, \tau_+) = \text{Max} [C(V, \tau_-), \gamma(\tau_+)(V - n_B B(V, \tau_+))],$$

donde  $\tau_+$  representa un instante antes (en el tiempo corriente) y  $\tau_-$  un instante después.

## BONOS DE LARGO PLAZO

Para resolver el valor del convertible, se requiere conocer el valor de los bonos de largo plazo, el cual entra en las condiciones inicial y de quiebra y en las políticas de rescate y conversión óptimas. Siguiendo un argumento de arbitraje similar al utilizado para los convertibles, se puede obtener una ecuación de arbitraje combinando los activos de la firma y bonos de largo plazo para formar un porfolio libre de riesgo. La ecuación de valoración es:

$$\frac{1}{2} B_{VV} V^2 \sigma_v^2 + B_V (rV - I_B - \hat{I}_C - D) + \frac{I_B}{n_B} - rB - B_\tau = 0.$$



El valor de la deuda de largo plazo se obtiene resolviendo esta ecuación con sujeción a la condición inicial, que indica que a la fecha de madurez de los bonos de largo plazo (negativa, porque el cero se define como el vencimiento de los convertibles), éstos valen su valor par si los activos son suficientes para pagarlos, y el valor de los activos en caso contrario (quiebra):

$$B(V, -\tau_B^0) = \begin{cases} B^0, & B^0 \leq \frac{1}{n_B} V \\ \frac{1}{n_B} V, & B^0 > \frac{1}{n_B} V \end{cases}$$

En todo momento, para valores suficientemente grandes de los activos de la firma la probabilidad de que los bonos sean pagados en ciento por ciento es uno; luego, incrementos en el valor de los activos no afectan a su valor y la condición de borde superior es:

$$\lim_{V \rightarrow \infty} B_V = 0, \quad \forall \tau.$$

Finalmente, si el valor de los activos es igual a una fracción del valor par de los bonos de largo plazo, suponemos que éstos pueden llevar a la quiebra a la firma, por lo que la condición de borde inferior es:

$$B(V, \tau) = k_B B^0, \quad \text{si} \quad V = k_B n_B B^0.$$

### Ejemplo numérico

En esta sección presentamos un ejemplo numérico del problema planteado en la sección anterior, cuyo objetivo es ilustrar la solución desarrollada en la sección precedente. Los datos del ejemplo se proporcionan a continuación.

### Tabla de parámetros del ejercicio base

#### *Deuda de largo plazo (preferente)*

Valor par	=	US\$ 500 millones
Cupón anual	=	US\$ 40 millones
Madurez	=	15 años
Recupera en quiebra <sup>1</sup>	=	70%

#### *Deuda convertible (subordinada)*

Valor par	=	US\$ 200 millones
Cupón anual	=	US\$ 10 millones
Madurez	=	10 años
Recupera en quiebra	=	70%
Términos de conversión	=	1/10 del patrimonio los primeros cuatro años (obteniendo 1/11 al convertir) y empeorando a tasa $\delta=1\%$ por año a partir de entonces
Términos de rescate	=	Rescatable después de cinco años con un recargo de 10% por año sobre el valor par

#### *Patrimonio*

Dividendos	=	Función lineal del valor de activos, según la función $D(V,t) = \alpha_0 + \alpha_1 V$ Con $\alpha_0 = 0,12$ , $\alpha_1 = 0,05$
Valor del patrimonio	=	US\$ 2 billones (al inicio)

#### *Características de la firma y parámetros ambientales*

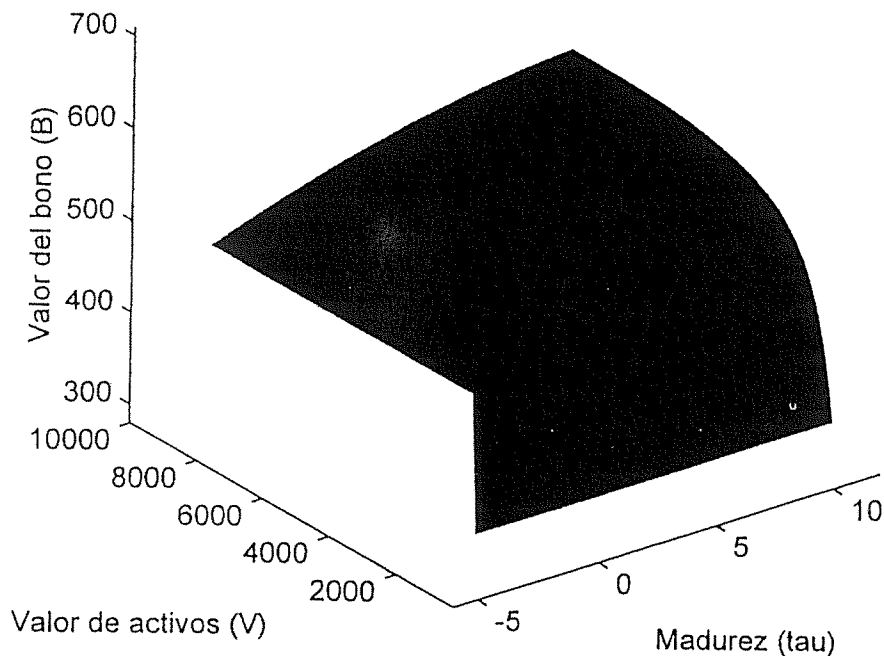
Volatilidad de activos	=	30%
Interés libre de riesgo	=	6%

<sup>1</sup>Cuando no hay deuda subordinada (ya sea por haber sido canjeada por acciones o por haber expirado); si hay deuda convertible, entonces, según las especificaciones del problema, recupera 100% en quiebra.

## SOLUCIÓN DEL EJERCICIO

La figura 1 muestra la solución del bono de largo plazo (preferente) en un gráfico de tres dimensiones (tiempo, valor de activos y valor del bono de largo plazo), cuyo valor es necesario determinar primero, porque afecta al valor del convertible.

**Figura 1**  
*Bono preferente de largo plazo*



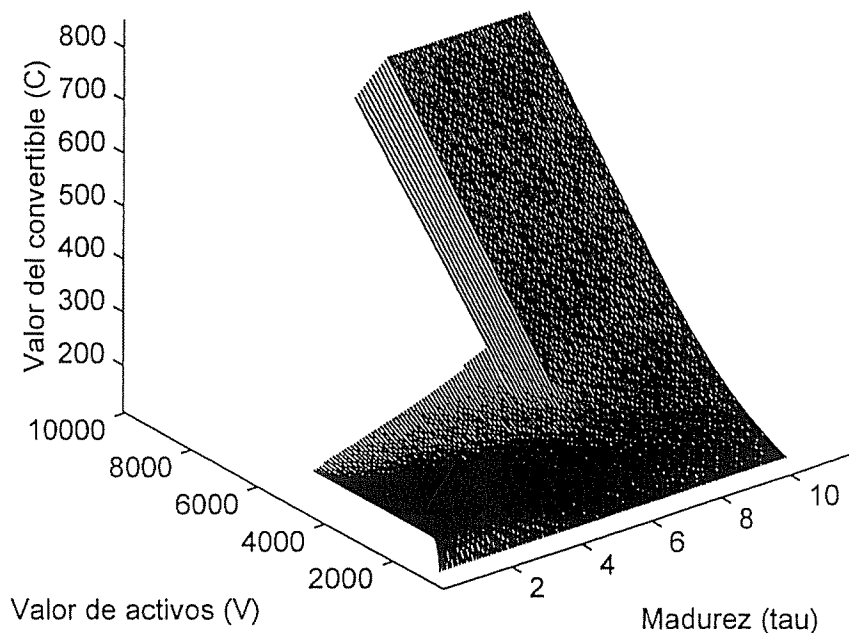
En la figura, notar que se fijó 0 como la fecha de madurez del convertible, por lo que el tiempo a la madurez del bono de largo plazo va desde  $-5$  (cuando madura) a 10. Además, a pesar de que el valor (inicial) de los activos es inferior a US\$ 3 billones, se consideran valores de activos de hasta US\$ 10 billones, para imponer numéricamente la condición de borde superior que requiere que el valor de la deuda de largo plazo no cambie al aumentar el valor de activos, para valores de activos tendientes a infinito.

En  $\tau = -5$  se aprecia que la deuda convertible tiene un valor igual a su valor par si el valor de los activos es igual o superior a éste, y vale el valor de activos en caso contrario (quiebra). Pero antes del vencimiento la deuda preferente

puede valer más (como ocurre para valores altos de activos), debido a que su tasa cupón es superior a la tasa de interés libre de riesgo, y para esos valores el riesgo de incumplimiento es muy pequeño.

La figura 2 muestra la solución del bono convertible en un gráfico tridimensional (madurez, valor de activos, valor del convertible). En la figura se aprecia que en  $\tau=0$  los tenedores de bonos convertibles reciben los activos en caso de quiebra y, en caso contrario, el valor par, sin beneficiarse en apariencia de la opción de canje. Ello se debe a que en los últimos cinco años el convertible es rescatable, y el sobreprecio por rescate decrece en el tiempo a la madurez hasta llegar a cero al vencimiento. Por ello, en esa fecha el máximo valor que los convertibles pueden alcanzar es su valor par.

**Figura 2**  
*Bono convertible subordinado*



Al aumentar en  $\tau$  (retroceder en el tiempo), sin embargo, el máximo valor del convertible sube, puesto que el precio de rescate (que actúa como techo) se incrementa, debido al recargo de 10% anual por rescate anticipado.

Finalmente, en el tramo  $\tau > 5$  años (es decir, los primeros cinco años del convertible), éste no es rescatable, y por ello su máximo valor no tiene límite.

Concretamente, se aprecia que su valor sigue una línea recta, cuya pendiente representa la proporción del patrimonio que los tenedores de bonos convertibles pasan a controlar después de canjear los bonos ( $\gamma$ ). Es evidente, entonces, que para valores suficientemente altos de activos los convertibles serán canjeados antes del año 5.

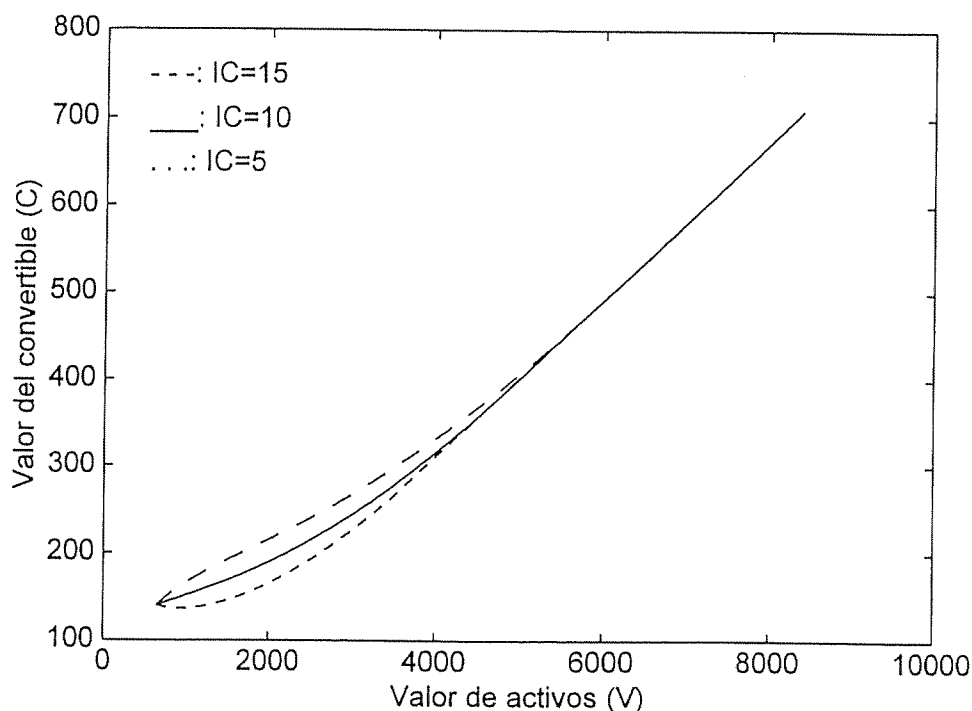
#### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En esta sección exploramos la importancia que tienen los diferentes parámetros en el valor del convertible a la fecha de emisión ( $\tau = 10$  años).

##### 1) Tasa cupón del bono convertible.

La figura 3 muestra los valores del convertible para pagos de intereses anuales de US\$ 15 millones, US\$ 10 millones (caso base) y US\$ 5 millones, que representan tasas cupón de 4%, 8% y 12%, respectivamente.

**Figura 3**  
*Sensibilización a cupón del bono convertible*



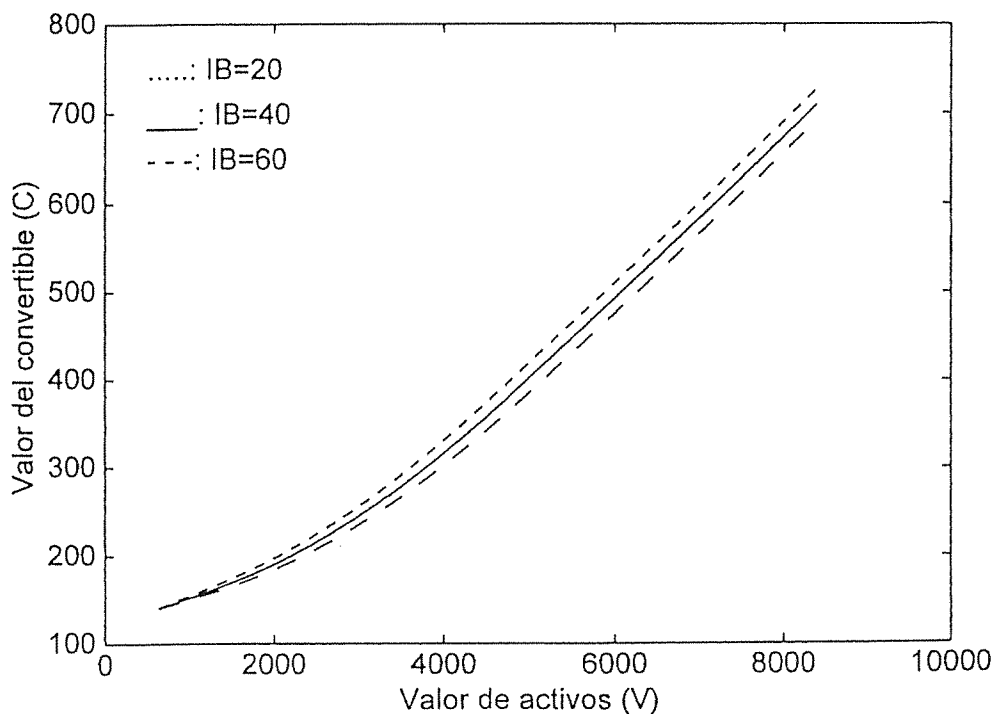
Conviene destacar tres aspectos en la figura: 1) como era de esperarse, mientras más alta la tasa cupón, mayor el valor del convertible; 2) mientras más

alta la tasa cupón, más “tarde” se canjean los bonos por acciones (esto es, el valor de los activos crítico a partir del cual conviene ser accionista es más alto, debido a que se pierde un cupón más alto al canjear los bonos), y 3) si bien el valor del convertible es función siempre creciente del valor de los activos, se advierte un cambio en la concavidad de la función en el caso de interés de US\$ 15 millones, la que es primero cóncava y luego convexa, asemejándose más a la curvatura de un bono, porque con mayor probabilidad será mantenido como tal.

#### 2) Cupón del bono preferente.

La figura 4 muestra el valor a la fecha de emisión del bono convertible, para cupones anuales de la deuda de largo plazo (preferente) de US\$ 20 millones, US\$ 40 millones y US\$ 60 millones (que corresponden a tasas cupón de 2,5%, 5% y 7,5%).

**Figura 4**  
*Sensibilización a cupón de bono preferente*



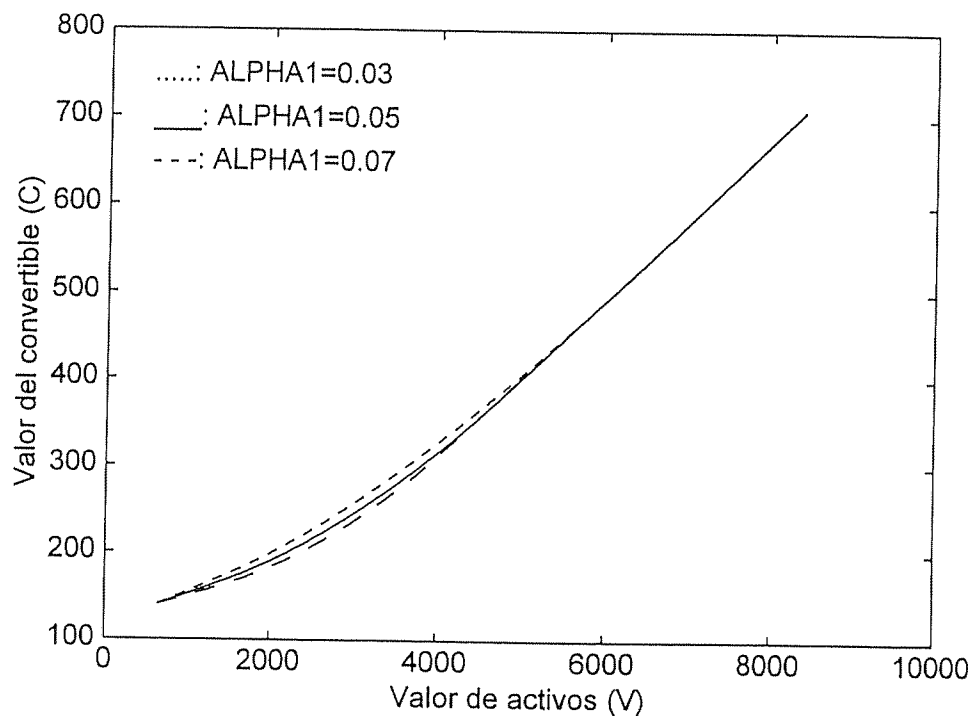
En la figura se aprecia que, 1) a mayor tasa cupón de la deuda de largo plazo, menor valor del convertible, porque disminuye los recursos para los otros tenedores de instrumentos, y 2) que este efecto se mantiene para toda la gama

de valores de activos, debido a que aun transformándose en accionistas, los actuales tenedores de bonos convertibles tendrán un menor patrimonio si la deuda preferente es más valiosa.

### 3) Dividendos.

La figura 5 muestra los valores del convertible a la fecha de emisión para diferentes funciones de dividendo: dividendos que aumentan 3%, 5% (caso base) y 7% del cambio en activos. En la figura se aprecia que, 1) mientras menor sea la tasa de dividendos, mayor el valor del convertible porque mayor es la tasa de crecimiento esperado de los activos; 2) mientras menor sea la tasa de dividendos, más conviene seguir siendo bonista, y por ello los tenedores de convertible convierten para valores más altos de activos, y 3) para valores suficientemente grandes de activos los bonistas canjearán sus bonos por acciones sin importar cuál sea la tasa de dividendos, y por ello las tres líneas confluyen en una sola a partir de cierto punto.

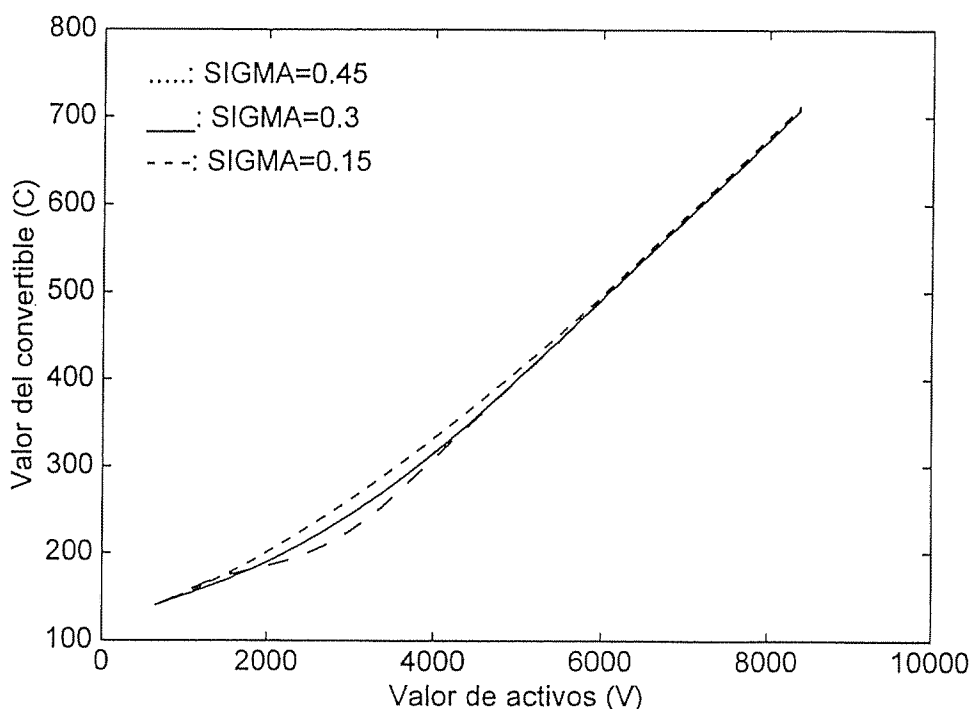
**Figura 5**  
*Sensibilización a dividendos*



#### 4) Volatilidad de activos.

La figura 6 muestra el valor del convertible para volatilidades de activos de 0,15, 0,30 (el escenario base) y 0,45. En la figura se aprecia que, 1) si la empresa quiebra, el convertible vale 70% de su valor par (US\$ 140 millones), sin importar cuál sea la volatilidad, luego las tres líneas parten del mismo punto; 2) para valores de activos superiores pero cercanos a la quiebra, el convertible vale más si la volatilidad es menor, reflejando el hecho de que una mayor volatilidad aumenta la probabilidad de quiebra; 3) para valores mayores a mayor volatilidad, mayor valor del convertible inambiguamente, y 4) para valores de activos suficientemente grandes los tenedores de convertibles canjean sus bonos, luego las tres líneas se confunden a partir de cierto punto.

**Figura 6**  
*Sensibilización a volatilidad de activos*



#### 5) Condición de quiebra del convertible.

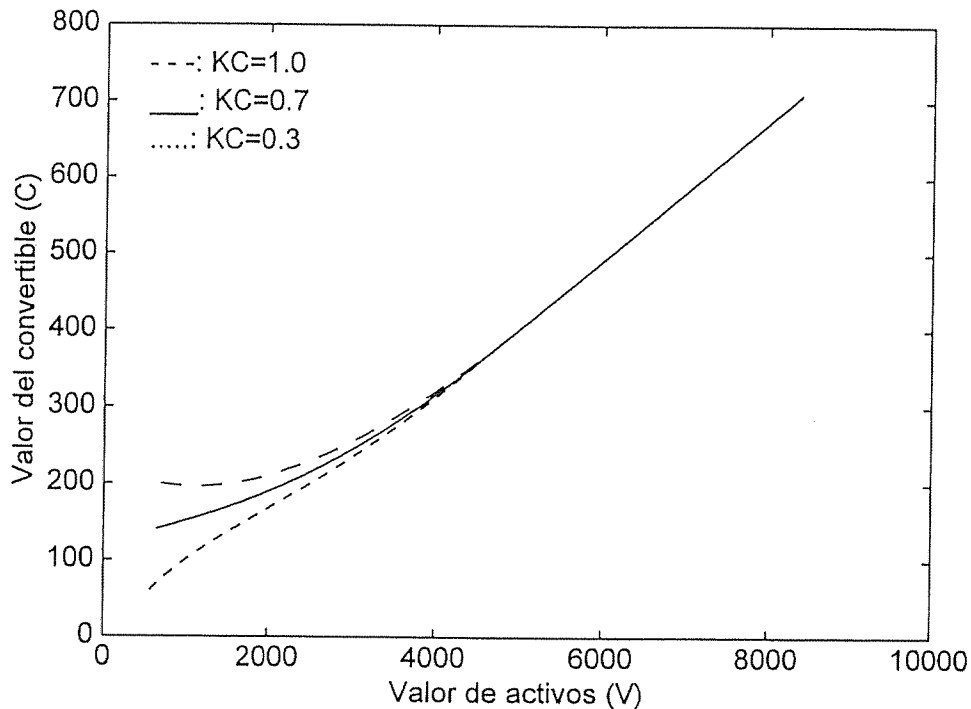
La figura 7 muestra los valores del convertible suponiendo que las cláusulas son tales que, en caso de quiebra, los tenedores de convertibles reciben 100%, 70% (caso base) y 30% del valor par. En la figura se aprecia que, 1) mientras más alto sea el porcentaje de recuperación, más vale el convertible;



2) que si el monto recuperado es total, el convertible es función siempre convexa del valor de activos, mientras que si es de sólo 30% es función primero cóncava del valor de activos, reflejando en este caso la pendiente para valores pequeños de la firma el hecho de que cada aumento del valor de activos va en directo beneficio de los bonistas, y 3) que las tres líneas convergen para valores altos de activos en casi el mismo punto, reflejando que para valores altos la probabilidad de quiebra es baja, y luego no interfiere con la política de canje óptimo.

**Figura 7**

*Sensibilización a condición de quiebra bono convertible*

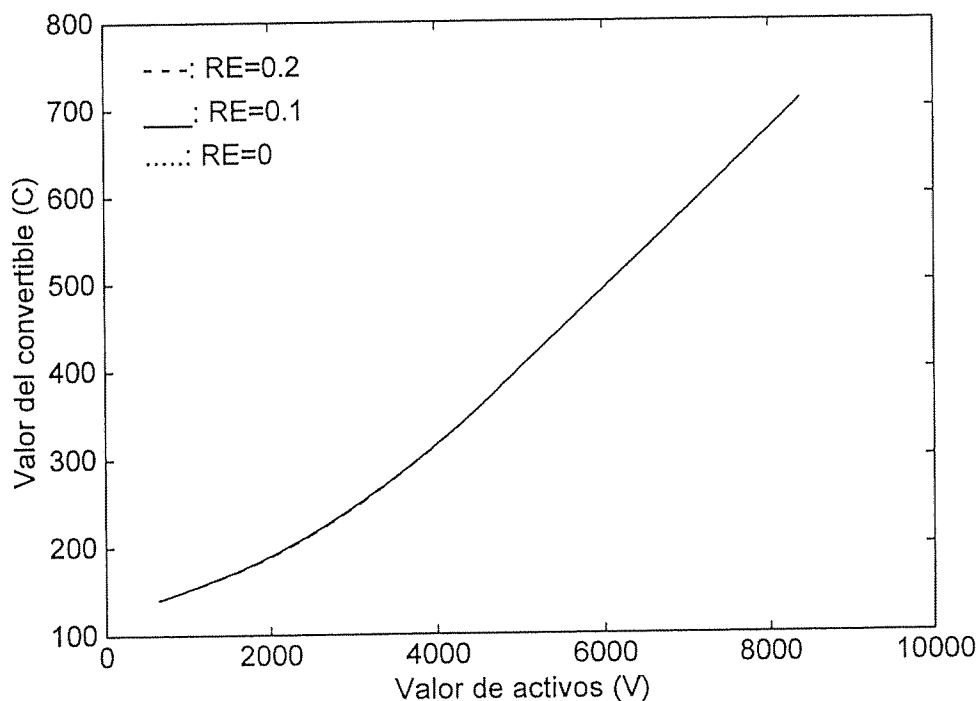


#### 6) Precio de rescate.

La figura 8 representa los valores del convertible para diferentes funciones de precio de rescate: una con castigo anual (por sobre el valor facial) de 20%, otra con 10% (caso base) y otra sin recargo (precio de rescate constante e igual al valor facial). En la figura se aprecia que, 1) efectivamente, mientras más alto sea el precio de rescate, más valioso es el convertible; 2) para valores bajos de activos (cerca de la quiebra) las tres curvas coinciden, pues la probabilidad de rescate es cero; 3) el valor del convertible se aprecia poco

sensible a este parámetro, lo que se explica al recordar que el convertible es no rescatable durante los primeros cinco años, y 4) a partir de cierto punto, para valores de activos suficientemente grandes, las tres curvas coinciden, reflejando que si los convertibles son canjeados por acciones su valor no depende de esta cláusula.

**Figura 8**  
*Sensibilización a recargo precio de rescate*

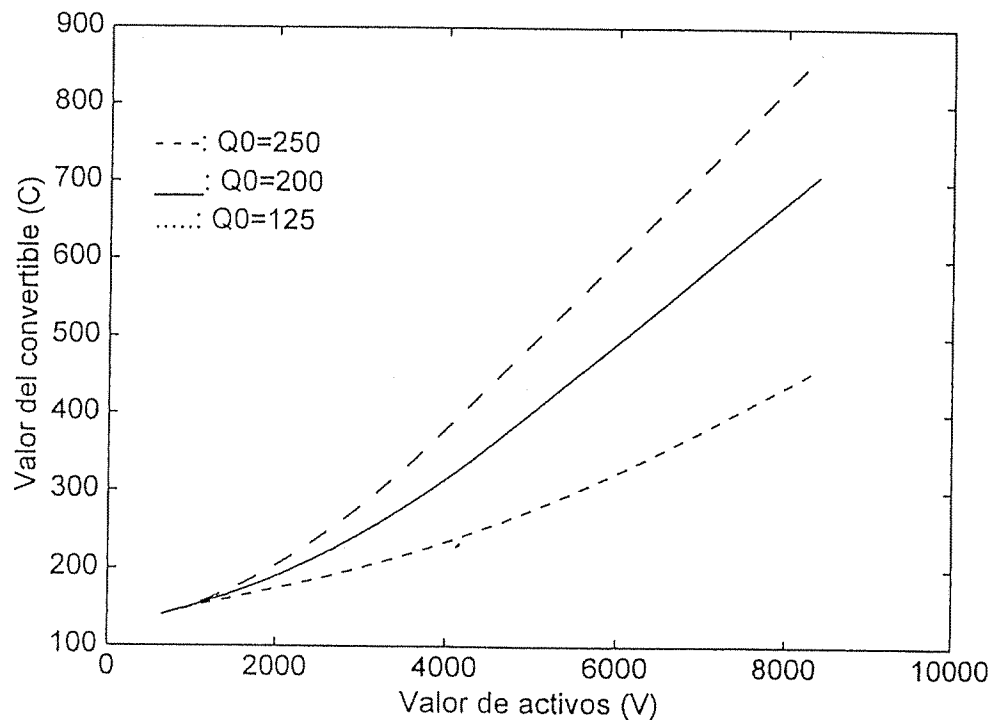


#### 7) Precio de conversión ( $Q_0$ ).

La figura 9 muestra el valor del convertible para diferentes precios iniciales de conversión, equivalentes a 12,5% del patrimonio inicial ( $Q_0=125$ ), a 10% del patrimonio inicial (el caso base,  $Q_0=200$ ) y a 6,25% del patrimonio inicial ( $Q_0=125$ ). En la figura se advierte que 1) para valores bajos de los activos (cerca de la quiebra), el precio de conversión no afecta al valor del convertible, porque la probabilidad de canjear el bono por acciones eventualmente es cercana a cero; 2) al aumentar el valor de los activos el convertible es inambiguamente más valioso mientras más alto sea el precio de conversión inicial, reflejando que con probabilidad positiva será convertido y tendrá la propiedad de un mayor porcentaje del patrimonio, y 3) la diferencia

absoluta entre precios de bonos se incrementa con el valor de los activos, reflejando que las mayores proporciones de acciones se aplican sobre un patrimonio más grande en términos absolutos.

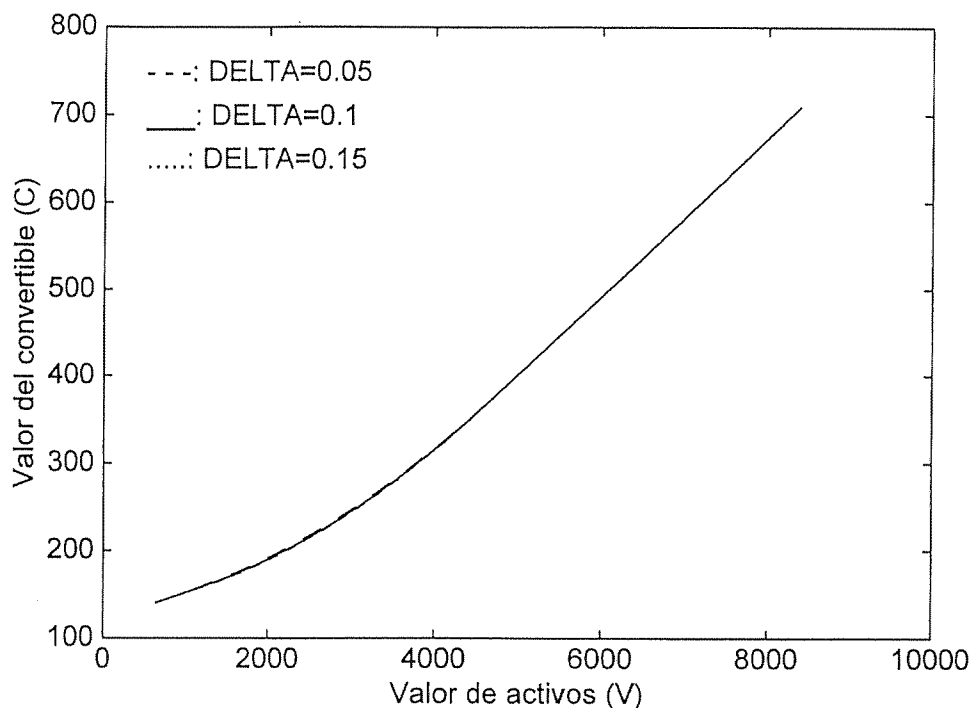
**Figura 9**  
*Sensibilización a precio de conversión*



#### 8) Términos de conversión ( $\delta$ ).

La figura 10 muestra el valor del convertible considerando un empeoramiento de 1% anual en los términos de conversión (caso base), ningún empeoramiento (términos de conversión constantes) y un empeoramiento de 2%. A pesar de existir diferencia en los valores numéricos, ésta es muy pequeña (de alrededor de 0,5%), y por ello las tres líneas se confunden en el gráfico, indicando que el valor es poco sensible a variaciones razonables de este parámetro.

**Figura 10**  
*Sensibilización a términos de conversión*



## Conclusiones

En este trabajo estudiamos la valoración de deuda de largo plazo no convertible y no rescatable, y de deuda convertible subordinada a la deuda de largo plazo y rescatable después de cinco años. La ecuación diferencial de valoración fue resuelta por diferencias finitas para un ejemplo. El análisis de sensibilidad indicó que dentro de los parámetros del ejemplo, el valor del bono era muy sensible a la tasa cupón del convertible y del bono de largo plazo (el primero en una gama intermedia, pero el segundo en todo el intervalo de valor de activos), a la tasa de dividendos, a la volatilidad de activos de la firma, al precio de conversión y a las cláusulas que determinan la quiebra (en un amplio tramo), pero menos sensible al recargo (anual) en el precio de rescate y a la tasa de empeoramiento (anual) de términos de conversión.

### Referencias

- BLACK, F. y M. SCHOLLES. "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy* 81, mayo-junio, pp. 637-59.
- BRENNAN, M.J. y E.S. SCHWARTZ (1977). "Convertible Bonds: Valuation and Optimal Strategies for Call and Conversion", *Journal of Finance* 32, diciembre, pp. 1.699-1.716.
- INGERSOLL, J.E. (1977). "A Contingent Claims Valuation of Convertible Securities", *Journal of Financial Economics* 4, mayo, pp. 289-322.
- ZURITA, S. (1994). "Valoración de bonos convertibles". *Apuntes de Ingeniería* (Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile), pp. 5-27.