

39 Jornadas Nacionales de Administración Financiera
Septiembre 2019

Un modelo *naïf* de opciones *knock out* para la predicción de fracasos financieros

Un estudio sobre empresas argentinas

Gastón Milanesi

Universidad Nacional del Sur
(Departamento de Ciencias de la Administración)

SUMARIO

1. Introducción
2. Opciones y modelos para predicción de fracasos financieros
3. El modelo naïf versus opciones barrera. Análisis de caso
4. Probabilidades de default en empresas cotizantes del mercado de capitales argentino
5. Conclusiones

Para comentarios:
milanesi@uns.edu.ar

Resumen

El trabajo explora los modelos para la predicción de default basados en la teoría de opciones reales, proponiendo un modelo simple utilizando opciones exóticas barrera. Los modelos de predicción de fracasos financieros consideran el valor del patrimonio como una opción de compra sobre los activos de la empresa. Su principal debilidad reside en la relación directa entre que existe entre volatilidad del activo y valor de la opción. Las opciones barreras del tipo *knock out* ajustan inversamente la relación entre volatilidad y valor del patrimonio para determinados niveles críticos del activo. En esa línea, se propone una versión *naïf* de modelo de opciones barrera para predecir default y calcular el valor esperado de quiebra de la empresa, sector y mercado. Primero se empleó el método de casos para realizar un estudio comparativo entre el modelo *naïf* tradicional y las opciones barrera *naïf*. Se aplicó el análisis de sensibilidad sobre variables como volatilidad, endeudamiento y horizonte de tiempo y se implementó sobre una muestra representativa de empresas del mercado argentino. Los resultados obtenidos indican el mejor desempeño del modelo de opciones barreras. Con aumentos de volatilidad el valor del capital tiende a disminuir, y presentó correlación directa entre volatilidad y probabilidad de default. El modelo es una herramienta útil para predecir probabilidades y valores de default de empresas en un nivel individual o agregado.

1. Introducción

Asimilar el valor del patrimonio de la empresa a una opción de compra reconoce sus orígenes en los trabajos seminales de Black y Scholes; (1973) y Merton; (1974), constituyéndose en la base conceptual para el desarrollo de la familia de modelos de predicción de fracasos financieros, a partir de la teoría de opciones¹. Estos modelos se desarrollaron a partir de la estructura de opciones simples hasta evolucionar a formas complejas mediante opciones exóticas. A favor de los primeros se destaca su simplicidad pero su punto débil reside en relacionar de manera directa el valor del patrimonio con la volatilidad de los activos. En el otro extremo se encuentran los modelos con opciones exóticas barreras, del tipo *knock out*. A diferencia de las opciones simples, reflejan el impacto negativo sobre el valor del patrimonio con niveles marginales positivos de riesgo en los activos de la firma (Brockman y Turtle, 2003; Reiz y Perlich, 2007).

El objetivo del trabajo consiste en desarrollar una versión operativa de modelo para la predicción de fracasos financieros empleando opciones barreras, tomando como punto de partida y adaptando las propuestas existentes en la literatura (Brockman y Turtle, 2003; Reiz y Perlich, 2007; Milanesi, 2016; Milanesi, Pesce & El Alabi, 2016). Este se toma como base para calcular el valor esperado de las probabilidades de default por empresa, sector y mercado. El modelo, a nivel individual y agregado, se constituye en un instrumento de diagnóstico, evaluación y pronóstico financiero. El trabajo presenta la siguiente estructura: primero se desarrollan las versio-

¹ Complementando a los modelos estructurales o Z-score (Altman, 1968 y 1993; Altmant y Kishore, 1996 y Hillegeist, Keating, Cram, Lundstedt; 2004).

nes de modelos para la predicción de fracasos financieros en base a opciones reales, en particular el modelo *naïf* basado en opciones del tipo *knock out*. Con la técnica de análisis de casos es estudiado el modelo *naïf* simple y el propuesto, incorporando el análisis de sensibilidad en variables como volatilidad, horizonte de vencimiento y diferentes niveles de barrera. Seguidamente, en base a información financiera, los modelos fueron aplicados sobre un conjunto de empresas que integran el mercado de capitales argentino, calculando valores esperados de default individuales, por sector y del mercado. Finalmente son desarrolladas las principales conclusiones.

2. Opciones y modelos para predicción de fracasos financieros

A continuación son expuestos los modelos de predicción de fracasos financieros en base a opciones.

2.1 Los modelos Merton y KMV

Merton (1974) desarrolló el primer modelo de predicción de default sobre la base del modelo de opciones tradicional. Utilizó las variables: valor nominal de pasivos, valor de mercado del patrimonio neto y volatilidad de rendimientos de la acción. El pasivo se asemeja a un bono cupón cero, con vencimiento en (T).

El fracaso financiero se genera si el valor del activo (A), al vencimiento se encuentra por debajo del pasivo, por ende el valor es $PN = \max(A_T - D; 0)$ y su expresión se enuncia en la ecuación 1.

$$PN = A_0 N(d) - P e^{-rT} N(d - \sigma_A \sqrt{T}) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$d = \frac{\ln(A_0/P) + (r + \frac{\sigma_A^2}{2})(T)}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde r es la tasa libre de riesgo y $N(\cdot)$ la distribución normal estándar acumulada. La relación entre volatilidad del patrimonio (σ_{PN}) y activo (σ_A) (Jones, Masson & Rosenfeld, 1984) es

$$\sigma_{PN} = \frac{A}{PN} N(d) (\sigma_A) \quad \text{Ecuación 3}$$

Resolviendo en forma simultánea las ecuaciones 1 y 3 se obtiene el valor y volatilidad del activo. Seguidamente se estiman la distancia de default (DD),

$$DD = \frac{\ln(A_0/P) + (ROA - \frac{\sigma_A^2}{2})(T)}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad \text{Ecuación 4}$$

La pendiente de crecimiento del activo es $^2 \mu_A$, con proceso geométrico browniano. La probabilidad de default (PD) es

² Pendiente y volatilidad se suponen constantes, al utilizarse μ_A en lugar de la tasa libre de riesgo, se obtienen las probabilidades reales u objetivas.

$$PD = N(-DD)$$

Ecuación 5

La propuesta anterior deriva en el modelo iterativo KMV³, empleando el modelo de Merton se estima iterativamente el valor diario del activo y la serie diaria de volatilidad (σ_A). El proceso culmina cuando convergen la volatilidad estimada para las series y la volatilidad obtenida del modelo. Con la última serie de datos se obtiene σ_A^{KMV} y μ_A^{KMV} . Estas variables se incorporan en la ecuación 4 cuyo resultado es la distancia de default.

2.2 El modelo *naïf*⁴

Desarrollado por Bharath & Shumway (2008) es una versión simplificada del modelo de Merton, sin resignar capacidad predictiva. El valor del activo es la suma de los valores de mercado del pasivo y patrimonio neto. La pendiente μ_A , se determina con el rendimiento histórico del activo en el año previo ($r_{e(t-1)}$). La volatilidad del activo surge del promedio ponderado entre volatilidad histórica del patrimonio y del pasivo. La última es $\sigma_D = 0.05 + 0.25 \times \sigma_{PN}$. La volatilidad del activo es $\sigma_{A_N} = [P/(PN + P)] \times \sigma_D + [PN/(PN + P)] \times \sigma_{PN}$. La distancia de default *naïf* para un año es

$$DD_N = \frac{\ln(PN + P)/P + (r_{e(t-1)} - \frac{\sigma_{A_N}^2}{2})}{\sigma_{A_N}} \quad \text{Ecuación 6}$$

La probabilidad de default es $PD_N = N(-DD_N)$. Afik, Arad & Galil (2015) proponen un modelo *naïf* alternado la estimación de la volatilidad y pendiente. Emplean la volatilidad del patrimonio neto (σ_{PN}) mediante la volatilidad logarítmica de los rendimientos de la acción. Utilizan la técnica de RiskMetrics (Longerstaey & Spencer, 1996), mediante la media móvil exponencial de la volatilidad recursiva, $\sigma_{t+1}^2 = \lambda \sigma_{t-1}^2 + (1 - \lambda) r_t^2$.⁵ La pendiente es $\mu_A = \max(r_{e(t-1)}, r)$, siendo DD

$$DD_{NS} = \frac{\ln(PN + P)/P + (\mu_A - \frac{\sigma_{A_N}^2}{2})}{\sigma_E} \quad \text{Ecuación 7}$$

2.3 Opciones exóticas barrera

Estos modelos corrigen las debilidades de los anteriores puesto que reflejan las consecuencias negativas sobre valor del patrimonio en situaciones donde los flujos de fondos presentan alta volatilidad e importantes probabilidades de *default*. La opción utilizada es barrera del tipo *knock out*, asimilable a un *down and out call*. Se caracterizan porque su valor depende de que el subyacente alcance un nivel conocido como barrera (B). Su prima tiene un valor menor que

³ Se lo conoce como Moodys KMV desarrollado en la división de riesgo de Moody, siendo sus autores Stephen Kealhofer, John Mac Quown y Oldrich Vasicek. (Vasicek, 1984, 2001; Crosbie & Bohn, 2002, Hillegeist, Keating, Cram & Lundstedt, 2004).

⁴ Se denomina *naïf* acepción de ingenuo, sencillo o inexperto producto de su simplicidad.

⁵ λ es una ponderación estimada con metodología RiskMetric (1996). Los extremos se suavizan con desviaciones absolutas $DA_t = 1/n \sum_{j=0}^{n-1} |r_{j-1}|$ y anualizados $\sigma_{MAD} = \sqrt{t\pi/2} \times MAD$, t es el total de observaciones anuales.

una opción vainilla (simple), agrupándose en *knock out option (koo)* y *knock in options (kio)*. Las primeras dejan de existir cuando el subyacente alcanza el nivel definido como barrera, las segundas comienzan su existencia alcanzado dicho nivel (Hull, 2005, 2012)⁶. Las utilizadas en fracasos financieros son del tipo *knock out, down and out call*, (Brockman & Turtle, 2003; Reiz & Perlich, 2007). Adaptando la propuesta de Milanesi, Pesce y El Alabi (2016) y Milanesi (2016) se propone una versión *naïf*.

El valor de un *call* tradicional es igual a la suma de las primas de opciones *down and out call (cdo)* y *down and in call (cdi)* (Hull, 2005, 2012); (Haug Gaarder, 2007)⁷. El valor del patrimonio neto asimilado a una *cdo* para $B \leq P$, requiere combinar de un *call* tradicional (*c*) y un *cdi*, siendo la expresión del último:

$$cdi = Ae^{-q(T-t)}(B/A_0)^{2\lambda} N(y) - Pe^{-r(T-t)}(B/A)^{2\lambda-2} N(y - \sigma_A \sqrt{T-t}) \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\lambda = \frac{r - q + \sigma_A^2/2}{\sigma_A^2} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$y = \frac{\ln(B^2/A_0P)}{\sigma_A \sqrt{T-t}} + \lambda \sigma_A \sqrt{T-t} \quad \text{Ecuación 10}$$

El *cdo* surge de la diferencia entre el *call* y *cdi*, $cdo = c - cdi$. Para $B \geq P$; se estima un *down and out call*,

$$cdo = Ae^{-q(T-t)}N(x_1) - Pe^{-r(T-t)}N(x_1 - \sigma_A \sqrt{T-t}) - Ae^{-q(T-t)}(B/A_0)^{2\lambda} N(y_1) + Pe^{-r(T-t)}(B/A)^{2\lambda-2} N(y_1 - \sigma_A \sqrt{T-t}) \quad \text{Ecuación 11}$$

$$x_1 = \frac{\ln(V_0/B)}{\sigma_A \sqrt{T-t}} + \lambda \sigma_A \sqrt{T-t} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$y_1 = \frac{\ln(B/V_0)}{\sigma_A \sqrt{T-t}} + \lambda \sigma_A \sqrt{T-t} \quad \text{Ecuación 13}$$

Para un horizonte determinado (T) las ecuaciones 5, 6 y 7 estiman la probabilidad de insolvencia, $P(A_T < P)$,⁸ con $B \leq P$. La probabilidad que el activo adopte valores por debajo de la barrera, previo al vencimiento (t^*) es,

⁶ La prima es menor que la típica opción vainilla y se agrupan en dos clases; *knock out option (koo)* y *knock in options (kio)*. Las primeras dejan de existir cuando el subyacente alcanza la barrera mientras que las segundas comienzan su existencia alcanzado dicho nivel. Un desarrollo más profundo respecto del funcionamiento de este tipo de opciones se puede encontrar en Milanesi (2016).

⁷ Si se suman los perfiles de las opciones barreras de compra del tipo *knock out*, se observa que cuando una expira la otra se activa recíprocamente, por lo tanto el resultado es del de un *call* regular.

⁸ Cuando $B \geq P$, las probabilidades de insolvencia al vencimiento son explicadas por los modelos tradicionales. De verificarse la insolvencia, si $B > P$ (deuda), entonces el activo (A) debe ser menor al pasivo. En otras palabras, en este escenario, el subyacente estará por debajo de B e inclusive de P . Un *cdo* deja de existir cuando el subyacente está por debajo de B ; (Reiz & Perlich; 2007)

$$P(V_{t^* < T} < B) = N \left[\frac{\ln(B/A) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] + (B/V_0)^{[2(ROA - q)/\sigma_A^2] - 1} N \left[\frac{\ln(B/A) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] \quad \text{Ecuación 14}$$

La expresión para estimar la probabilidad que en T , A sea mayor a B pero inferior a P es,

$$P(B < A_T < P) = N \left[\frac{\ln(A/B) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] - N \left[\frac{\ln(A/P) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] - (B/V_0)^{[2(ROA - q)/\sigma_A^2] - 1} N \left[\frac{\ln(B/A) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] - N \left[\frac{\ln(B^2/AP) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] \quad \text{Ecuación 15}$$

La probabilidad total de insolvencia es suma de las ecuaciones 14 y 15

$$P(\text{total}) = 1 - N \left[\frac{\ln(A/P) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] + (B/V_0)^{[2(\mu - q)/\sigma_A^2] - 1} N \left[\frac{\ln(B^2/A \times P) + (ROA - q + \frac{\sigma_A^2}{2})(T - t)}{\sigma_A \sqrt{T - t}} \right] \quad \text{Ecuación 16}$$

2.4 El valor esperado de default del mercado de capitales

Las ecuaciones 6 y 16 son la base para estimar el valor probable de default de un mercado,

$$VE_{naif}(\text{default}) = \sum_{i=1}^n (CB + P)_{t,i} \times P(DD)_{t,i} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$VE_{cdi}(\text{default}) = \sum_{i=1}^n (CB + P)_{t,i} \times P(D_{cdi})_{t,i} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde CB es la capitalización bursátil y P el pasivo de la firma en ambos modelos, *naif* y opciones exóticas.⁹

⁹ Las ecuaciones 17 y 18 suponen no correlación entre empresas de probabilidad de insolvencia.

3. El modelo naíf versus opciones barrera. Análisis de caso

Se presentará el funcionamiento del modelo sobre un caso hipotético, utilizando el modelo *naíf* y la propuesta con opciones barreras. Se supone que el activo es $A = \$200$; pasivo¹⁰ $P = \$125$ con vencimiento $T = 10$ años; tasa libre de riesgo $r = 5\%$ anual, volatilidad¹¹ del activo y del patrimonio $\sigma_A = 30\%$ y $\sigma_E = 72\%$. El ratio de pago de dividendos (q) 3% y la tasa de rendimiento de los activos¹² (ROA) del 10% . Se emplean las ecuaciones 6 (*naíf*) y 8 a 16 (barrera).

En el modelo *naíf* la expresión es: $PN = Ae^{-q(T-t)}N(d_1) - Pe^{-r(T-t)}N(d_2)$; con $d_1 = 1.7076$; $d_2 = 0.7589$; $N(d_1) = 0.95614$; $N(d_2) = 0.77605$. El valor es de $\$105,97$ y su valor contable de $\$75$. En la tabla 1 se presenta el análisis de sensibilidad bivariado¹³ relacionando valor del patrimonio con volatilidad (columna) y endeudamiento (fila).

Incrementos en el endeudamiento (ejercicio) disminuyen el patrimonio (prima). Los aumentos en el riesgo de la firma (volatilidad) incrementan el valor del patrimonio. La sensibilidad sobre el horizonte temporal arroja similares comportamientos, a mayor horizonte de tiempo mayor valor del patrimonio, para $T - t$, en $T - 9 = 1$ PN: $\$81,61$; $T - 5 = 5$; PN: $\$100,27$ y $T - 0 = 10$; PN: $\$105,98$. En el caso de una opción *knock out* $B < P$. Se supone una barrera del 92% del valor del pasivo como nivel tolerable para no ingresar en estado de cesación de pago (ecuaciones 8, 9 y 10), en donde: $\lambda = 1,2777$; $y = 0,54099$ y $N(y) = 0,735288$. El cdi es $\$13,82$, el $cdo = c - cdi$; asciende a $\$92,1587 = (\$105,97 - \$13,82)$. Ilustrativamente se calcula el valor para $B > P$ (ecuaciones 11, 12 y 13), donde: $x_1 = 1,7955$; $y_1 = 0,6288$; $N(x_1) = 0,963715$; $N(y_1) = 0,73528$. El valor se integra por valor del *call* (primer término) ($\$105,93$) y cdi ($\$13,82$) (segundo término), obteniendo el mismo resultado que la ecuación 8. En la tabla 2 se exponen los valores para el patrimonio, para niveles de volatilidad (columna) y barreras (fila)¹⁴.

Se observa en la tabla 3 que mientras más cercana está la barrera en relación con el valor de los activos menor es el valor del patrimonio de la firma, producto de mayores probabilidades de insolvencia. Respecto del horizonte temporal no existe una relación directa valor distancia temporal, en especial para valores de activos cercanos a niveles de barrera.

En la tabla 4 se estiman las probabilidades de default para el modelo *naíf* (ecuaciones 5 y 6).

En el caso de opciones barreras *naíf* se emplean las ecuaciones 14, 15 y 16.¹⁵ Las probabilidades son:

$$P(A_{t^* < T} < B) \text{ 34,45\%,}$$

$$P(B < A_T < P) \text{ 13,07\%,}$$

$$\text{probabilidad total } P(\text{total}) = 34,45\% + 13,07\% = 47,52\%.$$

¹⁰ El pasivo total de la firma se asimila a un bono cupón cero, expresándose por su valor nominal.

¹¹ Se supone una volatilidad del activo que surge de aplicar la ecuación desapalancamiento sobre la volatilidad del patrimonio neto $\sigma_A = \sigma_E / (1 + (B/S)(1 - t))$.

¹² La tasa de rendimiento de los activos se supone que es el ROA (*return over assets*) obtenido de la información financiera de la firma.

¹³ La sensibilidad se realizó con la herramientas tablas del aplicativo Microsoft Excel ®.

¹⁴ Para niveles $B \leq P$ se aplicó la ecuación 5 mientras que en el caso de $B > P$ se utilizó la ecuación 8.

¹⁵ En el caso donde $B > P$ la ecuación no tiene sentido de ser aplicada, puesto que la firma no ingresa en insolvencia si los activos se encuentre por encima del nivel de barrera.

Tabla 1: Relación volatilidad-endeudamiento y valor del patrimonio neto según el modelo BS

σ/P	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00	\$ 205,00	\$ 210,00
10%	\$ 129,77	\$ 118,73	\$ 111,38	\$ 105,86	\$ 102,18	\$ 92,99	\$ 82,00	\$ 74,74	\$ 72,94	\$ 71,15
30%	\$ 129,99	\$ 119,78	\$ 113,41	\$ 108,88	\$ 105,98	\$ 99,13	\$ 91,63	\$ 87,03	\$ 85,93	\$ 84,84
60%	\$ 134,86	\$ 129,27	\$ 126,05	\$ 123,84	\$ 122,45	\$ 119,22	\$ 115,72	\$ 113,59	\$ 113,07	\$ 112,57
90%	\$ 141,35	\$ 138,94	\$ 137,58	\$ 136,65	\$ 136,06	\$ 134,70	\$ 133,23	\$ 132,32	\$ 132,10	\$ 131,88
120%	\$ 145,46	\$ 144,59	\$ 144,10	\$ 143,77	\$ 143,56	\$ 143,07	\$ 142,53	\$ 142,21	\$ 142,13	\$ 142,05

Tabla 2: Relación volatilidad-barrera y valor del patrimonio neto según opción exótica knock out

σ/P	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00	\$ 205,00	\$ 210,00
10%	\$ 102,18	\$ 102,18	\$ 102,18	\$ 102,17	\$ 102,11	\$ 101,30	\$ 83,50	\$ 0,40	\$ -49,04	\$ -119,18
30%	\$ 106,72	\$ 104,14	\$ 98,74	\$ 92,159	\$ 83,11	\$ 66,83	\$ 32,43	\$ 2,29	\$ -8,77	\$ -17,95
60%	\$ 117,06	\$ 100,92	\$ 87,62	\$ 76,59	\$ 64,77	\$ 47,92	\$ 20,58	\$ 1,11	\$ -5,13	\$ -10,33
90%	\$ 117,33	\$ 96,55	\$ 81,75	\$ 70,26	\$ 58,48	\$ 42,38	\$ 17,48	\$ 0,45	\$ -4,36	\$ -8,74
120%	\$ 115,61	\$ 93,79	\$ 78,79	\$ 67,35	\$ 55,76	\$ 40,12	\$ 16,27	\$ 0,16	\$ -4,07	\$ -8,15

Tabla 3: Relación horizonte temporal-barrera y valor del patrimonio neto según opción exótica knock out

(T-t)/P	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 130,00	\$ 150,00
(T-t)=10	\$ 81,61	\$ 81,61	\$ 81,61	\$ 81,61	\$ 81,61
(T-t)=5	\$ 100,28	\$ 100,28	\$ 100,28	\$ 100,28	\$ 100,28
(T-t)=1	\$ 105,98	\$ 105,98	\$ 105,98	\$ 105,98	\$ 105,98

Tabla 4: Relación volatilidad-endeudamiento y probabilidad de insolvencia según opción convencional para un horizonte t=10

σ/P	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00
10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
30%	2,06%	6,11%	9,50%	14,11%	15,06%
70%	51,15%	59,53%	63,38%	67,10%	67,74%

La tabla 5 presenta la sensibilidad entre probabilidad de default para niveles de endeudamiento y volatilidad.

Tabla 5: Relación volatilidad-endeudamiento y probabilidad de insolvencia según opción exótica del tipo knock out, para un horizonte t=10

σ/A (T total)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
10%	0,02%	0,02%	0,02%	0,06%	0,18%	2,29%	25,39%	100,00%
30%	23,10%	29,63%	38,81%	47,52%	53,84%	70,17%	88,82%	100,00%
70%	80,88%	87,21%	90,58%	92,70%	93,94%	96,53%	98,84%	100,00%
σ/A (t*)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,02%	0,15%	1,06%	3,98%
30%	6,19%	17,53%	26,90%	34,45%	39,64%	52,87%	68,78%	79,21%
70%	208,68%	189,13%	180,48%	175,33%	172,35%	166,12%	160,28%	157,08%
σ/A (vto)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
10%	0,02%	0,02%	0,02%	0,05%	0,16%	2,14%	24,33%	96,02%
30%	16,91%	12,11%	11,91%	13,07%	14,20%	17,30%	20,04%	20,79%
70%	-127,80%	-101,92%	-89,90%	-82,63%	-78,41%	-69,60%	-61,44%	-57,08%

Tabla 6: Relación horizonte temporal-endeudamiento y probabilidad de insolvencia según opción exótica del tipo knock out para $\sigma=30\%$

σ/A (T total)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
(T-t)=1	4,95%	4,95%	5,05%	6,47%	10,26%	38,56%	83,07%	100,00%
(T-t)=5	18,78%	20,71%	26,86%	35,13%	42,13%	62,36%	86,34%	100,00%
(T-t)=10	23,10%	29,63%	38,81%	47,52%	53,84%	70,17%	88,82%	100,00%
σ/A (t*)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
(T-t)=1	0,00%	0,14%	1,40%	4,67%	8,76%	27,53%	64,50%	93,36%
(T-t)=5	1,77%	9,65%	18,70%	27,06%	33,20%	49,87%	71,05%	85,22%
(T-t)=10	6,19%	17,53%	26,90%	34,45%	39,64%	52,87%	68,78%	79,21%
σ/A (vto)	\$ 50,00	\$ 80,00	\$ 100,00	\$ 115,00	\$ 125,00	\$ 150,00	\$ 180,00	\$ 200,00
(T-t)=1	4,95%	4,81%	3,65%	1,80%	1,50%	11,03%	18,57%	6,64%
(T-t)=5	17,01%	11,06%	8,15%	8,07%	8,93%	12,50%	15,29%	14,78%
(T-t)=10	16,91%	12,11%	11,91%	13,07%	14,20%	17,30%	20,04%	20,79%

4. Probabilidades de default en empresas cotizantes del mercado de capitales argentino

Se aplican los modelos analizados en el punto anterior sobre un conjunto de firmas cotizantes en el mercado de capitales de Argentina. Adicionalmente se calculan las probabilidades y valores esperado de default, sectorial y total (ecuaciones 17 y 18).

La muestra se compone de 53 empresas en base a la disponibilidad de información clasificada por sector¹⁶. Los valores relativos al activo (A), pasivo (P), resultado operativo (RO) y patrimonio neto (PN) son obtenidos de reportes contables al 31 de diciembre 2018, publicados por la Bolsa de Comercio de Buenos Aires y la Comisión Nacional de Valores¹⁷ (anexo, tabla 1.A).

La volatilidad del activo, patrimonio neto y pasivo se calculó replicando a Bharath & Shumway, (2008). En el caso del patrimonio (σ_{PN}), surge del Instituto Argentino de Mercados de Capitales, el pasivo se obtuvo con la expresión $\sigma_D = 0.05 + 0.25 \times \sigma_{PN}$. La volatilidad del activo es $\sigma_{AN} = [P/(PN + P)] \times \sigma_D + [PN/(PN + P)] \times \sigma_{PN}$.

El (ROA) de cada firma es el cociente entre resultado operativo y activo contable. La tasa libre de riesgo (r) es obtenida de los *treasury constant maturities 10yy*¹⁸ del 2,54 % anual. Finalmente se establece $T = 10$ años y barrera de 90% del pasivo contable ($B < P$).

Las tablas 2.A a 5.A del anexo por firma exponen las variables de entrada de los modelos, parámetros del modelo *naïf* y valor del patrimonio como opción, parámetros y valores del patrimonio como cdo directo y por diferencia, finalmente las probabilidades y valor de default.

¹⁶ Es respetada la clasificación sectorial elaborada por Bolsa de Comercio de Buenos Aires (BCBA) www.bolsar.com e Instituto Argentino de Mercado de Capitales (IAMC) www.iamc.com.ar

¹⁷ www.bolsar.com.ar y www.cnv.gov.ar

¹⁸ Federal Reserve Board <https://www.federalreserve.gov/>

En las tablas 7 y 8 se exponen los resultados agrupados por sectores económicos: probabilidades de default promedio, valor esperado de default agregado y la proporción del valor esperado de default sobre el valor total.

Tabla 7: Variables, probabilidades de default y valor esperado de default por sectores

Sectores	Primarios	Comercio	Construcción	Electricidad, Gas y Agua	Industrias Manufactureras
ROA	21,03%	15,62%	8,30%	10,84%	11,48%
Naif	71.775.592.850	141.932.516.757	423.796.667.081	1.192.242.073.313	139.898.930.077
CDO	68.818.603.441	132.183.287.166	380.832.535.799	1.121.986.807.777	130.530.799.912
PD (ec.16)	32,89%	25,02%	33,49%	20,19%	20,13%
PD(ec.6)	10,44%	11,82%	19,97%	9,38%	11,11%
VPD(ec.18)	19.682.222.711	27.674.079.018	108.605.107.526	194.117.909.161	20.939.837.279
VPD(ec.17)	6.246.561.091	13.075.694.427	64.762.856.651	90.135.036.898	11.554.189.604
VPD(ec.18)/(CB+P)	11,23%	8,19%	16,11%	11,72%	7,80%
VPD(ec.17)/(CB)	3,563%	3,868%	9,606%	5,443%	4,302%

Tabla 8: Variables, probabilidades de default y valor esperado de default por sectores

Sectores	Comunicaciones	Minería, Petróleo y Gas	Servicios técnicos	Telecomunicaciones	Transportes, Correos
ROA	3,18%	2,25%	5,79%	5,79%	11,44%
Naif	11.399.466.707	5.371.258.043	1.413.240.629	1.038.009.501	13.155.879.193
CDO	10.824.333.623	4.645.704.400	1.374.291.539	1.007.011.818	12.726.307.415
PD (ec.16)	29,61%	56,63%	11,17%	0,03%	5,96%
PD(ec.6)	19,16%	38,08%	5,22%	0,000130%	1,93%
VPD(ec.18)	2.437.746.615	2.090.883.118	117.420.186	223.800	645.947.169
VPD(ec.17)	1.577.187.897	1.405.705.430	54.866.459	843	209.338.648
VPD(ec.18)/(CB+P)	7,87%	27,17%	6,71%	0,00%	4,12%
VPD(ec.17)/(CB+P)	5,095%	18,269%	3,136%	0,000%	1,334%

Los datos agregados para el mercado argentino son expuestos en la tabla 9.

En la tabla 10 se muestra la correlación entre datos transversales de volatilidad del activo por firma (tabla 2.A) y probabilidades de default los modelos (tabla 5.A). Se observó una mayor correlación positiva entre volatilidad del activo y probabilidad de default para el modelo de opciones barrera.

Tabla 9: Variables y probabilidades de default mercado argentino. Diciembre 2018

Variable	Total Mercado
Activo	1.605.430.171.880
ROA	11,5185%
Naif	1.999.413.280.395
CDO	1.810.354.365.663
PD (ec.16)	24,99%
PD(ec.6)	12,99%
CB	3.041.182.783.880
VPD(ec.18)	401.146.656.320
VPD(ec.17)	208.586.109.896
VPD(ec.18)/CB	13,19%
VPD(ec.17)/CB	6,859%

Tabla 10: Correlaciones volatilidad activo probabilidad insolvencia

Parámetros	Coefficiente Correlación
$\sigma_a/$ PD (ec.16)	0,28167513
$\sigma_a/$ PD (ec.6)	0,17797248

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir del análisis de casos como su aplicación en las firmas cotizantes para el mercado seleccionado pusieron de manifiesto las ventajas del modelo de opciones barreras *naif*, en relación a su par basado en la lógica de opciones simples.

En particular, debido a su capacidad de corrección del valor correspondiente al patrimonio, frente a los incrementos en el riesgo del activo de la firma y la mayor correlación que su par entre probabilidades default y riesgo de la firma. Se ajusta a la lógica de la elección de inversiones y dinámica de negocios, donde mayores niveles de riesgo no se traducen en mayor valor del patrimonio, sin perjuicio de que este último sea valuado como un *call*.

El modelo es una herramienta de pronóstico de fracasos financieros y cálculo del valor de la probabilidad de default. En tal sentido, una herramienta aplicable a nivel de empresa, sector o agregado económico, para el empresario como para los formadores de políticas públicas.

REFERENCIAS

- Afik, Z., Arada, O. & Galil, K. (2015). Using Merton modelo for default prediction: An empirical assessment of selected alternatives. *Journal of Empirical Finance*, 35, 43-67
- Altman, E. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 4, 589-609.
- Altman, E. (1993). *Corporate Financial Distress and Bankruptcy* (2nd Ed). New York, United State: Wiley Finance.
- Altman, E. & Kishore, M. (1996). Almost everything you wanted to know about recoveries on default bonds. *Financial Analyst Journal*(52), 57-64.
- Bharath, S. & Shumway, T. (2008). Forecasting default with the Merton distance to default model. *Review of Financial Studies*, 23, 589-609.
- Black, F. & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economics*(81), 637-659.
- Brockman, P. & Turtle, H. (2003). A Barrier Option Framework for Corporate Security Valuation. *Journal of Financial Economics*, 67, 511-529.
- Crosbie, P. & Bohn J. (2002). *Modeling default risk*. San Francisco, United State: KMV Corporation.
- Crosbie, P. & Bohn, J. (2003). Modeling default risk. *WP Moody's KMV*, <http://www.business.illinois.edu/gpennacc/moodyskmv.pdf>.
- Haug Gaarder, E. (2007). *Derivatives: Models on Models*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Hillegeist, S., Keating, E., Cram, D. & Lundstedt, K. (2004). Assessing the probability of bankruptcy. *Review of Accounting Studies*(9), 5-34.
- Hull, J. (2005). *Futures, Options and other Derivatives* (5 ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hull, J. (2012). *Options, Futures and other Derivatives (Global Edition)*. Pearson Education Limited 8va edición.
- Jones, P., Masson, S. & Rosenfeld, E. (1984). Contingent claims analysis of corporate capital structure: An empirical analysis. *Journal of Finance*, 39, 611-625.
- Longerstaey, J. & Spencer, M. (1996). RiskMetrics Technical Document. *RiskMetrics (TM) Morgan Stanley MSCI* <https://www.msci.com/documents/10199/5915b101-4206-4ba0-ae2-3449d5c7e95a>.
- Merton, R. (1974). On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, 29, 449-470.
- Milanesi, G. (2014). Momentos estocásticos de orden superior y la estimación de la volatilidad implícita: aplicación de la expansión de Edgeworth en el modelo de Black-Scholes. *Estudios Gerenciales*(30), 336-342.
- Milanesi, G. (2016). Un modelo "naive" de opciones barreras para la predicción de fracasos financieros. *Estocástica: Finanzas y Riesgo*, 6(2), 159-186.
- Milanesi, G, Pesce, G & El Alabi, E. (2016). Firm valuation and default probability through exotic (barrier) options. *European Accounting and Management Review*, 2(2), 56-76.
- Reiz, A. y Perlich C. (2007). A market-based framework of bankruptcy prediction. *Journal of Financial Stability*, 3(2), 85-131.
- Vasicek, O. (1984). Credit valuation. *WP Moody's KMV* [http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/c181fb77ee99d464c125757a00505078/\\$FILE/Credit_Valuation.pdf](http://www.ressources-actuarielles.net/EXT/ISFA/1226.nsf/0/c181fb77ee99d464c125757a00505078/$FILE/Credit_Valuation.pdf).
- Vasicek, O. (2001). *EDF credit measure and corporate bond pricing*. San Francisco, United State: KMV corporation.

ANEXO*Tabla 1.A: Panel de firmas cotizantes seleccionadas*

<i>Sticker</i>	<i>Denominación</i>	<i>Nivel 1</i>
ALUA	Aluar	Industrias Manufactureras
CEPU	Central Puerto	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
COME	Sociedad Comercial Del Plata	Corporativos
CRES	Cresud	Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza
CVH	Cablevision Holding	Información y Comunicaciones
DGCU2	Distribuidora De Gas Cuyana	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
EDN	Edenor	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
LOMA (i)	Loma Negra	Industrias Manufactureras
METR	MetroGas	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
MIRG	Mirgor SACIFIA	Industrias Manufactureras
PAMP	Pampa Energía	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
TECO2	Telecom Argentina	Telecomunicaciones
TGNO4	Transportadora de Gas del Norte	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
TGSU2	Transportadora de Gas del Sur	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
TRAN	Transener	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
TXAR	Ternium Argentina	Industrias Manufactureras
TS	Tenaris	Industrias Manufactureras
YFPD	Yacimientos Petrolíferos Fiscales	Minería, Explotación de Canteras y Extracción de Petróleo y Gas
AGRO	Agrometal	Industrias Manufactureras
AUSO	Autopistas del Sol	Transportes, Correos y Almacenamiento
BOLT	Boldt	Servicios Profesionales, Científicos y Técnicos
CADO	Carlos Casado	Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza
CAPU	Caputo	Construcción
CAPX	Capex	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
CARC	Carboclor	Minería, Explotación de Canteras y Extracción de Petróleo y Gas
CECO2	Enel Generacion Costanera	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
CELU	Celulosa Argentina	Industrias Manufactureras
CGPA2	Camuzzi Gas Pampeana	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
CTIO	Consultatio	Construcción
DYCA	Dycasa	Construcción
FERR	Ferrum	Industrias Manufactureras
FIPL	Fiplasto	Industrias Manufactureras
GARO	Garovaglio & Zorraquin	Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza
GBAN	Gas Natural BAN	Empresa de Electricidad, Gas y Agua
GCLA	Grupo Clarín	Información y Comunicaciones
HARG	Holcim Argentina	Industrias Manufactureras
HAVA	Havanna	Industrias Manufactureras

<i>Sticker</i>	<i>Denominación</i>	<i>Nivel 1</i>
INDU	Solvay Indupa (UNIPAR)	Industrias Manufactureras
INVJ	Inversora Juramento	Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza
IRCP	Irsa Propiedades Ciales.	Construcción
LEDE	Ledesma	Industrias Manufactureras
LONG	Longvie	Industrias Manufactureras
MOLA	Molinos Agro	Industrias Manufactureras
MOLI	Molinos Río de la Plata	Industrias Manufactureras
MORI	Morixe Hermanos S.A.C.I.	Industrias Manufactureras
OEST	Gr. Concesionario del Oeste	Transportes, Correos y Almacenamiento
PATA	La Anónima	Comercio al Por Mayor y al Por Menor
PATY	Quickfood	Industrias Manufactureras
PREN1	Papel Prensa	Industrias Manufactureras
PSUR	Petrolera del Conosur	Comercio al Por Mayor y al Por Menor
RICH	Laboratorios Richmond	Comercio al Por Mayor y al Por Menor
RIGO	Rigolleau	Comercio al Por Mayor y al Por Menor
SAMI	S.A. San Miguel AGICI y F	Agricultura, Ganadería, Aprovechamiento Forestal, Pesca y Caza
SEMI	Molinos Juan Semino	Industrias Manufactureras
TGLT	TGLT SA	Construcción

Tabla 2.A: Panel de firmas cotizantes seleccionadas

<i>Sticker</i>	<i>Activo</i>	<i>ROA</i>	<i>Pasivo</i>	<i>PN</i>	<i>Capitalización Bursatil</i>	<i>vi/CB total</i>	<i>σ_e</i>	<i>σ_a</i>	<i>σ_d</i>
ALUA	\$ 7.945.456.308	29,36%	\$ 13.675.117.367	\$ 7.945.456.308	\$ 71.495.117.367	3,357%	29,34%	18,58%	12,34%
CEPU	\$ 32.622.860.000	59,00%	\$ 18.397.731.000	\$ 32.622.860.000	\$ 68.814.671.000	2,927%	45,65%	35,11%	16,41%
COME	\$ 2.478.722.754	2,00%	\$ 2.288.051.773	\$ 2.478.722.754	\$ 6.858.751.773	0,265%	38,02%	26,73%	14,51%
CRES	\$ 16.797.000.000	1,01%	\$ 6.957.000.000	\$ 16.797.000.000	\$ 28.151.410.000	1,230%	44,11%	35,89%	16,03%
CVH	\$ 80.769.000.000	13,79%	\$ 8.316.000.000	\$ 80.769.000.000	\$ 40.003.000.000	1,839%	35,81%	33,77%	13,95%
DGCU2	\$ 4.629.703.000	25,47%	\$ 3.112.945.000	\$ 4.629.703.000	\$ 10.852.885.000	0,449%	34,42%	26,05%	13,61%
EDN	\$ 30.968.972.000	5,12%	\$ 46.023.206.000	\$ 30.968.972.000	\$ 92.207.096.000	2,681%	38,15%	24,04%	14,54%
LOMA (i)	\$ 15.178.651.657	16,27%	\$ 11.652.099.024	\$ 15.178.651.657	\$ 59.632.099.024	2,785%	67,36%	47,59%	21,84%
METR	\$ 13.321.637.000	9,13%	\$ 24.490.599.000	\$ 13.321.637.000	\$ 39.573.629.000	0,876%	44,93%	26,34%	16,23%
MIRG	\$ 4.424.634.000	-8,47%	\$ 2.959.621.000	\$ 4.424.634.000	\$ 9.358.621.000	0,371%	51,55%	38,06%	17,89%
PAMP	\$ 51.523.000.000	16,91%	\$ 95.605.000.000	\$ 51.523.000.000	\$ 184.423.930.000	5,156%	55,29%	31,59%	18,82%
TECO2	\$ 225.923.000.000	14,51%	\$ 140.686.000.000	\$ 225.923.000.000	\$ 398.786.220.000	14,983%	53,14%	39,76%	18,29%
TGNO4	\$ 29.077.253.000	9,41%	\$ 17.192.362.000	\$ 29.077.253.000	\$ 42.038.962.000	1,442%	33,23%	25,83%	13,31%
TGSU2	\$ 30.945.295.000	22,97%	\$ 30.951.701.000	\$ 30.945.295.000	\$ 118.068.111.000	5,057%	40,64%	27,90%	15,16%
TRAN	\$ 11.070.128.000	20,14%	\$ 6.921.376.000	\$ 11.070.128.000	\$ 26.953.926.000	1,163%	41,21%	31,24%	15,30%
TXAR	\$ 97.177.005.000	8,00%	\$ 22.864.828.000	\$ 97.177.005.000	\$ 82.490.468.000	3,461%	41,06%	36,15%	15,27%
TS	\$ 444.855.788.600	6,15%	\$ 89.567.923.900	\$ 444.855.788.600	\$ 574.296.343.900	28,139%	44,15%	39,44%	16,04%

<i>Stcker</i>	<i>Activo</i>	<i>ROA</i>	<i>Pasivo</i>	<i>PN</i>	<i>Capitalización Bursatil</i>	<i>vi/CB total</i>	<i>σe</i>	<i>σa</i>	<i>σd</i>
YFPD	\$ 359.200.000.000	4,00%	\$ 603.641.000.000	\$ 359.200.000.000	\$ 801.143.020.000	11,465%	41,87%	25,32%	15,47%
AGRO	\$ 215.073.989	20,96%	\$ 375.181.914	\$ 215.073.989	\$ 1.275.181.914	0,052%	38,77%	23,47%	14,69%
AUSO	\$ 9.031.973.169	0,98%	\$ 7.353.028.880	\$ 9.031.973.169	\$ 17.945.858.880	0,615%	33,92%	24,75%	13,48%
BOLT	\$ 1.689.660.781	14,84%	\$ 218.730.303	\$ 1.689.660.781	\$ 5.306.230.303	0,295%	22,86%	21,47%	10,72%
CADO	\$ 729.130.909	0,17%	\$ 132.687.245	\$ 729.130.909	\$ 1.715.807.245	0,092%	36,55%	33,10%	14,14%
CAPU	\$ 566.775.000	11,10%	\$ 746.678.000	\$ 566.775.000	\$ 3.030.918.000	0,133%	58,27%	36,27%	19,57%
CAPX	\$ 5.775.764.486	12,64%	\$ 9.158.461.065	\$ 5.775.764.486	\$ 22.895.351.065	0,797%	37,46%	23,30%	14,37%
CARC	\$ 31.520.881	8,11%	\$ 566.494.549	\$ 31.520.881	\$ 885.264.549	0,019%	58,88%	21,78%	19,72%
CECO2	\$ 5.528.425.252	30,32%	\$ 9.800.505.488	\$ 5.528.425.252	\$ 15.584.885.488	0,336%	42,43%	25,28%	15,61%
CELU	\$ 1.448.099.000	8,61%	\$ 3.915.764.000	\$ 1.448.099.000	\$ 4.919.444.000	0,058%	42,94%	23,08%	15,74%
CGPA2	\$ 5.545.793.653	27,45%	\$ 14.121.081.151	\$ 5.545.793.653	\$ 24.236.161.151	0,587%	32,97%	18,81%	13,24%
CTIO	\$ 5.716.135.557	0,34%	\$ 3.423.124.918	\$ 5.716.135.557	\$ 18.712.644.918	0,888%	29,94%	23,40%	12,49%
DYCA	\$ 403.141.982	8,68%	\$ 1.139.531.890	\$ 403.141.982	\$ 2.279.531.890	0,066%	23,63%	14,23%	10,91%
FERR	\$ 1.035.194.010	13,21%	\$ 767.529.134	\$ 1.035.194.010	\$ 2.904.729.134	0,124%	34,70%	25,75%	13,68%
FIPL	\$ 127.064.268	8,46%	\$ 381.424.122	\$ 127.064.268	\$ 791.064.122	0,024%	38,11%	20,42%	14,53%
GARO	\$ 202.649.206	15,30%	\$ 479.140.553	\$ 202.649.206	\$ 826.740.553	0,020%	27,56%	16,55%	11,89%
GBAN	\$ 7.748.734.324	21,82%	\$ 7.459.879.346	\$ 7.748.734.324	\$ 19.993.169.346	0,728%	60,41%	40,64%	20,10%
GCLA	\$ 7.775.570.659	5,82%	\$ 7.458.453.931	\$ 7.775.570.659	\$ 12.743.863.931	0,307%	31,22%	22,20%	12,81%
HARG	\$ 7.571.208.728	10,45%	\$ 6.389.006.501	\$ 7.571.208.728	\$ 26.984.336.501	1,196%	49,25%	34,63%	17,31%
HAVA	\$ 1.225.548.418	16,58%	\$ 671.583.097	\$ 1.225.548.418	\$ 1.362.583.097	0,040%	43,97%	34,07%	15,99%
INDU	\$ 6.502.112.000	17,57%	\$ 3.610.624.000	\$ 6.502.112.000	\$ 10.363.444.000	0,392%	40,79%	31,65%	15,20%
INVJ	\$ 6.488.295.035	2,60%	\$ 3.784.537.055	\$ 6.488.295.035	\$ 9.140.307.055	0,311%	24,38%	19,49%	11,10%
IRCP	\$ 36.565.029.000	25,78%	\$ 26.481.715.000	\$ 36.565.029.000	\$ 56.473.045.000	1,741%	27,35%	20,83%	11,84%
LEDE	\$ 1.476.128.000	7,10%	\$ 8.027.040.000	\$ 1.476.128.000	\$ 13.523.470.000	0,319%	20,56%	11,76%	10,14%
LONG	\$ 1.476.128.000	7,10%	\$ 8.027.040.000	\$ 1.476.128.000	\$ 8.363.510.000	0,020%	20,56%	11,76%	10,14%
MOLA	\$ 1.459.330.000	6,08%	\$ 9.256.790.000	\$ 1.459.330.000	\$ 19.710.790.000	0,607%	64,64%	27,08%	21,16%
MOLI	\$ 5.684.456.000	0,41%	\$ 11.669.464.000	\$ 5.684.456.000	\$ 19.121.824.000	0,433%	36,16%	21,29%	14,04%
MORI	\$ 49.247.089	-4,18%	\$ 341.676.040	\$ 49.247.089	\$ 530.696.040	0,011%	30,56%	14,90%	12,64%
OEST	\$ 5.783.662.572	0,19%	\$ 4.396.247.488	\$ 5.783.662.572	\$ 9.996.247.488	0,325%	43,18%	31,35%	15,80%
PATA	\$ 2.448.115.000	6,16%	\$ 7.611.839.000	\$ 2.448.115.000	\$ 20.961.839.000	0,775%	22,06%	13,32%	10,52%
PATY	\$ 2.666.506.000	-2,05%	\$ 3.461.987.000	\$ 2.666.506.000	\$ 6.032.757.000	0,149%	52,66%	33,17%	18,17%
PREN1	\$ 1.025.391.071	6,56%	\$ 1.333.988.887	\$ 1.025.391.071	\$ 1.661.518.887	0,019%	45,65%	29,12%	16,41%
RICH	\$ 1.051.301.627	5,79%	\$ 1.468.589.056	\$ 1.051.301.627	\$ 1.749.619.056	0,387%	27,64%	18,47%	11,91%
RIGO	\$ 646.261.916	17,84%	\$ 1.649.033.001	\$ 646.261.916	\$ 8.322.233.001	0,016%	21,71%	13,60%	10,43%
SAMI	\$ 10.620.556.000	11,24%	\$ 8.339.121.000	\$ 10.620.556.000	\$ 8.607.431.000	0,394%	36,21%	26,46%	14,05%
SEMI	\$ 212.081.979	11,64%	\$ 287.105.201	\$ 212.081.979	\$ 7.082.025.201	0,030%	31,13%	20,58%	12,78%

Tabla 3.A: Parámetros valor del patrimonio neto como opción modelo naïf

Stcker	$N(d1)$	$N(d2)$	$BS=PN$
ALUA	0,933022064	0,818851606	\$ 11.428.743.191,66
CEPU	0,955344916	0,722023425	\$ 38.374.675.704,13
COME	0,943702895	0,770736523	\$ 3.121.805.677,28
CRES	0,969246942	0,768844623	\$ 18.850.368.277,14
CVH	0,998599176	0,972622376	\$ 69.165.239.093,16
DGCU2	0,965728274	0,840764058	\$ 5.435.472.769,29
EDN	0,917118327	0,734304428	\$ 44.213.411.764,83
LOMA (i)	0,929598412	0,487168683	\$ 20.508.039.373,05
METR	0,892146243	0,657256357	\$ 21.154.565.332,71
MIRG	0,941695715	0,642693889	\$ 5.468.597.365,25
PAMP	0,881247948	0,572281729	\$ 86.891.379.388,88
TECO2	0,943993493	0,629960503	\$276.881.187.220,48
TGNO4	0,972987325	0,866478670	\$ 33.400.937.773,47
TGSU2	0,934483915	0,734935902	\$ 40.080.465.844,51
TRAN	0,956728633	0,766057068	\$ 13.075.160.015,39
TXAR	0,987485155	0,863872492	\$103.139.404.707,15
TS	0,987972476	0,843535809	\$469.086.769.240,01
YPDF	0,902471325	0,689756242	\$543.611.437.253,04
AGRO	0,906347765	0,717876250	\$ 324.547.231,12
AUSO	0,958595331	0,829460939	\$ 10.947.542.246,83
BOLT	0,999951607	0,999358231	\$ 1.738.046.216,17
CADO	0,994610399	0,933591287	\$ 760.637.243,79
CAPU	0,900406254	0,554471988	\$ 859.145.374,48
CAPX	0,914879524	0,737193419	\$ 8.389.037.653,05
CARC	0,784052600	0,538668555	\$ 229.880.287,69
CECO2	0,898305316	0,681713313	\$ 8.549.338.246,71
CELU	0,872568039	0,658646864	\$ 2.663.861.758,75
CGPA2	0,898807588	0,751781920	\$ 9.380.246.749,18
CTIO	0,979065756	0,902302346	\$ 6.539.523.521,32
DYCA	0,926961145	0,842181380	\$ 680.433.702,12
FERR	0,961036300	0,828589310	\$ 1.236.271.802,92
FIPL	0,876013488	0,694811586	\$ 238.234.097,50
GARO	0,921240211	0,813315838	\$ 323.696.282,99
GBAN	0,917944802	0,542312187	\$ 10.800.422.134,55
GCLA	0,957668749	0,846631751	\$ 9.661.929.803,08
HARG	0,931829378	0,653337335	\$ 9.748.940.949,88
HAVA	0,958601497	0,744545101	\$ 1.428.374.334,55
INDU	0,962395077	0,781786776	\$ 7.529.904.083,18
INVJ	0,990211886	0,957117942	\$ 7.349.355.732,29

Stcker	$N(d1)$	$N(d2)$	$BS=PN$
IRCP	0,978590531	0,914130191	\$ 42.821.294.033,44
LEDE	0,905280749	0,826494893	\$ 3.417.200.399,96
LONG	0,905280749	0,826494893	\$ 3.417.200.399,96
MOLA	0,813551249	0,513831799	\$ 4.995.925.271,09
MOLI	0,902775676	0,733824047	\$ 8.975.426.102,07
MORI	0,853609077	0,719359002	\$ 141.350.671,69
OEST	0,944617368	0,726836662	\$ 7.121.691.773,12
PATA	0,928649480	0,851861046	\$ 4.277.774.934,14
PATY	0,904434373	0,601871119	\$ 3.914.843.388,43
PREN1	0,911678063	0,666522867	\$ 1.456.414.654,74
RICH	0,949944072	0,855463511	\$ 1.413.240.629,35
RIGO	0,941192897	0,871741968	\$ 1.038.009.500,94
SAMI	0,955304870	0,805586392	\$ 12.869.764.380,36
SEMI	0,940570839	0,818289369	\$ 286.114.812,33

Tabla 4.A: Parámetros valor del patrimonio neto como opción modelo naïf

Stcker	λ (ec.9)	γ (ec.10)	cdi (ec.8)	$cdo=BS-cdi$	$x1$ (ec.11)	$y1$ (ec.13)	cdo (ec.11)
ALUA	1,223852	-0,4187632	\$ 518.031.213,00	\$ 10.910.711.978,67	1,6779634	-0,239483	\$ 10.910.711.978,67
CEPU	0,702838	-0,3282947	\$ 1.772.375.366,73	\$ 36.602.300.337,40	1,7939514	-0,233391	\$ 36.602.300.337,40
COME	0,849825	-0,3990806	\$ 147.283.883,82	\$ 2.974.521.793,45	1,7112731	-0,274447	\$ 2.974.521.793,45
CRES	0,694137	-0,4801292	\$ 519.298.945,35	\$ 18.331.069.331,79	1,9626851	-0,387284	\$ 18.331.069.331,79
CVH	0,719224	2,7913778	\$ 54.921.952.880,78	\$ 14.243.286.212,38	0,8667137	0,669389	\$ 14.243.286.212,38
DGCU2	0,868368	-0,6464572	\$ 115.834.059,99	\$ 5.319.638.709,31	1,9493108	-0,518564	\$ 5.319.638.709,31
EDN	0,932755	-0,2452848	\$ 3.561.053.105,56	\$ 40.652.358.659,27	1,5245670	-0,106664	\$ 40.652.358.659,27
LOMA (0,610378	0,2243840	\$ 3.115.353.016,49	\$ 17.392.686.356,56	1,5428148	0,294392	\$ 17.392.686.356,56
METR	0,860257	-0,0577282	\$ 2.948.238.673,73	\$ 18.206.326.658,98	1,3645007	0,068750	\$ 18.206.326.658,98
MIRG	0,672603	-0,1253041	\$ 426.453.746,31	\$ 5.042.143.618,94	1,6567141	-0,037759	\$ 5.042.143.618,94
PAMP	0,750470	0,1073643	\$ 17.419.902.839,50	\$ 69.471.476.549,37	1,2867077	0,212824	\$ 69.471.476.549,37
TECO2	0,658107	-0,1016987	\$ 21.674.062.540,54	\$ 255.207.124.679,95	1,6729982	-0,017910	\$ 255.207.124.679,95
TGNO4	0,874782	-0,7557090	\$ 495.473.481,46	\$ 32.905.464.292,01	2,0556354	-0,626707	\$ 32.905.464.292,01
TGSU2	0,821198	-0,2999165	\$ 2.528.516.307,62	\$ 37.551.949.536,89	1,6294688	-0,180492	\$ 37.551.949.536,89
TRAN	0,756109	-0,4331309	\$ 492.950.037,68	\$ 12.582.209.977,71	1,8205639	-0,326491	\$ 12.582.209.977,71
TXAR	0,691338	-0,8448101	\$ 832.497.034,51	\$ 102.306.907.672,65	2,3331183	-0,752636	\$ 102.306.907.672,65
TS	0,660731	-0,7771449	\$ 4.122.936.878,46	\$ 464.963.832.361,56	2,3407298	-0,692664	\$ 464.963.832.361,56
YPFD	0,890037	-0,1338331	\$ 61.000.133.241,50	\$ 482.611.304.011,54	1,4273639	-0,002232	\$ 482.611.304.011,54
AGRO	0,954017	-0,1867071	\$ 31.696.271,39	\$ 292.850.959,73	1,4605807	-0,044722	\$ 292.850.959,73
AUSO	0,908213	-0,5823875	\$ 293.642.109,06	\$ 10.653.900.137,77	1,8692462	-0,447755	\$ 10.653.900.137,77

<i>Stcker</i>	λ (ec.9)	γ (ec.10)	<i>cdi</i> (ec.8)	<i>cdo=BS-cdi</i>	<i>x1</i> (ec.11)	<i>y1</i> (ec.13)	<i>cdo</i> (ec.11)
BOLT	1,042446	-4,0832560	-\$ 1.578,69	\$ 1.738.047.794,86	4,6985782	-3,283191	\$ 1.738.047.794,86
CADO	0,728193	-1,2267095	\$ 1.793.968,23	\$ 758.843.275,56	2,6504369	-1,126049	\$ 758.843.275,56
CAPU	0,690059	0,1152584	\$ 150.184.035,83	\$ 708.961.338,65	1,3757352	0,207124	\$ 708.961.338,65
CAPX	0,960620	-0,2420552	\$ 688.420.722,22	\$ 7.700.616.930,83	1,5144443	-0,099041	\$ 7.700.616.930,83
CARC	1,026819	0,3228505	\$ 112.496.508,14	\$ 117.383.779,56	0,9388995	0,475797	\$ 117.383.779,56
CECO2	0,891154	-0,1106518	\$ 1.032.128.826,14	\$ 7.517.209.420,56	1,4037440	0,021138	\$ 7.517.209.420,56
CELU	0,969335	-0,0124144	\$ 452.269.389,70	\$ 2.211.592.369,04	1,2829754	0,131946	\$ 2.211.592.369,04
CGPA2	1,206928	-0,1936620	\$ 898.964.775,06	\$ 8.481.281.974,12	1,4519587	-0,016490	\$ 8.481.281.974,12
CTIO	0,956485	-0,9038874	\$ 59.588.180,39	\$ 6.479.935.340,94	2,1771959	-0,761516	\$ 6.479.935.340,94
DYCA	1,734224	-0,3607109	\$ 30.870.154,36	\$ 649.563.547,76	1,6876281	-0,126609	\$ 649.563.547,76
FERR	0,877086	-0,5933284	\$ 31.557.384,99	\$ 1.204.714.417,93	1,8922386	-0,463930	\$ 1.204.714.417,93
FIPL	1,099528	-0,0615628	\$ 35.294.583,70	\$ 202.939.513,80	1,3184464	0,101597	\$ 202.939.513,80
GARO	1,412997	-0,3373646	\$ 18.165.290,68	\$ 305.530.992,30	1,6148090	-0,136019	\$ 305.530.992,30
GBAN	0,651375	0,1188384	\$ 1.608.568.842,13	\$ 9.191.853.292,42	1,4733645	0,200823	\$ 9.191.853.292,42
GCLA	1,007074	-0,6101079	\$ 239.804.322,70	\$ 9.422.125.480,39	1,8743038	-0,460055	\$ 9.422.125.480,39
HARG	0,708423	-0,1302150	\$ 852.472.510,70	\$ 8.896.468.439,18	1,5857565	-0,034014	\$ 8.896.468.439,18
HAVA	0,715426	-0,3888898	\$ 56.492.045,91	\$ 1.371.882.288,64	1,8324869	-0,291086	\$ 1.371.882.288,64
INDU	0,749530	-0,4892347	\$ 233.966.599,97	\$ 7.295.937.483,20	1,8844440	-0,383973	\$ 7.295.937.483,20
INVJ	1,158423	-1,2487175	\$ 18.123.419,37	\$ 7.331.232.312,92	2,5053583	-1,077732	\$ 7.331.232.312,92
IRCP	1,075950	-0,9275598	\$ 352.860.618,37	\$ 42.468.433.415,07	2,1853909	-0,767641	\$ 42.468.433.415,07
LEDE	2,308145	-0,1624332	\$ 245.893.857,66	\$ 3.171.306.542,30	1,5955928	0,120918	\$ 3.171.306.542,30
LONG	2,308145	-0,1624332	\$ 245.893.857,66	\$ 3.171.306.542,30	1,5955928	0,120918	\$ 3.171.306.542,30
MOLA	0,840884	0,3031143	\$ 2.061.505.580,72	\$ 2.934.419.690,37	1,0140890	0,426144	\$ 2.934.419.690,37
MOLI	1,051781	-0,1946556	\$ 867.809.686,40	\$ 8.107.616.415,66	1,4540584	-0,038128	\$ 8.107.616.415,66
MORI	1,626454	0,0331114	\$ 25.900.238,55	\$ 115.450.433,14	1,2756864	0,256759	\$ 115.450.433,14
OEST	0,754310	-0,3115116	\$ 394.122.439,63	\$ 6.727.569.333,49	1,7010278	-0,205247	\$ 6.727.569.333,49
PATA	1,908114	-0,3579086	\$ 181.010.644,70	\$ 4.096.764.289,43	1,7158564	-0,107859	\$ 4.096.764.289,43
PATY	0,727170	0,0175609	\$ 567.227.058,59	\$ 3.347.616.329,85	1,4076744	0,117995	\$ 3.347.616.329,85
PREN1	0,794837	-0,1161813	\$ 158.326.584,21	\$ 1.298.088.070,53	1,4655802	-0,001762	\$ 1.298.088.070,53
RICH	1,232631	-0,5649475	\$ 38.949.090,61	\$ 1.374.291.538,74	1,8246758	-0,384583	\$ 1.374.291.538,74
RIGO	1,850810	-0,4622389	\$ 30.997.682,49	\$ 1.007.011.818,45	1,8097757	-0,217330	\$ 1.007.011.818,45
SAMI	0,856958	-0,5160812	\$ 418.108.989,17	\$ 12.451.655.391,19	1,8245202	-0,390184	\$ 12.451.655.391,19
SEMI	1,090410	-0,4643120	\$ 11.462.788,77	\$ 274.652.023,56	1,7214977	-0,302398	\$ 274.652.023,56

*Tabla 5.A: Probabilidades de insolvencia modelo opciones barreras -
naïf y valor esperado de las probabilidades de insolvencia*

<i>Sticker</i>	<i>PD (ec.16)</i>	<i>PD (ec.6)</i>	<i>VD (total) (ec.18)</i>	<i>VD (total) (ec.17)</i>
ALUA	0,01%	0,000002118%	\$ 8.697.083,94	\$ 50,84
CEPU	0,01%	0,000000680%	\$ 4.436.426,47	\$ 13,70
COME	38,68%	24,757882399%	\$ 2.652.739.454,06	\$ 4.505.596,85
CRES	39,72%	27,287262881%	\$ 11.180.675.883,44	\$ 94.513.204,83
CVH	86,03%	0,145188578%	\$ 34.416.354.983,09	\$ 1.068.358,89
DGCU2	0,13%	0,007674600%	\$ 14.049.259,00	\$ 3.742,39
EDN	32,35%	16,590729510%	\$ 29.830.476.654,28	\$ 410.139.284,05
LOMA (i)	42,57%	18,862271166%	\$ 25.385.239.861,77	\$ 313.289.151,08
METR	30,65%	11,489115300%	\$ 12.130.098.662,10	\$ 39.809.992,19
MIRG	82,19%	70,731953486%	\$ 7.691.528.706,06	\$ 24.589.554,15
PAMP	24,90%	5,211113517%	\$ 45.921.436.754,06	\$ 495.523.636,04
TECO2	24,01%	9,901305301%	\$ 95.768.218.384,89	\$ 5.916.052.253,63
TGNO4	5,71%	2,526122779%	\$ 2.399.488.964,30	\$ 15.317.378,33
TGSU2	1,90%	0,160109001%	\$ 2.246.448.129,97	\$ 9.560.032,44
TRAN	2,93%	0,601457118%	\$ 790.436.697,69	\$ 1.885.271,79
TXAR	10,15%	5,712998527%	\$ 8.372.275.878,16	\$ 163.121.784,90
TS	15,84%	9,649793310%	\$ 90.966.091.043,07	\$ 15.594.217.163,91
YPFD	44,48%	24,736805886%	\$ 356.312.778.239,77	\$ 22.721.460.715,71
AGRO	2,45%	0,108999780%	\$ 31.225.452,87	\$ 726,19
AUSO	33,46%	22,441304161%	\$ 6.004.657.100,35	\$ 24.764.831,34
BOLT	0,00%	0,000023551%	\$ 1.253,07	\$ 3,69
CADO	14,28%	10,014556828%	\$ 244.949.694,41	\$ 157.915,62
CAPU	43,30%	18,760066571%	\$ 1.312.355.932,18	\$ 753.982,60
CAPX	9,66%	2,215180583%	\$ 2.211.277.041,10	\$ 4.044.416,70
CARC	63,88%	18,116525822%	\$ 565.513.385,35	\$ 29.678,13
CECO2	0,92%	0,003865991%	\$ 142.870.489,22	\$ 2.023,17
CELU	31,71%	10,650918407%	\$ 1.559.956.631,43	\$ 305.287,75
CGPA2	0,18%	0,000054134%	\$ 42.668.193,98	\$ 77,04
CTIO	22,64%	15,790100716%	\$ 4.237.204.882,44	\$ 26.225.571,43
DYCA	4,11%	0,872131617%	\$ 93.726.457,89	\$ 13.156,60
FERR	3,82%	1,177286941%	\$ 110.942.880,83	\$ 42.427,18
FIPL	25,19%	7,589629163%	\$ 199.271.992,71	\$ 14.277,29
GARO	0,94%	0,042496182%	\$ 7.731.395,29	\$ 70,89
GBAN	21,88%	5,378246121%	\$ 4.374.821.974,99	\$ 7.823.452,27
GCLA	13,32%	6,741553465%	\$ 1.696.872.379,71	\$ 2.636.032,88
HARG	29,11%	13,134587983%	\$ 7.856.460.723,45	\$ 42.374.831,54
HAVA	7,69%	2,472024183%	\$ 104.767.577,66	\$ 13.511,54

<i>Sticker</i>	<i>PD (ec.16)</i>	<i>PD (ec.6)</i>	<i>VD (total) (ec.18)</i>	<i>VD (total) (ec.17)</i>
INDU	4,05%	1,117822662%	\$ 420.105.736,26	\$ 454.122,71
INVJ	6,29%	4,143050803%	\$ 574.754.320,35	\$ 1.177.372,79
IRCP	0,00%	0,000047791%	\$ 1.420.737,97	\$ 469,89
LEDE	7,44%	1,468558770%	\$ 1.005.877.133,75	\$ 633.681,76
LONG	7,44%	1,468558770%	\$ 622.078.761,36	\$ 23.990,39
MOLA	70,35%	32,540398574%	\$ 13.866.271.893,09	\$ 38.924.265,53
MOLI	55,66%	37,655055990%	\$ 10.643.948.904,35	\$ 31.149.958,48
MORI	89,84%	79,889140137%	\$ 476.794.652,28	\$ 46.521,36
OEST	50,99%	35,539968874%	\$ 5.096.822.415,12	\$ 11.549.231,90
PATA	8,24%	2,779528540%	\$ 1.727.329.180,64	\$ 4.515.364,52
PATY	75,04%	56,962097934%	\$ 4.527.013.194,95	\$ 5.128.331,18
PREN1	38,23%	19,188748257%	\$ 635.169.251,70	\$ 60.619,74
RICH	11,17%	5,218907472%	\$ 195.415.463,99	\$ 353.727,05
RIGO	0,03%	0,000130417%	\$ 2.881.985,95	\$ 1,69
SAMI	7,72%	2,830370070%	\$ 664.175.000,02	\$ 960.975,14
SEMI	4,21%	1,034591515%	\$ 298.128.211,84	\$ 22.067,12