

UN MODELO CONSOLIDADO DE OPCIONES REALES, TEORÍA DE JUEGOS Y ANÁLISIS DE COSTOS DE TRANSACCIÓN PARA EL DISEÑO DE ACUERDOS CONTRACTUALES

Gastón S. Milanesi*
UNS

Fernando Tohmé**
UNS

RESUMEN

En este trabajo proponemos un marco que combina Opciones Reales (RO), Teoría de Juegos (GT) y Análisis de Costos de Transacción (TCA), para construir un modelo analítico para el diseño de acuerdos que cubran eventos contingentes. Se ilustra el uso del modelo sobre un contrato de suministro con tres escenarios: los dos primeros suponen estabilidad-variabilidad tecnológica combinada con rigidez contractual; el tercero supone variabilidad tecnológica y contractual. Los resultados obtenidos muestran el equilibrio entre beneficios de la flexibilidad estratégica (RO), diseño de incentivos condicionantes de la conducta de los agentes (GT) y la reducción de los costos de transacción (TCA).

Palabras clave: Contratos, Costos de transacción, Opciones reales, Teoría de Juegos.

ABSTRACT

In this paper we propose a framework that combines Real Option (RO), Game Theory (GT) and Transaction Cost Analysis (TCA), to build an analytical model for the agreements designs that covers contingent events. It illustrates the use of the model over a supply agreement with three scenarios: the two firsts supposes technological stability- variability combined with contractual rigidity; the third supposes technological and contractual flexibility. The results obtained showing the equilibrium between strategic flexibility benefits (RO), incentives designs that determined the agents' behaviors (GT) and transaction cost reduction (TCA).

Keywords: Contracts, Transaction Costs, Real Options, Game Theory.

* Universidad Nacional del Sur. Argentina. Departamento de Ciencias de la Administración. milanesi@uns.edu.ar

** Universidad Nacional del Sur. Argentina. Departamento de Economía. ftohme@criba.edu.ar
Códigos JEL: M1, C7

I. Introducción

Una metáfora alternativa para entender la dinámica de una firma consiste en proyectarla como una cartera de contratos derivados de los vínculos jurídicos de los terceros que interactúan con ella. La firma disminuye su exposición a la incertidumbre a través de las cláusulas acordadas, pero a costa de resignar flexibilidad estratégica: los beneficios esperados de oportunidades futuras de negocio pueden opacarse debido al cumplimiento de los acuerdos contractuales que imponga el rechazo. Las ventajas de los contratos, particularmente aquellos diseñados para proteger inversiones en activos específicos ha sido analizado en procurando la reducción de los costos de transacción (Williamson, 1983; Rese y Roemer, 2004). Las cláusulas son diseñada con el fin de brindar cobertura las inversiones y flujos de fondos esperados generados por activos altamente especializados¹ frente a riesgos derivados de: conductas maliciosas de otros agentes, contingencias de mercado o cambios tecnológicos. La mayoría de la literatura se enfoca en modelos estáticos estudiando el fenómeno de las conductas maliciosas de los agentes, pero este enfoque no considera los potenciales beneficios y posibilidades derivadas de la flexibilidad estratégica derivada de las oportunidades que genera el comportamiento dinámico del mercado.

El objetivo del trabajo es sugerir maneras de interpretar y analizar las relaciones contractuales aplicando el enfoque de Opciones Reales (RO, por sus siglas en inglés). Se derivarán modelos para la toma de decisiones en donde se consideren los costos y beneficios derivados de la protección (que paralelamente genera pérdida de flexibilidad) y la apertura a nuevas oportunidades de negocios. El presente trabajo se complementa con las investigaciones sobre flexibilidad y contratos (Argyres y Liebeskind, 1999; Argyres y Liebeskind, 2000; Barney y Lee, 2000; Rese y Roemer, 2004). Una breve introducción respecto del tema pondrá en contexto el abordaje que se pretende dar. Argyres y Liebeskind (1999 y 2000) y, Barney y Lee (2000) exploran las consecuencias que tienen los acuerdos contractuales sobre el gobierno corporativo de las empresas, empleando el enfoque de opciones reales para definir estructuras corporativas que permitan cubrir

1. *Transactions-specific investment: activos hechos a medida para una relación particular de intercambio y bajo valor de recupero (venta) fuera de la relación para la cual se concibió.*

riesgos tecnológicos y de mercado. Rese y Roemer (2004) utilizan el modelo binomial para valorar la opción de intercambio de clientes analizando el equilibrio entre la rigidez en el cumplimiento del acuerdo y la flexibilidad estratégica de las nuevas oportunidades de negocio.

En línea con los trabajos citados serán analizados casos en donde contratos de provisión de servicios con activos específicos aplicando la Teoría de Opciones Reales y Teoría de Juegos (GT, por sus siglas en inglés). La primera servirá para analizar la incertidumbre de mercado y el valor de la opción de intercambio utilizando el clásico modelo binomial. Respecto de la Teoría de Juegos, asumiendo completa información para la toma de decisiones de los agentes (empresa-cliente), será formalizada la dinámica de negociación de precios y penalidades mediante equilibrios de Nash, que permitirá desarrollar un mecanismo de iteración para definir las proporciones de provisión óptima al mantener relaciones contractuales con el cliente originario y las nuevas oportunidades de negocio que se le presentan a la firma. La estructura del trabajo es la siguiente: la sección II compara la literatura de costos de transacción (TCA, por sus siglas en inglés) con las recomendaciones del análisis de opciones reales con el fin de establecer que aspectos deben considerarse de ambos enfoques. La sección III desarrolla ejemplos en donde un análisis por etapas combinando Teoría de Opciones Reales y Teoría de Juegos, permite definir un mecanismo formal para establecer los niveles adecuados de flexibilidad para las partes intervinientes. Finalmente la sección IV desarrolla las principales conclusiones.

II. El marco normativo de TCA (*transaction cost analysis*) y RO (*real options*)

El Análisis de los Costos de Transacción (TCA) se caracteriza por construir un marco normativo cuyo objetivo principal es el diseño de mecanismos eficientes aplicables a transacciones (Williamson, 1983 y 1985). Las transacciones económicas tienen costos asociados producto de negociar, formalizar e inducir el cumplimiento de los acuerdos y los contratos son una herramienta que brinda protección contra las contingencias mencionadas. Las principales fuentes de riesgo que dan origen a costos de transacción son:

- *Racionalidad limitada*: se supone que los agentes tienen capacidad limitada para obtener y procesar información, restringiendo sus habilidades para la toma de decisiones individuales.
- *Incertidumbre general del sistema*: ocasionada principalmente por el comportamiento intencionado de los agentes, se ve acentuada por el contexto de negocios donde se desenvuelve la firma (la economía, el sector productivo de pertenencia, tecnología, etc), contribuyendo a generar mayor incertidumbre a la toma de decisiones.
- *Especificidad de las transacciones*: los activos financieros líquidos como los activos financieros y *commodities* proveen mecanismos eficientes para su adquisición o venta. El ejercicio de la opción de abandono es más costoso para activos altamente especializados de menor liquidez que demandan recaudos extras para una mayor protección.

De todas las fuentes de riesgo citadas, la existencia de inversiones en activos específicos y la persistencia de la incertidumbre quizá sean los factores más importantes. La primer fuente de riesgo surge a raíz del rango acotado de uso y consecuentemente su bajo valor de recupero. Además el valor actual de la corriente de beneficios netos generados por el activo puede ser objeto de apropiación de la contraparte (Kein, Crawford y Alchain, 1978). La incertidumbre proveniente del contexto nace de los eventos propios del mercado. Por ejemplo, en el trabajo se trata la relación de abastecimiento entre proveedor-cliente, la incertidumbre surge de la dificultad para predecir los volúmenes de mercaderías a ser demandadas al proveedor, debido a la volatilidad de mercado en el cual el cliente opera.

Cuando las relaciones surgen sin acuerdo previo TCA dispone a la integración vertical como la manera de minimizar los costos de transacción, brindando cobertura contra la incertidumbre. Permite evitar costos sustituyendo las fuerzas del mercado con acciones acordadas entre proveedor-comprador (Heide y Stump, 1995). Las ventajas de la integración vertical en TCA son válidas para contextos de negocios estables, donde no tienen demasiada incidencia la dinámica transaccional y las nuevas oportunidades de negocio (Rese y Roemer, 2004). Si estas condiciones de

estabilidad no se verifican entonces es necesario contemplar la flexibilidad estratégica.

Para su tratamiento deben ser reconocidas las opciones del contrato y los incentivos de los agentes a respetar (incumplir) el acuerdo contractual. Las opciones surgen de la dinámica del ambiente de negocios de la firma, amplificando las ganancias o estableciendo un piso a las pérdidas (Dixit y Pindyck, 1994). El marco teórico en el cuál las opciones reales (RO) son analizadas nace con el modelo de valoración para opciones europeas conocido como Black-Scholes y el posterior aporte de Merton (Black y Scholes, 1973; Merton, 1973). Los modelos en tiempo continuo mayoritariamente reconocen su campo de aplicación en la valoración de opciones financieras (Wilmott, 2009). La valuación de la flexibilidad estratégica ha quedado reservada preferentemente para los modelos planteados en tiempo discreto (Trigeorgis, 1997; Amram y Kulatilaka, 1998; Mun, 2004), los cuales son variantes del clásico modelo binomial (Cox, Ross y Rubinstein, 1979). El uso de estos modelos permiten a las firmas potenciar ganancias y limitar pérdidas, añadiendo valor estratégico a sus negocios (Smit y Trigeorgis, 2004).

Los enfoques TCA y RO presentan similitudes que a continuación son resumidas. Ambos consideran la toma de decisiones secuenciales en condiciones de incertidumbre (Williamson, 1985; Trigeorgis y Mason, 1987) y la irreversibilidad e especificidad de las inversiones (Dixit y Pindyck, 1994; Smith, 2005). Pero difieren en los supuestos respecto de la racionalidad de los agentes y el tratamiento de la incertidumbre: RO supone agentes con racionalidad ilimitada, completa capacidad para administrar y procesar información, TCA supone racionalidad limitada del agente. En este último caso, los contratos son incompletos, ya que todos los futuros estados de la naturaleza no pueden ser proyectados y consiguientemente incorporados en la formalización de los acuerdos. Pero esta importante diferencia permite complementar ambos enfoques. Por un lado TCA se concentra en el diseño de contratos como instrumento de protección frente a la incertidumbre originada por la inesperada conducta de los agentes, provocando reducciones de flexibilidad. Por el otro lado RO provee cobertura sobre la incertidumbre del ambiente de negocios, propiciando la detección y cuantificación de alternativas estratégicas para incrementar al valor de las in-

versiones. El enfoque propuesto en el trabajo combina las ventajas de TCA y RO indicadas precedentemente.

III. Opciones Reales y Teoría de Juegos: análisis de un caso numérico en un contrato de provisión

Los aspectos señalados serán incorporados mediante un modelo en donde se valore y formalize la relación costo-beneficio entre acuerdos y flexibilidad estratégica de la empresa, atendiendo a los riesgos derivados de la especificidad de la inversión, variabilidad el contexto y comportamiento de los agentes. Se toma como caso de estudio un contrato de provisión de insumos en donde el valor intrínseco para las partes surge de comparar beneficios y costos de derivados de protección de activos (TCA) versus la pérdida de flexibilidad estratégica (RO). Más precisamente se comparará el valor actual del contrato actual versus la opciones de intercambio generando una relación contractual de provisión hacia un potencial cliente.

En el presente trabajo se combina la Teoría de Opciones Reales, Teoría de Juegos y Teoría de los Costos de diseño del contrato, requiere de proyectar el comportamiento estocástico de las variables de riesgo (cantidades a ser demandadas por el cliente) y definir valores acordados (precio de venta y penalidades por incumplimiento). La incertidumbre del contexto se modelará con el enfoque binomial, debido a que las transacciones entre partes toman lugar de manera discreta en el tiempo. Los riesgos derivados de las conductas inesperadas de las partes será contenido mediante incentivos. Para ello, los valores acordado entre las partes, respecto de precios y penalidades por incumplimiento, son determinados en el marco de la Teoría de Juegos mediante equilibrios de Nashs suponiendo información completa y perfecta.

El análisis se divide en tres casos:

- Caso **A** considera la relación entre las partes en un ambiente tecnológico estable, analizando el valor del contrato y la penalidad por incumplimiento. La incertidumbre de la demanda se proyecta con un modelo binomial.
 - Caso **B** incorpora la opción de intercambio hacia un potencial cliente, desechando eventualmente el contrato vigente. El equilibrio en-
-

tre costos y beneficios se analiza a partir del valor intrínseco del contrato vigente y el valor de la opción de intercambio (nuevo contrato).

- Caso C flexibiliza las condiciones contractuales para determinar: a) El mínimo precio que se debe acordar con el nuevo cliente considerando los costos de la opción de intercambio; b) Las proporciones óptimas si se decide abastecer a los dos clientes, suponiendo capacidad de planta fija y precios pactados.

III.1. Caso A: Acuerdo de provisión y ambiente tecnológico estable

Se presenta un caso hipotético sobre un contrato entre el sujeto P (proveedor) y C (cliente) de provisión para la elaboración de un insumo a medida requerido directamente en el proceso productivo de C . Para la elaboración del mismo se requiere de una tecnología específica a ser adquirida por P . Para ello se debe realizar una inversión fija (I) de \$1.430 en el momento t_0 que devengará los beneficios esperados producto de la relación contractual desde el momento t_1 en adelante. Conforme fue indicado, los activos fijos necesarios para elaborar el insumo se caracterizan por su alta especificidad y poca flexibilidad estratégica. Esta última particularidad se ve reflejada en su irreversibilidad; debido a la imposibilidad de diferir la inversión (opción de diferimiento) y un escaso valor de recuperio (opción de venta). Se acuerdan realizar transacciones por un plazo de tres años estableciendo un precio fijo durante toda la vigencia del contrato, no sujeto a renegociación. El precio acordado en el contrato (p_c) se establece en \$11 por unidad en el instante t_0 . Los costos operativos para la elaboración del bien (co) ascienden a \$2,75. Consecuentemente el flujo de fondos neto por unidad ($FFL=p_c-co$) para P es de \$8,25. Por el lado de C el valor económico o intrínseco del producto (v_c) es de \$12,7. La evolución de las unidades demandadas del insumo por C es incierta y condicionada por la evolución de las ventas del producto final elaborado por el adquirente. Se supone que el proceso estocástico al que se ajusta es el binomial, en donde se proyectan dos estados: en buenas condiciones la demanda tiene un factor de crecimiento $u=1,2$ y en malas condiciones el factor de decrecimiento $d=0,833$. Finalmente el tipo de interés sin riesgo (r) de la economía es del 8% por

periodo. Con estos datos se está en condiciones de valorar el contrato para las partes intervinientes, los posibles incentivos de incumplimiento y el valor de las multas que deben aplicarse.

A continuación se expone el cálculo de los coeficientes neutrales al riesgo (Cox, Ross y Rubinstein, 1979),

$$p = \frac{(1+r)-d}{u-d} \quad (1)$$

El valor de la probabilidad neutral al riesgo de éxito (buenas condiciones) es de $p=0,6727$ y su complemento (malas condiciones) es de $(1-p)=0,3272$. Las cantidades iniciales solicitadas por C son de $q_{c,0}=90$, y la evolución de la demanda está sujeta al proceso estocástico descrito por la siguiente rejilla binomial:

Tabla Nro. 1: Rejilla binomial de cantidades demandas por C

t_0	t_1	t_2	t_3
90	108	130	156
-	75	90	108
-	-	63	75
-	-	-	52

Fuente: elaboración propia.

Los beneficios derivados de la alternativa estratégica de celebrar un contrato de suministro deben ser comparados con la situación opuesta. Para ello supóngase que las partes acuerdan un precio inicial pero sin validez para los periodos siguientes y ninguna conoce cuál será su futuro poder de negociación. El precio inicial es \$11 por unidad y en los tres periodos sucesivos cada uno tratará de apropiarse de los beneficios excedentes de la contraparte, sobre la base de su poder de negociación. En el instante t_0 la preocupación de P reside en que C es el único cliente del producto, por lo tanto el último tratará de apropiarse del valor actual de los beneficios esperados de P y negociará un precio $p_c=co_c$. Por otro lado el temor de C reside en la condición monopolista de P, el último podría aprovecharse

de tal condición e incrementar el precio hasta $p_c=v_c$. Finalmente si las partes no tienen clientes o proveedores alternativos, están en una situación monopólica bilateral. En este caso P y C acuerdan compartir el beneficio excedente en partes iguales siendo un equilibrio de Nash producto del regateo. En los periodos sucesivos las partes pueden observar las siguientes conductas: acordar y mantener ($p_c=\$11$) o apropiarse del beneficio de la otra parte. Ambos seleccionan apropiarse del valor actual del beneficio esperado correspondiente a la contraparte, incentivados por la mayor desutilidad esperada de pérdidas frente a las utilidades de las ganancias (Kahneman y Tversky, 1979; Shefrin, 2010). En este caso dos elementos incentivan el comportamiento precedente: *a*) el temor a quedar a merced de la contraparte al no tener carteras diversificadas de proveedores-clientes sumado a la especificidad de los activos fijos; *b*) la naturaleza en la conducta de los agentes económicos donde se prefiere más a menos riqueza. En la Tabla Nro. 2 son expuestas las estrategias de las partes, de acuerdo a los flujos de fondos recibidos por las partes.

Tabla Nro. 2: Flujos de fondos estrategias acuerdan-no acuerdan precio P y C

P\C	Acuerdan	No acuerdan
Acuerdan	$\max(v-p;0)$ \$ 1,7	$\max(v-c,0)$ \$ 9,95
	$\max(p-c;0)$ \$ 8,25	$\max(c-v,0)$ \$ -
No acuerdan	$\max(p-v;0)$ \$ -	$\max(v-c/2,0)$ \$ 4,97
	$\max(v-c;0)$ \$ 9,95	$\max(v-c/2,0)$ \$ 4,97

Fuente elaboración propia.

El juego de la tabla indica que ambas partes deciden la estrategia de apropiarse porque esa es la solución de equilibrio de Nash. La estrategia seleccionada por los agentes explica la solución de equilibrio para precios

en los periodos de aprovisionamiento. El comprador y vendedor se apartan del precio inicial ($p=\$11$) negociando a $\$7,72$. El valor para la mercancía surge de sumar (P) o restar (C) al precio sin acuerdo, la fracción del valor actual del beneficio esperado por el agente. La Tabla Nro. 3 expone tal situación.

Tabla Nro. 3: Precios estrategias acuerdan-no acuerdan precio P y C

P\C	Acuerdan	No acuerdan
Acuerdan	p \$ 11,00	$p=c_0$ \$ 2,75
	p \$ 11,00	<i>sin precio</i> \$ -
No acuerdan	<i>sin precio</i> \$ -	$p=(c+(v-c)/2)$ \$ 7,72
	$p=v$ \$ 12,7	$p=(v-(v-c)/2)$ \$ 7,72

Fuente elaboración propia.

Sin acuerdo alguno, el flujo de fondos esperado por el proveedor sujeto a la demanda proyectada por su cliente, se explica con la siguiente ecuación:

$$VAN(P_0) = -I + \sum_{t=0}^n \left[\frac{n!}{t!(n-t)!} p^t (1-p)^{n-t} (u^t, d^{n-t} FFL_{t,i}) \right] \times (1+r)^{-t} \quad (2)$$

El valor actual neto para el proveedor es:

$$\begin{aligned} VAN(P_0) &= -1430 + [0,67^1 \times 537,3 + 0,32^1 \times 373,1] \times (1+0,08)^{-1} + \\ & [0,67^2 \times 644,76 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 447,7 + 0,32^2 \times 310,9] \times (1+0,08)^{-2} + \\ & [0,67^3 \times 773,7 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 537,3 + 3 \times 0,67 \times 0,32^2 \times 373,1 + \\ & 0,32^3 \times 259,1] \times (1+0,08)^{-3} = -\$86,75 \end{aligned}$$

Ante el resultado obtenido, P se abstendrá de suministrar el insumo al comprador ya que no recupera la inversión realizada en los activos fijos específicos. Celebrar el acuerdo sobre el precio por tres periodos implica introducir incentivos para que los agentes no se aparten del comporta-

miento, redundando en una protección para las partes. Para que ello ocurra en el diseño del acuerdo se deben establecer penalidades por incumplimiento (M_p , M_c). Estas sirven como instrumentos para incentivar a las partes a tomar la estrategia de acuerdo (Tabla Nro. 2) y respetar el precio originalmente pactado de $p_c = \$11$. El valor de las penalidades para P y C se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones 3 y 4, cuyo valor representa el costo de la opción de incumplir el contrato y apropiarse del beneficio de la contraparte (Tabla Nro. 1, estrategias acordar-apropiar).

$$VAN(M_p) > \sum_{t=0}^n \left[\frac{n!}{t!(n-t)!} p^t (1-p)^{n-t} \times \left(u^t, d^{n-t} \max \left\{ (v-p)q_t, \frac{1}{2}(v-c) \right\} q_t \right) \right] \times (1+r)^{-t} \quad (3)$$

$$VAN(M_c) > \sum_{t=0}^n \left[\frac{n!}{t!(n-t)!} p^t (1-p)^{n-t} \times \left(u^t, d^{n-t} \max \left\{ (p-c)q_t, \frac{1}{2}(v-c) \right\} q_t \right) \right] \times (1+r)^{-t} \quad (4)$$

El valor de la penalidad para P (ecuación 3) es:

$$\begin{aligned} VAN(M_p) > & [0,67^1 \times 537,3 + 0,32^1 \times 373,1] \times (1+0,08)^{-1} + \\ & [0,67^2 \times 644,76 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 447,7 + 0,32^2 \times 310,9] \times (1+0,08)^{-2} + \\ & [0,67^3 \times 773,7 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 537,3 + 3 \times 0,32^2 \times 0,67 \times 373,1 + \\ & 0,32^3 \times 259,1] \times (1+0,08)^{-3} = \$1343,25 \end{aligned}$$

El valor de la penalidad para C (ecuación 4) es:

$$\begin{aligned} VAN(M_c) > & [0,67^1 \times 891 + 0,32^1 \times 618,7] \times (1+0,08)^{-1} + \\ & [0,67^2 \times 1069,2 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 742,5 + 0,32^2 \times 515,6] \times (1+0,08)^{-2} + \\ & [0,67^3 \times 1283,04 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 891 + 3 \times 0,32^2 \times 0,67 \times 618,7 + \\ & 0,32^3 \times 429,6] \times (1+0,08)^{-3} = \$2227,5 \end{aligned}$$

Por lo tanto la estrategia de apropiarse, activa la cláusula donde se aplican multas de $M_p = \$1.344$, $M_c = \$2.230$. En el caso de P respetar el contrato (estrategia de acuerdo); genera un valor intrínseco (ecuación 1) de:

$$\begin{aligned} VAN(P_0) = & -1430 + [0,67^1 \times 891 + 0,32^1 \times 618,7] \times (1 + 0,08)^{-1} + \\ & [0,67^2 \times 1069,2 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 742,5 + 0,32^2 \times 515,6] \times (1 + 0,08)^{-2} + \\ & [0,67^3 \times 1283,04 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 891 + 3 \times 0,32^2 \times 0,67 \times 618,7 + \\ & 0,32^3 \times 429,6] \times (1 + 0,08)^{-3} = \$797,5 \end{aligned}$$

Además de la ventaja económica explícita ($VAN(P_0) = \$797,5$), el contrato brinda previsibilidad a la conducta de las partes y protege a P de los riesgos derivados de la especificidad de la inversión.

En el caso de C el valor actual de los flujos de fondos sin acuerdo (ecuación 1) ascienden a $\$2.686,5$.²

$$\begin{aligned} VAN(C_{0,s/c}) = & [0,67^1 \times 1075 + 0,32^1 \times 746] \times (1 + 0,08)^{-1} + \\ & [0,67^2 \times 1290 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 896 + 0,32^2 \times 622] \times (1 + 0,08)^{-2} + \\ & [0,67^3 \times 1547 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 1075 + 3 \times 0,32^2 \times 0,67 \times 746 + \\ & 0,32^3 \times 518] \times (1 + 0,08)^{-3} = \$2686,5 \end{aligned}$$

De respetarse el acuerdo, el valor actual de los flujos de fondos que surge de la relación jurídica para C es de $\$459$.³ El incumplimiento devenga un valor actual de $\$456,5$, el neto entre el flujo con precio sin acuerdo menos el valor de la penalidad ($VAN(C_{0,s/c}) - M_c$, $\$2.686,5 - \2.230). En el caso contrario C obtendría un valor actual de $\$459$ (ecuación 1):

$$VAN(C_{0,c/c}) = \sum_{t=1}^3 \left[\frac{3!}{t!(3-t)!} 0,6727^t (0,3272)^{3-t} (1,2^t, 0,8^{3-t} \$1,7) \right] \times (1 + 0,08)^{-t} = \$459$$

2. De manera simétrica representa la pérdida para el vendedor en caso de que C siga la estrategia de apropiación. El valor obtenido surge de multiplicar las unidades adquiridas (vendidas) por C (P) por el beneficio (pérdida) unitario en situación de apropiación que es de $\$9,95$ (ver Tabla 1).

3. Simétricamente el vendedor; $VAN(P_0) + I = 797,5 + 1.430$ o el $VAN(C_0)$ con flujo de fondo por unidad de $\$8,75$, dando un $VAN(C_0) = \$2.227,5$. La diferencia entre acuerdo ($\$2.227,5$) menos no acuerdo ($\$2.686,5$) es el valor actual de $\$459$. También se puede obtener multiplicando las unidades adquiridas por C por el beneficio neto unitario ($p-v$; $\$1,7$).

En la Tabla Nro. 4 se exponen los resultados obtenidos a partir de valorar las diferentes estrategias:

Tabla Nro. 4: Valor Actual Neto estrategias acuerdan-no acuerdan P y C

P\C	Acuerdan	No Acuerdan
Acuerdan	$\max(VAFF(v-c) - McVAFF(p-v); 0)$	$VAFF(C)(C n/a - Mc)$
	\$ 459,00	\$ 456,50
	$\max(VAFF(p-c), 0)$	$\max(VAFF(P) C apropiada; 0)$
	\$ 2.227,5	\$ -
No Acuerdan	$\max(VAFF(C)(P apropiada); 0)$	$VAFF(C)(C n/a)/2 - Mc$
	\$ -	\$ -886,75
	$VAFF(P)(P n/a - Mp)$	$VAFF(P)(P n/a)/2 - Mp$
	\$ 1.342,5	\$ -0,75

Fuente: elaboración propia.

La estrategia que mayor valor agrega a las partes es respetar el precio inicial acordado, inducida por las multas frente a incumplimiento dispuestas en el contrato. Los beneficios derivados del cumplimiento para P ($VAN(P_\theta) < M_p$) y C ($VAN(C_{o,s/c}) - M_c < VAN(C_{o,c/c})$) superan a la situación de un acuerdo de suministro flexible donde no exista multa por incumplimiento.

III.2. Caso B: Acuerdo de provisión y ambiente tecnológico dinámico

Supóngase que las condiciones del contexto son dinámicas con cambios tecnológicos y nuevos actores incorporándose en el mercado, en particular nuevos clientes en demanda de insumos para sus procesos. A partir del caso anterior P tiene la posibilidad de celebrar un contrato de suministro con un nuevo cliente, denominado Z . Existe una restricción dada por el límite en la capacidad de producción de la planta P , por lo que este debe decidir si respeta el acuerdo original con C o rescinde y comienza un nuevo acuerdo con Z .

La flexibilidad estratégica aludida representa una opción real de intercambio similar a una combinación de posiciones largas en opciones financieras europeas de compra-venta (*put-call*) o comúnmente conocida como *straddle*. En el caso de P existen dos alternativas: *a*) rescindir el acuerdo con C se asimila a una opción europea de venta (*put*); *b*) comenzar la nueva relación con la inversión incremental asociada a la nueva tecnología para producir el insumo a medida de Z se asemeja a una opción europea de compra (*call*). La fecha de ejercicio de las opciones es t_2 , ya que se supone ese es el instante del tiempo en el que finaliza el vínculo con C y comienza con Z en t_3 . La alta especificidad de la inversión torna a su valor residual nulo y como consecuencia de ello, el precio de ejercicio del *put*. Para concretar la nueva relación contractual P debe realizar una inversión marginal para satisfacer los requerimientos de Z de $I_z = \$300$ en t_2 . A partir de dicha fecha se prevé la generación de fondos en t_3 y t_4 producto del nuevo contrato, siendo las cantidades iniciales demandas por Z de 100 unidades. Las condiciones de incertidumbre representadas en el modelo binomial son similares al caso anterior; $u=1,2$; $d=0,833$; $r=0,08$; $p=0,6727$; $1-p=0,3272$. A continuación, en la Tabla Nro. 5, se presenta el proceso estocástico que siguen las unidades demandadas.

Tabla Nro. 5: Proceso binomial cantidades demandadas por Z

t_2	t_3	t_4
100	120	144
-	83	100
-	-	69

Fuente: elaboración propia.

El precio acordado es de $p_z = \$16$, el costo operativo $co_z = \$3$, el valor del producto para el cliente es de $v_z = \$20$ y el $FFL_z = \$13$. Igual que en el caso anterior la estrategia que siguen las partes es no acordar, el incentivo está dado por la multa ante el incumplimiento. Se presenta la solución de equilibrio entre P y Z para la fijación del precio y la determinación del valor de las multas M_p y M_z (ecuaciones 3 y 4).

Tabla Nro. 6: Flujos de fondos estrategias se acuerdan – no acuerdan precios P y Z

P\C	Acuerdan	No Acuerdan
Acuerdan	$\max(v-p;0)$ \$ 4,00	$\max(v-c,0)$ \$ 17,00
	$\max(p-v;0)$ \$ 13,00	$\max(c-v,0)$ \$ -
No acuerdan	$\max(p-v;0)$ \$ -	$\max(v-c/2,0)$ \$ 8,50
	$\max(v-c;0)$ \$ 17,00	$\max(v-c/2,0)$ \$ 8,50

Fuente: elaboración propia.

La multa frente al incumplimiento aplicable a P en t_2 (ecuación 3) es:

$$\begin{aligned} VAN(M_{p,t_2}) &> [0,67^1 \times 1020 + 0,32^1 \times 708,33] \times (1+0,08)^{-1} + \\ &[0,67^2 \times 1224 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 850 + 0,32^2 \times 590,27] \times (1+0,08)^{-2} = \$1700 \end{aligned}$$

La multa se fija en $M_p = \$1.750$, su valor actual (t_0) $M_p = 1.750 \times (1+0,08)^{-2} = \$1.500,34$. La multa que incentiva el cumplimiento del acuerdo aplicable a Z en t_2 (ecuación 4) es:

$$\begin{aligned} VAN(M_{z,t_2}) &> [0,67^1 \times 1560 + 0,32^1 \times 1083,33] \times (1+0,08)^{-1} + \\ &[0,67^2 \times 1872 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 1300 + 0,32^2 \times 902,72] \times (1+0,08)^{-2} = \$2600. \end{aligned}$$

La multa se fija en $M_z = \$2.650$, valor actual (t_0) $M_z = 2.600 \times (1+0,08)^{-2} = \$2.271,94$. Se está en condiciones de estimar el valor actual de los flujos de fondos para Z (ecuación 2):

$$\begin{aligned} VAN(Z_2) &= [0,67^1 \times 1049,45 + 0,32^1 \times 354,54] \times (1+0,08)^{-1} + \\ &[0,67^2 \times 847,19 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 574,42 + 0,32^2 \times 96,69] \times (1+0,08)^{-2} = \$2600 \end{aligned}$$

El valor actual (t_0) $M_z = 2.600 \times (1+0,08)^{-2} = \$2.229,08$. La multa supera el valor de los flujos de fondos de Z incentivando la conducta de mantener la estrategia de acuerdo de precios con el vendedor.

Por el lado de P el ejercicio de la opción de intercambio se hace efectivo

si el valor actual de los beneficios de esa estrategia es positivo. Para ello, el valor actual neto de la nueva estrategia (flujos de fondos del nuevo contrato menos inversión incremental) debe superar a la suma de los flujos de fondos esperados para el periodo t_3 y t_4 del contrato con C y la multa por cancelación de la relación contractual a favor de C. En la siguiente ecuación se sintetiza lo expuesto precedentemente:

$$V(P_{2, resc}) = \max\{-I_z + VAN(Z_2) - VAN(C_2) - M_p; 0\} \quad (5)$$

Consecuentemente, para P los flujos de fondos del nuevo contrato en t_2 ascienden a,

$$\begin{aligned} VAN(Z_2) &= -I_z + [0,67^1 \times 1049,45 + 0,32^1 \times 354,54] \times (1+0,08)^{-1} + \\ &[0,67^2 \times 847,19 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 574,42 + 0,32^2 \times 96,69] \times (1+0,08)^{-2} \\ &= -300 + 2600 = \$2300 \end{aligned}$$

El valor actual en t_0 es $VAN(Z_0) = 2.300 \times (1+0,08)^{-2} = \$1.971,87$. Los flujos de fondos que se pierden por rescindir el acuerdo con C, en t_2 se calculan considerando que el acuerdo de precios a $p_c=11$ expira en t_3 . En t_4 el precio cae a \$7,72 (Tabla Nro. 1). Para el cliente C los flujos de fondos correspondientes a los periodos 2 a 4 son los siguientes (ecuación 2):

$$\begin{aligned} VAN(C_2) &= [0,67^2 \times 1069,2 + 2 \times 0,67 \times 0,32 \times 742,5 + \\ &0,32^2 \times 515,6] \times (1+0,08)^{-2} + [0,67^3 \times 1283,04 + 3 \times 0,67^2 \times 0,32 \times 891 + \\ &3 \times 0,32^2 \times 0,67 \times 618,75 + 0,32^3 \times 429,6] \times (1+0,08)^{-3} + \\ &[0,67^4 \times 928,45 + 4 \times 0,67^4 \times 0,32 \times 644,76 + 2 \times 0,67^2 \times 0,32^2 \times 447,75 \\ &+ 0,32^4 \times 0,67 \times 310,93 + 0,32^4 \times 215,92] \times (1+0,08)^{-4} = \$2128,12 \end{aligned}$$

El valor actual en t_0 es $VAN(C_0) = 2.128,12 \times (1+0,08)^{-2} = \$1.824,5$. El valor actual de los flujos de fondos del nuevo contrato (\$1.971,87) es mayor a los flujos de fondos del antiguo (\$1.824,5). No obstante la penalidad M_p tiene un valor actual de \$1.344 (ecuación 4), por lo tanto el valor neto de la opción es igual a $V(P_{resc}) = \max\{\$1.971,87 - \$1.824,5 - \$1.344; 0\}$; por lo tanto no se debería rescindir el contrato con C.⁴

Queda demostrado cómo funciona el *trade-off* entre beneficios y costos

4. El valor intrínseco de la opción de intercambio es $V(P_{resc}) = \max\{-\$1.196,64; 0\}$.

derivados del acuerdo contractual y la flexibilidad estratégica de opciones. El contrato reduce la exposición al riesgo contra la especificidad en la inversión de activos pero reduce la flexibilidad de rescisión contractual y acordar con nuevo cliente. La penalidad pactada reduce completamente el valor estratégico de la opción de intercambio.

III.3. Caso C: Sensibilidad de las variables contractuales

Se analiza un tercer escenario para un nuevo diseño contractual donde P explora el valor de las opciones reales del contrato (intercambio-combinación). Para ello son sensibilizadas unitariamente diferentes variables presentadas en dos estrategias: *a*) ejercicio de la opción de intercambio en t_2 del cliente Z por C sensibilizando precios (p'_z), costos (co') y cantidades ($q'_{z\ t_2}$); *b*) opción de combinar proporciones óptimas para abastecer a Z y C en forma no exclusiva a partir de t_2 . Todas las estrategias se encuentran sujetas a restricciones como capacidad de planta instalada, multas establecidas, comportamiento estocástico y valor (v) asignado al insumo por Z .

a) Sensibilidad precio, costos y cantidades ((p'_z) , (co') y $(q'_{z\ t_2})$): El primer estudio es sobre el precio a pactar con el potencial cliente. Para ello se debe estimar el mínimo precio (p_z) a ser acordado por Z y P que compense los costos de la ecuación 5 (I_z ; $VAN(C_2)$, M_p), conforme se establece en la siguiente igualdad:

$$V(P_{2, resc}) = -I_z + VAN'(Z_2) - VAN(C_2) - M_p = 0 \quad (6)$$

A través de un proceso de iteración del precio se ajusta la variable flujo de fondos⁵ con el fin de obtener el valor que satisfaga la ecuación precedente. Retomando el ejemplo correspondiente al caso B el nuevo valor actual derivado del acuerdo con Z asciende a $VAN'(Z_2) = \$3.425,72$.⁶ Este resultado surge de proponer un precio de venta igual o mayor a $p'_z \geq \$22,97$, significativamente mayor al precio original ($p_z = \$16$). Con este precio si los costos operativos por unidad ($co = \$3$) se mantienen constantes, el valor de

5. La iteración se realizó empleando la función buscar objetivo del aplicativo Microsoft Excel®.

6. En t_0 la ecuación 6 se compone: $-257,20(I_z) + \$3.425,72(VAN'(Z_2)) - \$1.824,52(VAN(C_2)) - \$1.344(M_p) = 0$.

los nuevos beneficios netos es de $FFL'_z = \$19,97$. El escenario anterior favorable a P no lo es para Z , ya que el precio supera al valor que el cliente asigna a la mercancía ($p'_z > v_z > p_z$) circunstancia que impide arribar a un acuerdo por no devengar valor positivo para Z . Si el precio del acuerdo es una variable fuera de toda posible negociación, resta explorar las restantes variables que definen la relación económica P - Z : costos operativos (co) y cantidades iniciales de suministro suponiendo que el comportamiento estocástico de la demanda de Z , se mantiene según las condiciones definidas.⁷ Aplicando el mismo procedimiento, el proceso de iteración arroja valores no racionales desde el punto de vista económico para los costos, ($co' = -\$3,97$). Respecto de las cantidades iniciales estas deberían ser 154 unidades o más ($q'_{z,t_2} \geq 154$), representando un incremento del 54% sobre las cantidades originalmente demandadas.

b) Sensibilidad proporciones acordadas con clientes (W_c ; $1-W_c$): Otra alternativa a estudiar es mantener un acuerdo de provisión con ambos clientes (C y Z) de forma no exclusiva. Se supone que a partir del momento t_2 se aprovisiona a ambos, en el marco de una acción estratégica de P con el fin de diversificar el riesgo. Por lo tanto deben estimarse las proporciones W_c y $1-W_c$ que definen la mezcla óptima de clientes para P .

Tanto los precios pactados originalmente como la capacidad de producción e inversión marginal en t_2 son los mismos que el caso B: Precios: $p_c = \$11$ para t_1, t_2, t_3 ; en t_4 el precio es $co + (v_c - co)/2 = v_c - (v_c - co)/2 = \$7,72$. Para el cliente Z el precio asciende a $p_z = 16$ para t_3, t_4 . C cantidades: el proveedor produce a partir de t_2 sobre las cantidades demandas en su totalidad por Z ($q_{z,2} = 100$) con similar comportamiento estocástico. En cada nodo de la rejilla (Tabla Nro. 5) son estimadas las proporciones óptimas y en función a estas proporciones se ajusta:

- La inversión incremental requerida para elaborar el insumo demandado Z , considerando la proporción de unidades requeridas por este; $I_z \times (1-W_c) = I'_z$;

7. Cabe destacar que no son sensibilizadas las variables inversión incremental (I_z) y penalidad (M_p). La primera dado su carácter de condición tecnológica para elaborar el producto; la segunda por ser una variable del primer instrumento que define la relación entre P y C .

- El valor actual de los flujos de fondos derivados de la relación contractual con los clientes, $VAN''(C_2/Z_2)$. Para ello se pondera cada nodo (ecuación 2) por la participación entre C y Z desde t_2 a t_4 ; $VAN''(C_2/Z_2) = W_c \times V(P_{C_2}) + (1 - W_c) \times V(P_{Z_2})$;
- La proporción de flujos que se pierden $VAN'(C_2)$; $VAN(C_2) \times (1 - W_c) = VAN'(C_2)$;
- El valor de la penalidad proporcional para P por no abastecer en exclusividad a C; $M_p \times (1 - W_c) = M'_p$.

Con los datos anteriores surge la ecuación para estimar las proporciones que maximicen el valor actual para P, optimizando la relación entre cumplimiento del contrato original e incorporación de nuevo cliente, dada la restricción de capacidad de planta, precios acordados y costos;

$$V(P_2) = -I_z \times (1 - W_c) + VAN''\left(\frac{C_2}{Z_2}\right) - VAN'(C_2) - M_p \times W_c = 0 \quad (7)$$

Iterando en función a W_c se obtiene la mezcla que iguala el valor de la ecuación a cero. En este caso las proporciones que definen las unidades para abastecer en cada cliente son $W_c = 46,46\%$; $(1 - W_c) = 53,53\%$.⁸ A continuación, en la Tabla Nro. 7, se exponen los diferentes valores obtenidos sensibilizando las proporciones de la cartera de clientes para t_2 :

Tabla 7: Proporciones cartera de clientes C-Z y valor estrategias de acuerdo versus opciones de cambio

W	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
V(P)	-1.095,4	-795,3	-494,6	-194,8	106,9	406,6	706,3	1.007,2	1.307,5	1.607,9

Fuente: elaboración propia.

Conforme se puede apreciar el mayor valor se obtiene no incorporando a Z y respetando íntegramente las cláusulas contractuales con C, debido a la penalidad estipulada M_p . No obstante, en contextos donde se proyecten cambios en la tecnología y estructura de mercado, generando incertidum-

8. Los valores resultantes de la ecuación 7 en t_2 ; $-I'_z$ (\$160,59) + $VAN''(C_2/Z_2)$ (\$2139) - $VAN(C_2)$ (\$1139,22) - M'_p (\$839,18).

bres sobre cantidades, precios y renovaciones de acuerdos, la mezcla de cliente tiende a convertirse en una herramienta para morigerar el perfil del riesgo. Para ello debe cuantificarse la relación y equilibrio de los costos incrementales generados por penalidades ante el cumplimiento del contrato y el valor añadido por la flexibilidad estratégica ganada. En la Tabla Nro. 7 el balance se verifica para carteras de clientes C-Z en rangos de proporciones que van entre 50%-50% a 10%-90%.

IV. Conclusiones

Se propuso un marco unificado para el estudio y diseño de relaciones contractuales considerando los riesgos inherentes explicados por la TCA, pero agregando un análisis dinámico en la comprensión del problema y aporte de soluciones mediante el uso de los conceptos e instrumentos que proporciona RO y Teoría de Juegos.

TCA se concentra en el armado de las cláusulas contractuales tendientes a brindar cobertura a las partes frente a incertidumbres generadas por la especificidad de la inversión, dinámica de mercado y comportamiento de los agentes. El efecto colateral de la protección contractual redundante en una reducción de la flexibilidad estratégica en las relaciones económicas, y consecuentemente pérdida de la capacidad de capturar el valor añadido de las nuevas oportunidades de negocio.

En el otro extremo RO brinda un marco analítico de estudio sobre la incertidumbre en el ambiente de negocios, propiciando la detección y cuantificación de alternativas estratégicas cuyo efecto tiende a incrementar el valor de las inversiones. Explotar sin restricciones la flexibilidad estratégica aludida deja expuesto a riesgos de especificidad y conducta maliciosa de los agentes intervinientes en el contrato.

La Teoría de Juegos, complementando a TCA y RO sirve para describir, en juegos competitivos, las posibles acciones estratégicas de los agentes y como consecuencia de ello, definir los incentivos para sesgar la conducta de las partes a soluciones de equilibrio.

Combinando TCA, RO y Teoría de Juegos se construye un marco analítico para estudiar los beneficios y costos esperados al momento de diseñar relaciones jurídicas-económicas. El trabajo toma como caso de estudio un

contrato de suministro, donde inicialmente se analizan los beneficios y costos de las rígidas cláusulas contractuales de cobertura frente a riesgos de conducta, tecnológicos y de mercado. En el extremo opuesto se relaja la rigidez contractual y se cuantifican los beneficios y costos incrementales propios de la flexibilidad estratégica derivada de las cambiantes condiciones tecnológicas, de mercado y conductuales. Como resultado se ilustró la relación entre los beneficios generados por las cláusulas contractuales materializados en precios fijos y multas que, brindan previsibilidad a la relación oficiando de protección frente a los riesgos inherentes en inversiones específicas. Y por el otro lado los costos que se asumen al poner énfasis en la rigidez de las relaciones contractuales. Esta característica atenta contra el valor agregado por la flexibilidad estratégica de la firma frente a opciones de cambio de clientes (opción de venta-compra) o mezcla en su cartera comercial (opciones de intercambio).

Referencias

- Amram, M. y Kulatilaka, N. (1998). *Real Options*. 1 Ed. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Argyres, N. y Liebeskind, J. (1999). Contractual commitments, bargaining power and governance inseparability: Incorporating history into transaction cost theory. En *Academy of Management Review*, 24(1), pp. 49-63. Nueva York (USA): Academy of Management.
- Argyres, N. y Liebeskind, J. (2000). The role of prior commitment in governance choice. En Foss, N.V. (Ed.): *Competence, governance and entrepreneurship*, pp. 223-249. Oxford (UK): Oxford University Press.
- Barney, J. y Lee, W. (2000). Multiple considerations in making governance choices: Implications of transaction cost of economics, real option theory and knowledge-based theory of the firms. En *Competence, Governance and Entrepreneurship*, pp. 232-249. Oxford (UK): Oxford University Press.
- Cox, J., Ross, S. y Rubinstein, M. (1979). Option Pricing: A Simplified Approach. En *Journal of Financial Economics*, 7(3), pp. 229-263. Elsevier B.V.
- Dixit, A. y Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty*. 1 Ed. New Jersey (USA): Princeton University Press.
- Heide, J. y Stump, R. (1995). Performance implications of buyer-supplier relationship in industrial markets: a Transaction Cost Explanation. En *Journal of Business Research*, 32(1), pp. 57-66. Elsevier B.V.
- Kahneman, D. y Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. En *Econometrica*, 47(2), pp. 263-291. Malden (MA): John Wiley & Sons, Inc.
- Klein, B., Crawford, R. y Alchian, A. (1978). Vertical integration, appropriate rents and competitive contracting process. En *Law Economics*, 21(2), pp. 297-326. Chicago (USA): University of Chicago Press.
- Mun, J. (2004). *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decisions*. 1 Ed. Nueva York (USA): John Wiley & Sons, Inc.
- Rese, M. y Roemer, E. (2004). Managing commitments and flexibility by real options. En *Industrial Marketing Management*, 33(6), pp. 501-512. Elsevier B.V.
- Shefrin, H. (2010). *Behavioralizing Finance*. Virginia (USA): Santa Clara University.
- Smit, H. y Trigeorgis, L. (2004). *Strategic Investment: Real Options and Games*. 1 Ed. New Jersey (USA): Princeton University Press.
- Smith, J. (2005). Alternative Approach for Solving Real Options Problems. En *Decision Analysis*, 2(2), pp. 89-102. Catonsville (MD): INFORMS
- Trigeorgis, L. y Mason, S. (1987). Valuing Managerial Flexibility. En *Midland Corporate Finance Journal*, 5(primavera), pp. 14-21. Rochester (NY): Social Science Electronic Publishing, Inc.
- Trigeorgis, L. (1997). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations*. 2 ed. Cambridge (MA): MIT Press.
-

- Williamson, O. (1983). Credible commitments: Using hostages to support exchanges. En *American Economics Review*, 73(4), pp. 519-540. Pittsburgh (PA): American Economic Association.
- Williamson, O. (1985). *The economics institutions of capitalisms*. Nueva York (USA): The Free Press.
- Wilmott, P. (2009). *Frequently Asked Questions in Quantitative Finance*. 2 Ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons, Inc.
-