
RENTABILIDAD DE ESTUDIAR UNA CARRERA UNIVERSITARIA.

METODOLOGÍA BASADA EN OPCIONES REALES

Carlos A. Díaz-Contreras, Juan E. Cutipa-Rivera, Gabriela A. Díaz-Vidal y Jonathán E. Pereira-Navarro

RESUMEN

En este trabajo se propone una metodología general para calcular la rentabilidad de estudiar una carrera universitaria, desde el punto de vista del estudiante, basada en opciones reales compuestas y opciones reales de ampliación, que incorporan las flexibilidades que tiene el estudiante cada año de continuar estudiando al año siguiente hasta obtener su título profesional y alcanzar el grado de Magíster. Para ilustrar el modelo se utilizaron datos pro-

medios a nivel nacional, y cuando ellos no existían, solo a modo de ejemplo, se obtuvieron de la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Tarapacá, Chile. Los resultados muestran una enorme brecha entre la rentabilidad calculada con la metodología tradicional de flujos de cajas descontados y la rentabilidad considerando las distintas opciones reales, aunque, en este caso específico, la probabilidad de éxito es de sólo un 35%.

Introducción

En general, un proyecto comenzará a generar flujos de caja positivos luego de un par de años. Sin embargo, el análisis de rentabilidad de la inversión en educación, desde el punto de vista de un estudiante, difiere de la mayoría de los proyectos de inversión debido principalmente a: 1) que el proyecto se divide en una serie de etapas, cada una de las cuales requiere desembolsos sin generar ingresos antes de la titulación y/o graduación del estudiante, lo que puede tener lugar, a lo menos, en cinco o seis años en el futuro, dependiendo de la carrera de pregrado, y 2) la probabilidad de éxito que tiene un estudiante de finalizar sus estudios superiores.

El modelo tradicional de evaluación de inversiones en un proyecto utiliza métodos basados en flujos de cajas descontados para el cálculo del valor actual neto (VAN),

pero como plantea Trigeorgis (1993: 1) “Tanto los académicos como los profesionales ahora reconocen que las técnicas estándar de flujo de efectivo descontado, cuando se aplican de manera inadecuada, a menudo subestiman los proyectos con opciones operativas reales y otras interacciones estratégicas, llevando a que en la práctica, algunos gerentes corporativos anulen el análisis del VAN y usen la intuición y el juicio ejecutivo para valorar la flexibilidad gerencial futura”. En muchas situaciones, esa flexibilidad puede ser captada y evaluada correctamente mediante la metodología de opciones reales.

Valoraciones basadas en flujos de caja descontados y opciones reales

La valoración de una inversión basada en los flujos de cajas descontados considera un único escenario, considerando

que no se asumen decisiones estratégicas en el proyecto. Los tres principales límites de este método de valoración son: a) la determinación de la tasa de descuento adecuada al proyecto para que tenga presente la prima de riesgo más adecuada al nivel de incertidumbre del proyecto; b) en su cálculo, los flujos de cajas no consideran la flexibilidad de modificar decisiones si más adelante se cuenta con nueva información (decisiones que en la realidad sí se van a tomar al contar con más información; por ejemplo, si los resultados son mejores que los esperados, se podría tomar la decisión de ampliarse); c) es un método pasivo, ya que si el VAN resulta positivo se considera que debe de llevarse a cabo la decisión de invertir, sin tener en cuenta que otro tipo de decisiones como reducir o posponer puedan generar mejores resultados a futuro (Herath *et al.*, 2001). Además, al desechar un proyecto con

VAN negativo se podría estar renunciando a otros proyectos con VAN positivo pero que dependen del primero para su realización.

A partir del año 1977 apareció un nuevo concepto relacionado con los proyectos de inversiones: las ‘opciones reales’, término propuesto por Myers (1977) para referirse a la aplicación de la tradicional teoría de opciones financieras en la valoración de bienes no financieros. En una opción real el activo subyacente es un ‘activo real’, como por ejemplo, una maquinaria, una empresa, un bien raíz, un vehículo, un proyecto hidroeléctrico, etc.

La valoración de proyectos de inversión a través de las opciones reales se basa en que la decisión de invertir puede ser alterada fuertemente por: el grado de irreversibilidad, la incertidumbre asociada y el margen de maniobra del decisor (Mascareñas, 1999). El valor del proyecto

PALABRAS CLAVE / Flexibilidad / Modelo Binomial / Opciones Reales / Rentabilidad Carrera Universitaria / VAN Total /

Recibido: 13/11/2017. Modificado: 10/07/2018. Aceptado: 12/07/2018.

Carlos A. Díaz-Contreras: Doctor en Gestión de Empresas, Universidad de Deusto, España. Académico, Universidad de Tarapacá (UTA), Chile. Dirección: Escuela de Ingeniería

Industrial, Informática y Sistemas, UTA. Calle 18 de septiembre, N° 2222, Arica, Chile. e-mail: cdiazc@uta.cl
Juan E. Cutipa-Rivera. Magíster en Evaluación Integral de

Proyectos, Universidad de Tarapacá, Chile
Gabriela A. Díaz-Vidal. Magíster en Dirección y Gestión de Recursos Humanos, Universidad Arturo Prat, Chile. Do-

cente, Universidad Católica del Norte, Chile.
Jonathán E. Pereira-Navarro. Magíster en Evaluación Integral de Proyectos, Universidad de Tarapacá, Chile.

PROFITABILITY OF STUDYING A UNIVERSITY CAREER. A METHODOLOGY BASED ON REAL OPTIONS

Carlos A. Díaz-Contreras, Juan E. Cutipa-Rivera, Gabriela A. Díaz-Vidal and Jonathán E. Pereira-Navarro

SUMMARY

In this paper, we propose a general methodology to calculate the profitability of studying a university career, from the student's point of view, based on real composite options and real options for expansion, which incorporates the flexibility that the student has every year to continue studying the following year until obtaining his professional title and reaching the Masters degree. To illustrate the model, average data was

used at the national level, and when it did not exist, just as a mean of exemplify, it was obtained from the Industrial Civil Engineering program at Universidad de Tarapacá, Chile. The results show a large gap between the profitability calculated with the traditional methodology of discounted cash flows and the profitability considering the different real options, although in this specific case, the probability of success is only 35%.

RENTABILIDADE EM ESTUDAR UMA CARREIRA UNIVERSITÁRIA. METODOLOGIA BASEADA EM OPÇÕES REAIS

Carlos A. Díaz-Contreras, Juan E. Cutipa-Rivera, Gabriela A. Díaz-Vidal e Jonathán E. Pereira-Navarro

RESUMO

Neste trabalho se propõe uma metodologia geral para calcular a rentabilidade em estudar uma carreira universitária, do ponto de vista do estudante, baseada em opções reais compostas e opções reais de ampliação, que incorporam as flexibilidades que o estudante tem para que, a cada ano, possa continuar estudando para o ano seguinte até obter seu título profissional e alcançar o grau de Mestrado. Para ilustrar o modelo se utilizaram médias dos dados de nível na-

cional, e quando estes não existiam, somente como exemplo, foram obtidos da carreira de Engenharia Civil Industrial da Universidade de Tarapacá, Chile. Os resultados mostram uma enorme brecha entre a rentabilidade calculada com a metodologia tradicional de fluxos de caixas descontados e a rentabilidade considerando as distintas opções reais, mesmo que, neste caso específico, a probabilidade de sucesso é somente de 35%.

(VAN total) es la suma del valor actual del proyecto (VAN básico) más el potencial de todas las opciones que posee: $VAN_{total} = VAN_{básico} + Opciones$. Sin embargo, la valoración flexible de un proyecto en condiciones de incertidumbre no puede realizarse correctamente con las técnicas tradicionales de actualización de flujos de cajas descontados como el VAN, ya que estos métodos tienden a infravalorar las oportunidades y posibilidades ofrecidas por ciertas líneas de negocio (Abreu y Paredes, 2014). Pero los modelos de valoración basados en la teoría de opciones reales brindan las herramientas analíticas propias de un modelo dinámico de valoración, que engloba los diferentes escenarios proyectados (Silverio, 2014).

Calle y Tamayo (2009), clasifican las opciones reales en tres grupos:

Opción de alterar la escala de operación. Aquí se encuentran las opciones de expansión (expandir la producción de un proyecto si las condiciones son favorables); las opciones de

contracción (contraer la producción de un proyecto si las condiciones son desfavorables); y las opciones de cierre temporal (en ciertas circunstancias las empresas tienen la posibilidad de realizar un cierre temporal cuando los ingresos no son suficientes para cubrir los costos variables de operación y, cuando la situación sea más favorable, volver a comenzar la producción).

Opción de abandonar. Una vez que el proyecto deja de ser rentable, la empresa recortará sus pérdidas y ejercerá la opción de abandono del proyecto.

Opción de diferir o esperar. Proporciona a los inversionistas el derecho a posponer la ejecución durante un plazo de tiempo definido, esperando que algunas condiciones del mercado (normalmente, el precio del producto), cambien de manera favorable.

En el marco de la teoría de opciones, el valor de la flexibilidad futura es mayor en entornos más inciertos. Por ejemplo, una tasa de interés alta y una

fecha de puesta en marcha lejana en el tiempo (cuando es posible aplazar la inversión) no reducen necesariamente el valor de un proyecto de inversión. Incrementos en estas variables reducen el valor presente neto estático de un proyecto, pero pueden aumentar el valor de la opción del proyecto (Figura 1; Fernández y Contreras, 2004).

El principal aporte de la teoría de opciones reales, en este sentido, es incorporar la visión estratégica e introducir la convicción de que la incertidumbre crea oportunidades (Gua-jardo *et al.*, 2008). McDonald

(2006) señala que si bien la mayoría de los gerentes manifiestan no usar las opciones reales, las evidencias indican que al tomar decisiones de inversiones ellos mezclan cálculos formales con juicio subjetivo; por ejemplo, utilizando tasas de descuentos exageradamente más altas en la evaluación de proyectos provocan que se retrasen algunas inversiones importantes de una manera que puede ser óptima, dada la incertidumbre actual de los ingresos; y de manera similar, usan bajas tasas de descuentos cuando se evalúan inversiones que se consideran estratégicas.

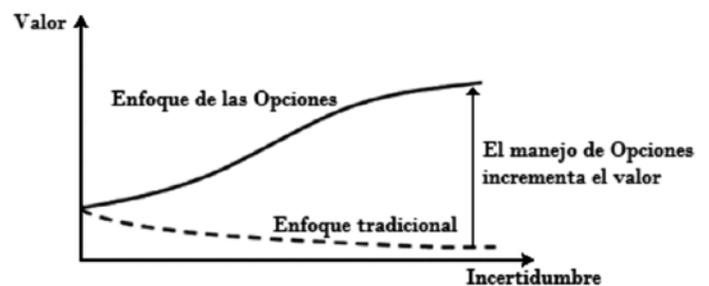


Figura 1. Enfoque de las opciones reales: la incertidumbre incrementa el valor. Fuente: Amram y Kulatilaka (2000).

Estos ajustes que los gerentes hacen al método de flujos de cajas descontados, por informales que sean, tienen en cuenta el valor de las opciones reales.

Metodología

Descripción

Para plantear y evaluar el proyecto se considerará una carrera de pregrado, Ingeniería Civil Industrial (ICI), con duración total de seis años (incluida la titulación), e inmediatamente, un programa de Magíster de continuidad de estudios, con duración de un año.

Opciones insertas

(a) *Serie de opciones reales compuestas*: Durante los primeros cinco años, el estudiante decide, al final de cada año (cada fase), seguir ampliando sus estudios con la intención de, luego de titularse, recibir mejores ingresos futuros, o bien, abandonar y tener ingresos promedios de individuos con estudios de nivel secundario. Por lo tanto, el proyecto está separado por fases, las cuales representan una cadena de opciones reales, donde el valor de cada una de ellas está en función de la siguiente, es decir, su valor descansará finalmente en el valor actual de los sueldos incrementales al final del proyecto. Estas opciones se comportan como una opción *call* europea que se podrán ejercer al final de cada año (Figura 2).

(b) *Opción real de ampliación*: Concluido sus estudios de pregrado, el ahora profesional, puede optar por continuar estudios de postgrado, y con ello, postergar por un año su entrada al mundo laboral.

Fuentes

Para el cálculo específico de los parámetros del modelo se utilizaron, en algunos casos, datos promedios del sistema universitario chileno, y en otros casos, datos de referencia de la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Tarapacá, interpretando que esta institución está en torno al promedio en varios rankings a nivel nacional (http://www.webometrics.info/es/latin_america_es/chile).

Ingresos

Para determinar los ingresos del ICI se utilizó información del Estudio de Sueldos de Ingenieros y Mercado Laboral 2015 (<http://conexioningenieros.com>). Se realizó una proyección a 35 años de los salarios mensuales, utilizando una regresión polinómica, la cual representó el mayor índice de correlación (Tabla I). En la Tabla II, Vargas (2000) presenta, en forma general, la trayectoria de los ingenieros industriales en la organización.

Para la estimación de los ingresos de un individuo sólo con educación secundaria, se

TABLA II
TRAYECTORIA
PROFESIONAL DE UN
INGENIERO INDUSTRIAL

Años en el puesto	Puesto
8	Supervisor
5	Supervisor general
1	Asistente de Gerencia
2	Gerente

Fuente: Vargas, 2000.

extrajeron datos de la Encuesta Suplementaria de Ingresos realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile, para los periodos 2010-2015 (http://www.inec.cl/canales/chile_estadistico/mercado_del_trabajo/nene/esi/resultados_historicos.php). Tales ingresos, ajustados por inflación a pesos de julio de 2015, se proyectaron a través de una regresión lineal, la cual presentó el mayor índice de correlación (Tabla III).

Los ingenieros civiles industriales con postgrado, según Conexión (2015), perciben un mayor sueldo que uno sin postgrado (Tabla IV). Relacionando las Tablas II y IV se calcularon los salarios mensuales promedios de un ICI

TABLA IV
% DE AUMENTO
DE SALARIO DE
INGENIEROS CON
POSTGRADOS, SEGÚN
NIVEL DE CARGO

Nivel de cargo	Magíster
Analista	20%
Jefe	17%
Subgerente	1%
Gerente	7%

Fuente: Estudio de Conexión Ingenieros, 2015.

TABLA V
SALARIOS MENSUALES
PROMEDIO DE ICI
CON POSTGRADO,
A NIVEL NACIONAL
(\$ 07/2015)

Años de Experiencia	Promedio
1	\$ 1.319.797
5	\$ 2.396.480
10	\$ 4.067.938
15	\$ 5.389.334
20	\$ 6.009.493
25	\$ 6.256.700
30	\$ 6.256.700
35	\$ 6.256.700

con postgrado, lo que se muestra en la Tabla V.

Inversiones

Las inversiones realizadas en cada una de las fases corresponden a los costos de arancel, matrícula, titulación y de oportunidad de cada una de éstas. El costo de oportunidad, en un caso, corresponde a los ingresos que los estudiantes dejan de percibir por estudiar la carrera de pregrado (el sueldo de un individuo con educación secundaria), y en el otro caso, corresponde a los que un profesional ICI deja de percibir por estar estudiando el postgrado.

Los costos de arancel, matrícula y titulación de la carrera fueron extraídos de la oferta académica publicada en SIES (2016), que cuenta con datos en el periodo correspondiente a los años 2010-2016, no obstante para los costos correspondientes para el año 2009, se realizó una regresión lineal para obtener los valores

TABLA I
SALARIOS MENSUALES
PROMEDIO, A NIVEL
NACIONAL
(\$ DE JULIO 2015)

Años de Experiencia	ICI
1	\$1.099.831
5	\$1.997.067
10	\$2.897.392
15	\$3.551.917
20	\$3.960.642
25	\$4.123.567
30	\$4.126.656
35	\$4.126.656

TABLA III
SALARIOS MENSUALES
PROMEDIO DE UN
INDIVIDUO CON
EDUCACIÓN SECUNDARIA
(\$ 07/2015).

Años de experiencia	Promedio
1	\$ 283.592
5	\$ 320.078
10	\$ 365.685
15	\$ 411.292
20	\$ 456.899
25	\$ 502.506
30	\$ 548.113
35	\$ 593.720

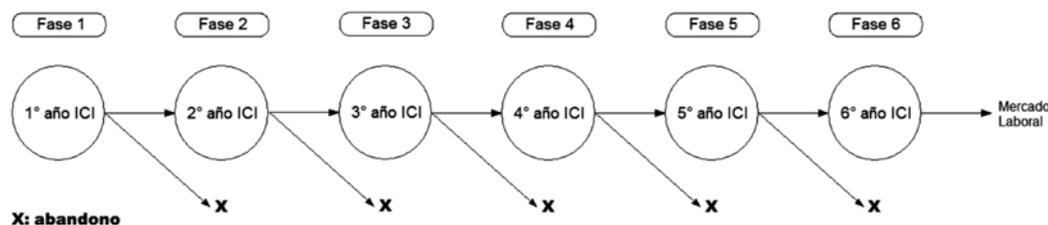


Figura 2. Modelo de opciones reales.

TABLA VI
RESUMEN DE COSTOS (\$ 07/2015)

Año	Arancel	Matrícula	Titulación	Costo de oportunidad	Total
Postgrado	3.964.181	212.634	300.598	13.197.972	17.675.385
6°	2.687.000	121.000	186.000	3.293.652	6.287.652
5°	2.432.000	115.000		3.184.200	5.731.200
4°	2.437.000	109.000		3.074.736	5.620.736
3°	2.350.000	105.000		2.965.284	5.420.284
2°	2.020.000	97.000		2.855.825	4.972.825
1°	1.960.400	92.000		2.746.368	4.798.768

aproximados. La Tabla VI muestra la inversión que incurren los estudiantes anualmente, las cuales corresponden a arancel, matrícula, titulación y costo de oportunidad.

Cálculo de las probabilidades de éxito para cada fase:

Las probabilidades de éxito en cada fase (Tabla VII) se obtuvieron de las tasas de retención anual (definida por el cociente entre el número de estudiantes que ingresan en un año determinado y el número de esos mismos estudiantes que se mantienen como estudiantes en la misma institución al año siguiente) y la tasa de titulación de la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Tarapacá. Para el postgrado, se consideró la tasa de obtención del grado académico de Magister.

Volatilidad

Arnold y Shockley (2001), calculan la volatilidad a partir del modelo de Black & Scholes:

$$d_2 = \sigma \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (1)$$

donde S: precio del activo subyacente en el momento actual, K: precio de ejercicio del activo subyacente, r: tasa de interés anual libre de riesgo, T: tiempo hasta el vencimiento, σ : volatilidad anual, y d_2 : valor de la abscisa en una distribución normal estandarizada.

Pero en su cálculo hacen uso de la tasa de descuento real con riesgo y no la tasa libre de

riesgo¹. Se utilizó la probabilidad de éxito que tiene un estudiante de pasar de un año al siguiente (tasa de retención y tasa de titulación) como $N(d_2)$, es decir, la probabilidad acumulada hasta el índice d_2 de la distribución normal estandarizada.

Costo de capital

Se calculó en base al *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*, cuyos parámetros son: Tasa libre de riesgo (Tabla VIII): 4,95% nominal; Rentabilidad esperada del mercado (Tabla IX): 11,28%. Con ello, la prima por riesgo para Chile es de 6,33%.

Para el cálculo del coeficiente beta, se utiliza la variación de los ingresos de individuos con educación superior vs variación del IGPA: $b=0,2089$ (Tabla X y Figura 3). Como esta metodología se utiliza para negocios diversificables (lo que no es posible para un profesional), Damodaran (2009), presenta

¹ Arnold and Shockley (2001) indican que en el modelo de Black-Scholes, $N(d_2)$ da la probabilidad de que la opción se ejerza bajo la medida de probabilidad neutral al riesgo. Pero, en la metodología de fijación de precios de opciones, es necesario un cambio de medida para superar la imposibilidad de conocer la tasa de rendimiento requerida sobre la opción. Al sustituir el término subjetivo $\mu-0,5\sigma^2$ en d_2 por el término $r-0,5\sigma^2$ en d_2 , se puede establecer la probabilidad de que la opción se ejerza realmente (es decir, la probabilidad, bajo la medida subjetiva del gestor que el valor final del subyacente excede el precio de ejercicio). Si μ es el rendimiento esperado (aritmético) del activo subyacente, entonces $\mu-0,5\sigma^2$ es el retorno Log (geométrico) esperado del activo.

una solución para negocios no diversificables: ajustar la beta calculada utilizando la correlación con el mercado. Con ello,

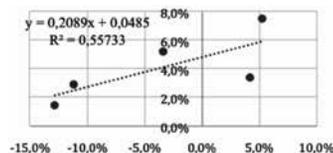


Figura 3. Variación de salarios en educación superior vs variación IGPA, 2011-2015.

TABLA VII
TASA DE RETENCIÓN POR AÑO (%)

1°	2°	3°	4°	5°	6°
79,86	66,11	77,26	91,95	95,25	98,55

Fuente: Departamento de Análisis, Estudios y Calidad, Universidad de Tarapacá.

TABLA VIII
TASA LIBRE DE RIESGO: BONOS LICITADOS POR EL BANCO CENTRAL DE CHILE EN PESOS

Periodo	Tasa libre de riesgo (%)
2011	5,73
2012	5,34
2013	5,19
2014	4,38
2015	4,14
Promedio	4,95

Fuente: Banco Central de Chile.

TABLA IX
VARIACIÓN ANUAL DEL ÍNDICE GENERAL DE PRECIOS DE ACCIONES (IGPA)

Periodo	Variación
2000	-10,96%
2001	12,30%
2002	-6,69%
2003	47,47%
2004	22,99%
2005	3,24%
2006	34,73%
2007	14,72%
2008	-18,65%
2009	48,99%
2010	38,71%
2011	-11,16%
2012	5,22%
2013	-12,86%
2014	4,20%
2015	-3,42%
2016 ¹	22,93%
Promedio	11,28%

¹ Hasta octubre de 2016.
Fuente: Bolsa de Comercio de Santiago de Chile.

TABLA X
DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE BETA

Variación	2011	2012	2013	2014	2015
IGPA	-11,2%	5,2%	-12,9%	4,2%	-3,4%
Salarios educ. superior	2,9%	7,5%	1,4%	3,4%	5,2%

se captura todo el riesgo de estar en un negocio en específico, no diversificado.

$$\text{Beta total} = \frac{\text{Beta}}{\text{Correlación con el mercado}} \quad (2)$$

Como $R^2=0,5573$ (Figura 3), y por ello $R=0,7465$, el coeficiente beta ajustado es $\beta_{\text{ajustado}} = \frac{0,2089}{0,7465} = 0,2798$; obteniéndose un costo de capital de 6,72% nominal.

Dado una tasa de inflación promedio anual (Tabla XI) de 3,26%, el costo de capital real queda en 3,35%.

Desarrollo y Aplicación del Modelo

Cálculo del VAN básico (proyecto sin opciones reales)

El valor actual esperado, al primer año de trabajo, de los ingresos incrementales de un Ingeniero Civil Industrial por sobre el de un individuo con educación secundaria es \$675.712.630 (Tabla XII), considerando un horizonte de 35 años. Una vez que se dispone del valor medio esperado al comienzo del periodo laboral, empieza la segunda etapa de la valoración. Ésta consiste en incluir las diversas fases por las que debe pasar el estudiante hasta convertirse en profesional, la probabilidad de pasar cada fase, y el dinero que es necesario invertir en cada una de ellas para continuar con el desarrollo de los estudios. En la Figura 4 se muestra un es-

TABLA XI
VARIACIÓN DEL
ÍNDICE DE PRECIOS
AL CONSUMIDOR (IPC)

Periodo	IPC
2010-2011	3,00%
2011-2012	4,40%
2012-2013	1,60%
2013-2014	2,90%
2014-2015	4,40%
Promedio	3,26%

Fuente: Servicio de Impuestos Internos.

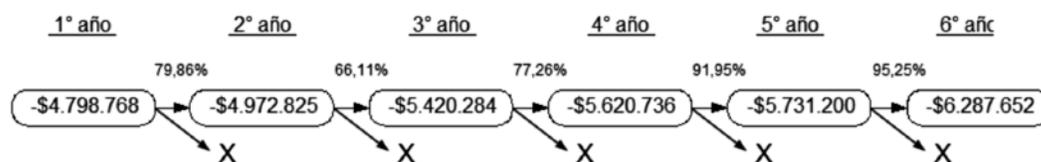
quema del proceso, que consiste en un árbol de decisión donde hay que calcular el VAN del proyecto utilizando las probabilidades asociadas y los

costos implicados en cada fase (Mascareñas, 2005).

En el 1º año se estima invertir \$4.798.768, con una duración de un año y con una probabilidad de éxito de 79,86% de terminar el 1º año y pasar la siguiente fase. Esta consiste en seguir al 2º año e invertir \$4.972.825 con una probabi-

lidad de pasar a la siguiente fase de 66,11%. El estudiante pasará a la fase 3º año, invirtiendo \$5.420.284, con una duración de un año, y teniendo una probabilidad de éxito de 77,26% de pasar al 4º año. Esta fase de duración de un año, requiere una inversión de \$5.620.736 y se estima una

probabilidad de un 91,95% de pasar a la siguiente. En el 5º año, la duración es de un año, con una inversión de \$5.731.200 y una probabilidad de éxito de 95,25%. Luego, en el 6º año, la inversión es de \$6.287.652, con duración igual a 1 año y una probabilidad de éxito del 98,56%, obteniéndose



X: abandono

Figura 4. Árbol de decisión del modelo.

TABLA XII
INGRESOS INCREMENTALES ENTRE UN I.C.I Y UN TRABAJADOR
UNICAMENTE CON EDUCACIÓN SECUNDARIA

Edad (años)	Estudios: Ingeniero Civil Industrial		Estudios: 4º medio		Diferencia entre Ingresos anuales esperados de un I.C.I. y un trabajador con sólo 4º medio	Valor actual esperado al inicio del primer año de trabajo del I.C.I.
	Años experiencia (al inicio de cada año)	Ingresos anuales esperados	Años experiencia (al inicio de cada año)	Ingresos anuales esperados		
19	—	—	1	2.746.368		
20	—	—	2	2.855.820		
21	—	—	3	2.965.284		
22	—	—	4	3.074.736		
23	—	—	5	3.184.200		
24	—	—	6	3.293.652		
25	1	13.197.972	7	3.403.109	9.794.863	9.794.863
26	2	16.066.656	8	3.512.566	12.554.090	12.147.161
27	3	18.817.356	9	3.622.022	15.195.334	14.226.212
28	4	21.450.072	10	3.731.479	17.718.593	16.050.841
29	5	23.964.804	11	3.840.936	20.123.868	17.638.820
30	6	26.361.552	12	3.950.393	22.411.159	19.006.927
31	7	28.640.316	13	4.059.850	24.580.466	20.170.991
32	8	30.801.096	14	4.169.306	26.631.790	21.145.939
33	9	32.843.892	15	4.278.763	28.565.129	21.945.847
34	10	34.768.704	16	4.388.220	30.380.484	22.583.974
35	11	36.575.532	17	4.497.677	32.077.855	23.072.811
36	12	38.264.376	18	4.607.134	33.657.242	23.424.118
37	13	39.835.236	19	4.716.590	35.118.646	23.648.957
38	14	41.288.112	20	4.826.047	36.462.065	23.757.733
39	15	42.623.004	21	4.935.504	37.687.500	23.760.228
40	16	43.839.912	22	5.044.961	38.794.951	23.665.626
41	17	44.938.836	23	5.154.418	39.784.418	23.482.553
42	18	45.919.776	24	5.263.874	40.655.902	23.219.102
43	19	46.782.732	25	5.373.331	41.409.401	22.882.859
44	20	47.527.704	26	5.482.788	42.044.916	22.480.934
45	21	48.154.692	27	5.592.245	42.562.447	22.019.983
46	22	48.663.696	28	5.701.702	42.961.994	21.506.232
47	23	49.054.716	29	5.811.158	43.243.558	20.945.505
48	24	49.327.752	30	5.920.615	43.407.137	20.343.238
49	25	49.482.804	31	6.030.072	43.452.732	19.704.506
50	26	49.519.872	32	6.139.529	43.380.343	19.034.039
51	27	49.519.872	33	6.248.986	43.270.886	18.370.598
52	28	49.519.872	34	6.358.442	43.161.430	17.730.167
53	29	49.519.872	35	6.467.899	43.051.973	17.111.953
54	30	49.519.872	36	6.577.356	42.942.516	16.515.189
55	31	49.519.872	37	6.686.813	42.833.059	15.939.132
56	32	49.519.872	38	6.796.270	42.723.602	15.383.068
57	33	49.519.872	39	6.905.726	42.614.146	14.846.306
58	34	49.519.872	40	7.015.183	42.504.689	14.328.178
59	35	49.519.872	41	7.124.640	42.395.232	13.828.041

675.712.630

el título profesional al final de este año (Tabla XIII).

El VAN básico es \$178.033.180. Este valor representa la rentabilidad incremental de estudiar la carrera de Ingeniería Industrial respecto a quedarse solamente con estudios de educación secundaria. La probabilidad de éxito acumulado es de ~35,2%; es decir, solo uno de cada tres estudiantes completaría el proceso total planteado en este estudio.

Cálculo de las opciones en pregrado

La metodología tradicional, que en este caso fue mediante un árbol de decisión, no tiene en cuenta la posibilidad de detener el proceso incluso cuando se ha superado una fase cualquiera. Por ejemplo, si al terminar con éxito una de las fases, el estudiante piensa que si llega a la titulación, no va a generar ingresos mayores que los generados por un no profesional, entonces para qué seguir invirtiendo dinero. Esta forma de pensar reduciría costos posteriores minimizando lo totalmente gastado hasta ese instante. ¡Ésta es la forma de pensar de la metodología de opciones reales! (adaptado de Mascareñas, 2005).

Se considerará el proyecto como una serie de opciones reales compuestas. La Figura 5 muestra el modelo a utilizar. Para el cálculo de cada una de las opciones se utilizará el

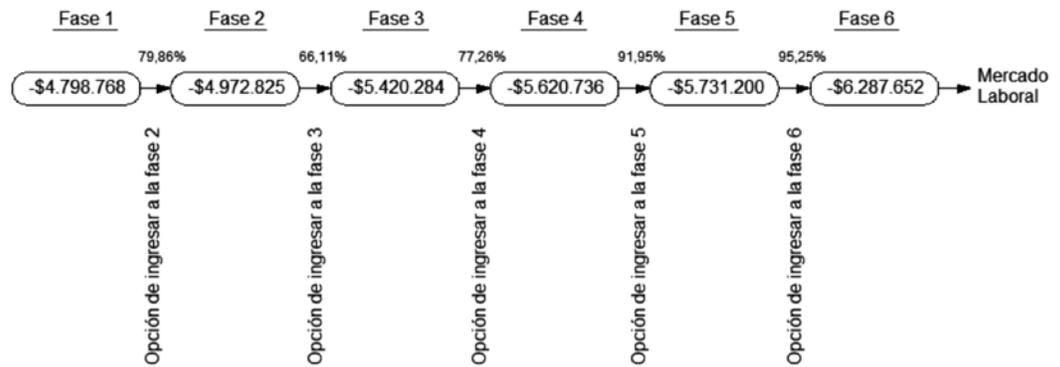


Figura 5. Modelo de opciones reales para Ingeniería Civil Industrial.

modelo binomial de Cox, Ross and Rubinstein (1979), suponiendo que los precios se distribuyen según una normal logarítmica.

Valor del proyecto al inicio de la fase 5 (Año 5):

La fase 5 implica una inversión de \$5.731.200. Esta concede el derecho a desembolsar \$6.287.652 al final de la fase (precio de ejercicio de la opción) y hacerse del valor presente de la diferencia de ingresos entre un ICI y un trabajador solo con educación secundaria (Tabla XII): $\frac{675.712.630}{(1,0335)} =$

\$653.809.995. De la Ec. 1 se obtiene la volatilidad anual: 1,8151.

Por lo tanto, las cinco variables son: Precio *spot*: $St = 653.809.995$; Precio de ejercicio: $K = 6.287.652$; Volatilidad anual: $\sigma = 1,8151$; Periodo: $T = 1$;

Tasa de interés libre de riesgo: $r = 0,0164$; Subperiodos: $n = 40$.

Con ello, Coeficiente de aumento: $\mu = 1,332414$; Coeficiente de disminución: $d = 0,750517$; Probabilidad de aumento: $p = 0,429440$; Probabilidad de disminución: $(1-p) = 0,570560$.

En esta fase, el valor del proyecto es de \$616.972.505 (Tablas XIV y XV), que al restarle la inversión requerida se obtiene un VAN total \$611.241.305. Dado que el VAN es positivo, implica que la fase se llevará a cabo.

De la misma manera se va calculando el valor del proyecto al inicio de las restantes fases. A continuación, se muestran solo los resultados.

Valor del proyecto al inicio de la fase 4

Esta fase contempla una inversión \$5.620.736 que proporciona el derecho a pasar a la fase siguiente pagando \$5.731.200 y obtener el valor presente del valor del proyecto: $\frac{616.972.505}{(1,0335)} = \$596.973.880$. Para

la fase la volatilidad anual es 1,9634.

En esta fase, el valor del proyecto es \$543.924.765, que al restarle la inversión requerida se obtiene un VAN total de \$538.304.029. Dado que el VAN es positivo, implica que la fase se llevará a cabo.

Valor del proyecto al inicio de la fase 3

Esta fase contempla una inversión \$5.420.284, que propor-

ciona el derecho a pasar a la fase siguiente pagando \$5.620.736 y obtener el valor presente del valor del proyecto: $\frac{543.924.765}{(1,0335)} = \$526.293.919$. Para la fase la volatilidad anual es 2,3678.

En esta fase, el valor del proyecto es \$402.900.319, que al restarle la inversión requerida se obtiene un VAN total de \$397.480.035. Dado que el VAN es positivo, implica que la fase se llevará a cabo.

Valor del proyecto al inicio de la fase 2

Esta fase contempla una inversión \$4.972.825, que proporciona el derecho a pasar a la fase siguiente pagando \$5.420.284 y obtener el valor presente del valor del proyecto: $\frac{402.900.319}{(1,0335)} = \$389.840.657$. Para la fase la volatilidad anual es 2,5495.

En esta fase, el valor del proyecto es \$254.980.587, que al restarle la inversión requerida se obtiene un VAN total de \$250.007.762. Dado que el VAN es positivo, implica que la fase se llevará a cabo.

Valor del proyecto al inicio de la fase 1

Esta fase contempla una inversión \$4.798.768, que proporciona el derecho a pasar a la fase siguiente pagando \$4.972.825 y obtener el valor presente del valor del proyecto: $\frac{254.980.587}{(1,0335)} = \$246.715.614$. Para

TABLA XIII
CÁLCULO DEL VAN BÁSICO
(AÑO DE ESCOLARIDAD)

Al inicio del 6° año:	$\frac{675.712.630(0,9855)}{1,0335} - 6.287.652 = 638.042.098$
Al inicio del 5° año:	$\frac{638.042.098(0,9525)}{1,0335} - 5.731.200 = 582.304.696$
Al inicio del 4° año:	$\frac{582.304.696(0,9195)}{1,0335} - 5.620.736 = 512.452.963$
Al inicio del 3° año:	$\frac{512.452.963(0,7726)}{1,0335} - 5.420.284 = 377.667.437$
Al inicio del 2° año:	$\frac{377.667.437(0,6611)}{1,0335} - 4.972.825 = 236.610.090$
Al inicio del 1° año:	$\frac{236.610.090(0,7986)}{1,0335} = 4.798.768 = 178.033.180$

la fase la volatilidad anual es 2,0918.

En esta fase, el valor del proyecto es \$193.545.924, que al restarle la inversión requerida se obtiene un VAN total de \$188.747.156. Dado que el VAN es positivo, implica que la fase se llevará a cabo.

Resultados

Analizando los resultados obtenidos mediante la metodología tradicional y la valoración del proyecto mediante el uso de opciones reales compuestas, se obtuvo:

$$VAN_{total} = VAN_{básico} +$$

Valor opciones

$$188.747.156 = 178.033.180 +$$

Valor opciones

$$\text{Valor opciones} = 10.713.976$$

Cálculo de las opciones en postgrado

Al concluir su pregrado (final de 6° año) el profesional tiene la opción de continuar por un año más un programa intensivo de postgrado, lo que le permitiría en el periodo de un año obtener el grado de Magister.

Al inicio del 7° año tiene la opción de invertir \$17.675.385 y obtener el valor presente de los ingresos incrementales entre un profesional ICI con postgrado y sin postgrado (opción de ampliación):

De la Tabla XVI el valor de continuar estudios, al comienzo del año 7 es: $\frac{298.595.398}{1,0335} = \$288.916.689$. Para

valorar la opción, los parámetros son:

- Precio spot:

$$S_t = \frac{288.916.689}{(1,0335)^7} = 229.403.089$$

- Precio de ejercicio: K=17.675.385

- Periodo: T= 7 años

- Subperiodos: Seis por año (bimestre), con ello, n=42

- Volatilidad anual: 0,3915

- Tasa de interés libre de riesgo: r= 0,0164

Con ello, el valor de la call de continuar estudios de postgrado

TABLA XIV
DESPLIEGUE DEL ÁRBOL DE PRECIOS

0	1	2	...	38	39	40
653.809.995	871.145.743 490.695.745	1.160.726.986 653.809.995 368.275.671	...	35.624.071.233.301 20.066.194.821.824 11.302.811.854.110	47.466.019.526.854 26.736.483.570.469 15.060.027.380.419	63.244.399.972.388 35.624.071.233.301 20.066.194.821.824
				11.999	15.988 9.006	21.303 11.999 6.759

TABLA XV
CÁLCULO DEL VALOR DEL PROYECTO

0	1	2	...	38	39	40
Probabilidad K						0,9525
616.972.505	823.938.719 461.636.585	1.099.735.482 616.944.153 345.071.462	...	33.931.931.884.276 19.113.050.226.952 10.765.925.485.649	45.211.384.287.288 25.466.498.373.913 14.344.672.210.988	60.240.284.984.711 33.931.921.860.730 19.113.044.578.799
				0	0 0	0 0

TABLA XVI
INGRESOS INCREMENTALES ENTRE UN I.C.I CON MAGÍSTER Y SIN MAGÍSTER

Edad (años)	Estudios: Ingeniero Civil Industrial		Estudios: I.C.I. con Magíster		Diferencia entre Ingresos anuales esperados de un I.C.I. con Magíster y sin Magíster	Valor actual de las diferencias de ingresos
	Años experiencia (al inicio de cada año)	Ingresos anuales esperados	Años experiencia (al inicio de cada año)	Ingresos anuales esperados		
25	1	13.197.972	-	-		
26	2	16.066.656	1	15.837.566	-229.090	-229.090
27	3	18.817.356	2	19.279.987	462.631	447.635
28	4	21.450.072	3	22.580.827	1.130.755	1.058.638
29	5	23.964.804	4	25.740.086	1.775.282	1.608.185
30	6	26.361.552	5	28.757.765	2.396.213	2.100.310
31	7	28.640.316	6	31.633.862	2.993.546	2.538.830
32	8	30.801.096	7	34.368.379	3.567.283	2.927.350
33	9	32.843.892	8	36.961.315	4.117.423	3.269.280
34	10	34.768.704	9	46.112.824	11.344.120	8.715.393
35	11	36.575.532	10	48.815.260	12.239.728	9.098.660
36	12	38.264.376	11	51.352.047	13.087.671	9.413.639
37	13	39.835.236	12	53.723.184	13.887.948	9.665.466
38	14	41.288.112	13	55.928.671	14.640.559	9.858.978
39	15	42.623.004	14	58.548.194	15.925.190	10.376.440
40	16	43.839.912	15	64.672.003	20.832.091	13.133.671
41	17	44.938.836	16	66.518.421	21.579.585	13.163.940
42	18	45.919.776	17	68.185.822	22.266.046	13.142.422
43	19	46.782.732	18	69.674.205	22.891.473	13.073.611
44	20	47.527.704	19	70.983.570	23.455.866	12.961.725
45	21	48.154.692	20	72.113.918	23.959.226	12.810.723
46	22	48.663.696	21	73.065.249	24.401.553	12.624.316
47	23	49.054.716	22	73.837.562	24.782.846	12.405.980
48	24	49.327.752	23	74.430.858	25.103.106	12.158.973
49	25	49.482.804	24	74.845.136	25.362.332	11.886.339
50	26	49.519.872	25	75.080.397	25.560.525	11.590.929
51	27	49.519.872	26	75.080.397	25.560.525	11.215.219
52	28	49.519.872	27	75.080.397	25.560.525	10.851.687
53	29	49.519.872	28	75.080.397	25.560.525	10.499.939
54	30	49.519.872	29	75.080.397	25.560.525	10.159.593
55	31	49.519.872	30	75.080.397	25.560.525	9.830.279
56	32	49.519.872	31	75.080.397	25.560.525	9.511.639
57	33	49.519.872	32	75.080.397	25.560.525	9.203.327
58	34	49.519.872	33	75.080.397	25.560.525	8.905.009
59	35	49.519.872	34	75.080.397	25.560.525	8.616.361
						298.595.398

es \$213.703.018. Por lo que el valor total del proyecto es:

$$\begin{aligned} \text{VAN}_{\text{total}} &= \text{VAN}_{\text{básico}} + \\ &\text{Valor opcional}_{\text{pregrado}} + \\ &\text{Valor opción}_{\text{postgrado}} \\ \text{VAN}_{\text{total}} &= 178.033.180 + \\ &10.713.976 + 213.703.018 \\ \text{VAN}_{\text{total}} &= 402.450.174 \end{aligned}$$

Discusión

Fernández (2008: 29) indica que “la valoración de una empresa o un proyecto que proporciona algún tipo de flexibilidad futura –opciones reales– no puede realizarse correctamente con las técnicas tradicionales de descuento de *cash flows* futuros. El empleo del VAN, sin tener en cuenta la posibilidad de no ejercer la opción, conduciría a resultados erróneos y decisiones equivocadas”.

Si bien, como plantean Gallardo y Andalaft (2008: 53), “el análisis de opciones reales no siempre es necesario, por ejemplo, cuando el proyecto posee un enorme valor (como en este caso) o el proyecto es tan malo, con lo que este enfoque no cambiará la decisión”, en este trabajo el objetivo fue proponer una metodología general que permitiese calcular la verdadera rentabilidad incremental esperada por seguir estudios universitarios en vez de quedarse sólo con estudios de educación secundaria. Los datos considerados a nivel nacional, y cuando ellos no existían, considerados a nivel de la carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Tarapacá, sólo se usaron como una manera de explicar la metodología propuesta, la que rápidamente se podría adaptar a una situación en particular.

Ya el VAN básico (\$178×10⁶) muestra la alta rentabilidad incremental de la inversión en capital humano mediante los estudios universitarios, aun ignorando las distintas opciones que tiene el estudiante.

Los dos tipos de opciones consideradas en este trabajo representan \$224×10⁶, aunque la relacionada con el pregrado sólo son \$10×10⁶, esto porque la alternativa de abandonar los estudios por motivos financieros es poco atractiva (equivale a una opción muy fuera del dinero); por el contrario, la opción de postgrado se encuentra muy dentro del dinero, siendo ésta muy valiosa (\$214×10⁶).

Se podrían considerar otras opciones, como por ejemplo, una salida intermedia (hay universidades que ofrecen la posibilidad de que el estudiante opte por una salida a Ingeniero de Ejecución Industrial); mejorar en el dominio de un segundo idioma (por ejemplo, la Universidad de Tarapacá tiene una academia de inglés, a la cual los estudiantes que lo necesitan pueden ingresar); estudios de postgrado que no sea de continuidad de estudios.

También sería posible considerar otros casos, como calcular la rentabilidad incremental esperada entre estudiar una carrera universitaria, o bien, continuar estudios técnicos.

Por otro lado, la rentabilidad marginal esperada, se incrementaría si se consideran las distintas alternativas de becas; y con mayor razón aún, como existe en algunos países y se está implementando parcialmente en Chile: la gratuidad de la educación superior.

Aunque no todos los estudiantes concluyen sus estudios universitarios en la cantidad de años que dura la carrera (se atrasan uno o dos años), su

impacto negativo en la rentabilidad marginal esperada se consideró despreciable, y por lo tanto, no fue modelada. Al trabajar con cifras promedio, tampoco se distinguió las diferencias de ingresos existentes entre hombres y mujeres.

REFERENCIAS

- Abreu A, Paredes D (2014) Utilidad de las opciones reales en la valoración de proyectos de inversión. *Visión Gerencial* 13(2): 175-188.
- Amram M, Kulatilaka N (2000) *Opciones Reales. Evaluación de Inversiones en un Mundo Incierto*. Gestión 200, Harvard Business School Press. Cambridge, MA, EEUU. 311 pp.
- Arnold T, Shockley R (2001) *Value creation at Anheuser-Busch: a real options example*. *J. Appl. Corp. Finance* 14(2): 52-61.
- Calle A, Tamayo V (2009) Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales* 25(111): 107-126.
- Conexión (2015) *Estudio de Sueldos de Ingenieros 2015 y Mercado Laboral*. Tercer estudio anual. Conexión, el sitio de los ingenieros. <http://www.exalumnos.usm.cl/wp-content/uploads/2015/04/Estudio-de-Sueldos-de-Ingenieros-2015.pdf>
- Cox J, Ross S, Rubinstein M (1979) *Option pricing: A simplified approach*. *J. Financ. Econ.* 7: 229-263.
- Damodaran A (2009) *Valuing Young, Start-Up and Growth Companies: Estimation Issues and Valuation Challenges*. Stern School of Business, NYU. New York. EEUU. 67 pp.
- Fernández P (2008) *Valoración de Opciones Reales: Dificultades, Problemas y Errores*. Centro Internacional de Investigación Financiera, Universidad de Navarra. España. 33 pp
- Fernández V, Contreras E (2004) Una nueva metodología para la evaluación de proyectos de inversión. *Trend Manag.* 6 (ed. esp.): 86-95.
- Gallardo M, Andalaft A (2008) Análisis de la incorporación de flexibilidad en la evaluación de proyectos de inversión utilizando opciones reales y descuento de flujos dinámico. *Horiz. Empres.* 7: 41-56.
- Guajardo M, Aguilera R, Andalaft A (2008) Evaluación socioeconómica de proyectos con el método de opciones reales. *Ing. Indust.* 7(2): 47-63.
- Herath H, Jahera J, Park CS (2001) Deciding which R&D project to fund. *Corp. Finance* 5(5): 33-45.
- Mascareñas J (1999) *Opciones Reales en la Valoración de Proyectos de Inversión*. Universidad Complutense de Madrid. España. 36 pp.
- Mascareñas J (2005) *La Valoración de un Proyecto Biotecnológico como una Opción Real Compuesta*. Universidad Complutense de Madrid. España. 22 pp.
- McDonald R (2006) The role of real options in capital budgeting: Theory and practice. *J. Appl. Corp. Finance* 18(2): 28-39.
- Myers S (1977) Determinants of corporate borrowing. *J. Financ. Econ.* 5: 147-155.
- SIES (2016) *Sistema de Información de Educación Superior*. Chile. http://www.mifuturo.cl/images/Base_datos/Oferata_academica/oa_2010_a_2016_actualizado_13_01_2016_mifuturo.cl_web.xlsx
- Silverio G (2014) Modelo binomial para la valoración de empresas y los efectos de la deuda: escudo fiscal y liquidación de la firma. *J. Econ. Finance Admin. Sci.* 19: 2-10.
- Trigeorgis L (1993) The Nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options. *J. Financ. Quant. Anal.* 28: 1-20.
- Vargas M (2000) Trayectoria profesional de los ingenieros en la industria maquiladora electrónica: el caso de Sanyo Video Components. *Rev. E- Inv. Educ.* 3(2). <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/22/1153>.