

OPCIONES REALES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dra. ELSA CORTINA
Lic. MARTÍN DURO

*Comunicación efectuada en la sesión privada extraordinaria
de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires
del 9 de agosto de 2007*

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es valorar la opción estratégica que tiene la empresa generadora de energía eléctrica Termoandes de alternar entre el mercado argentino y el mercado chileno, utilizando una opción cuyo *payoff* es función del *spread* entre los precios de venta de la energía al mercado argentino y al chileno.

La valuación de Termoandes como la suma de los valores de una serie de opciones *spark spread* (Carmona y Durrleman, 2003) da el valor actual de los *cash flows* futuros y, además, toma en cuenta futuras decisiones estratégicas de intercambio de mercados. El tratamiento del problema con Opciones Reales también permite considerar aspectos que el Valor Presente Neto no toma en cuenta como, por ejemplo, la incertidumbre de los beneficios futuros o el *timing* de la inversión.

La diferencia de *cash flows* entre los dos mercados se puede escribir como

$$CashFlow_{Diferencial} = E_k * P_{kAr} - E_k * P_{kCh} \quad (1)$$

donde $E_k = 632.7$ Mwh es la cantidad de energía que se genera en el periodo k , P_{kAr} y P_{kCh} los precios promedio a recibir durante el mismo período en la Argentina y Chile

2. Modelo del Problema

El modelo de precio *spot* P_t es el paseo al azar log-normal, con reversión a la media (c.f. Schwartz, 1997; Lucía & Schwartz, 2000; Duro, 2007).

$$dP_t = \kappa (b(t) - \ln P_t) P_t dt + \sigma P_t dZ. \quad b(t) = \frac{1}{\kappa} \left(\frac{\sigma^2}{2} + \frac{df}{dt}(t) \right) + f(t). \quad (2)$$

donde $b(t)$ es el nivel de reversión del logaritmo del precio, $f(t)$ es una función determinística del tiempo, $\kappa > 0$ la velocidad de reversión, σ la volatilidad y Z un proceso de Wiener estándar. Para implementar el modelo es necesario especificar la función $f(t)$ en (2). En el caso

particular de los precios utilizados en este trabajo, no se detectó un comportamiento cíclico y, de acuerdo con el examen de los datos, la función $f(t)$ se modeló como una función lineal

$$f(t) = \alpha t + \beta.$$

3. Resultados numéricos

Los datos utilizados en el trabajo son series de precios promedio mensuales de energía para Chile y la Argentina y el periodo de la muestra es febrero de 1999 hasta diciembre de 2006. En los cálculos se utilizó la *3-Years Treasury Note Rate* como tasa libre de riesgo. Para ambos mercados se estimaron los parámetros k , σ , α y β y, a partir de ellos, se calculó el estimador del nivel de reversión $b(t)$ del logaritmo del precio. En la Tabla 1. se consignan los valores obtenidos.

Tabla 1. *Estimadores de los parámetros*

	κ	α	β	σ
Argentina	0,0937	0,01167	2,093	0,2057
Chile	0,0959	0,01505	2,178	0,2005

Para evaluar el efecto de aumentos en los precios del mercado eléctrico argentino se analizaron distintos escenarios ilustrados en la tabla siguiente, cuyas entradas son el mes en que comienza el aumento y el porcentaje de aumento, desde un mínimo sin aumento hasta un máximo del 20%. Estos aumentos se aplicaron sobre el término constante del nivel de reversión del logaritmo del precio.

Tabla 2. *Análisis de escenarios*

Mes del Aumento	Aumento (%)		
	0%	10%	20%
0	Sin Aumento	Aumento del 10% desde el inicio	Aumento del 20% desde el inicio
13		Aumento del 10% al inicio del segundo año	Aumento del 20% al inicio del segundo año
25		Aumento del 10% al inicio del tercer año	Aumento del 20% al inicio del tercer año

Las opciones se valoraron por simulación de Monte Carlos y el número de simulaciones se determinó tomando un error de convergencia menor que 0,50%. Para cada escenario se simularon 40.000 trayectorias de ambos precios correlacionados, de 36 puntos cada una (3 años de datos mensuales) y para cada mes se valuó la *spark spread option* cuyo *payoff* está dado por

$$\text{Payoff} = \max((P_{Ar} - P_{Ch}) \cdot 0) * 24 * 30 * 637.2.$$

Se obtuvo una serie de 36 valores mensuales de opciones que toman valor positivo siempre que el precio del mercado argentino es suficientemente elevado como para absorber la pérdida por no estar en el mercado chileno. Como la unidad de los precios es *US\$/MWh*, para calcular el valor total mensual se multiplica el *spread* entre precios por la cantidad de *MW* que es posible generar, por las 24 horas del día y por los 30 días promedio del mes, bajo la hipótesis de que Termoandes estará despachada en su totalidad 24 horas diarias.

El valor de la opción estratégica que tiene Termoandes de ingresar al mercado eléctrico argentino está dado por la suma de los valores de las opciones sobre los 36 meses (Carmona y Durrleman (2003)). Los resultados de las simulaciones, expresados en millones de dólares, se consignan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Valor de la opción estratégica (millones de dólares)

Mes de comienzo	Aumento		
	0%	10%	20%
0	0,9	9,04	52,1
13		5,11	25,17
25		1,93	5,37

4. Conclusiones

Se observa que las opciones tienen valor positivo para todos los escenarios, incluso para aquellos en los que no se considera ningún realineamiento tarifario (esto se debe, básicamente, a las volatilidades de los precios de energía) y, también, que la opción tiene mayor valor a medida que los aumentos de precios del mercado local crecen y se aplican antes.

Los escenarios dan una perspectiva de los beneficios que podría tener la empresa si generase para el mercado argentino.

En un escenario sin aumento de precios en el mercado argentino, se observa que el valor de la opción es despreciable (USD 25M mensuales); en esta situación, el generador no tendrá interés despachar su generación al mercado argentino. Este resultado es equivalente a un *spread* entre ambos mercados cercano a los 0,06 USD / MWh.

En el otro escenario extremo, con un realineamiento de las tarifas del 20% desde el comienzo del periodo, el valor de la opción es relevante, equivale a 1,44 millones de US\$ por mes y el mercado argentino es atractivo para el generador. El *spread* promedio correspondiente a este caso es de 2,75 USD / MWh.

Asumiendo pleno despacho de la generación, la alternativa de elegir un mercado u otro es indiferente a la ecuación de costos.

Un análisis de este tipo permitiría a la gerencia de la empresa tener una perspectiva de escenarios en sus flujos de fondos proyectados. Por ejemplo, se podría usar un plazo de 5 años para complementar un plan quinquenal, agregando al plan base el valor de la opción para cada escenario. Otra posibilidad sería asignar una probabilidad de ocurrencia a cada escenario y ponderar los resultados por esta probabilidad.

Cualquier cambio de regulación que modifique las cantidades que está permitido exportar puede incluirse en el *payoff* de las *spread options*, simplemente multiplicando el *payoff* por la capacidad permitida.

Bibliografía

- [1] René Carmona & Valdo Durrleman, *Pricing and Hedging Spread Options*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2003.
- [2] Martín Duro, *Opciones reales en la generación de energía*, Tesis de Maestría en Finanzas, Universidad de San Andrés, 2007.
- [3] J. Lucia & E. Schwartz, *Electricity prices and power derivatives: Evidence from the Nordic Power Exchange*, Anderson Graduate School of Management, Finance, UCLA, 2000.
- [4] E. Schwartz. "The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging", *The Journal of Finance*, 52, N° 3, Julio, 1997.