

UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA - MBA



Tesis de Maestría

**Un marco metodológico para evaluar proyectos de
Calidad de Datos usando Opciones Reales**

Alumna: Mónica Bobrowski

Tutora: Natalia Del Aguila

Junio de 2003

Abstract

A pesar de la importancia que las organizaciones otorgan a los datos que poseen, en la práctica se verifica que la calidad de éstos es baja, debilitando la situación de la empresa a la hora de tomar decisiones estratégicas u operativas, y castigando su imagen ante los clientes. Sin embargo, es difícil justificar la necesidad de inversión en proyectos que tengan como objetivo mejorar la calidad de los datos.

En este contexto, parece interesante usar una aproximación vía opciones reales ([BM01], [AK98]), para modelar la incertidumbre con respecto a la decisión posterior. Este modelo además permite capturar la esencia de la metodología NEAT ([BMY01]), que plantea la necesidad de un diagnóstico para luego, en base a su resultado, decidir la conveniencia o no de implementar una mejora correctiva en los datos y establecer también expectativas concretas de mejora. Este modelo permite evaluar también cuál es la inversión que una organización puede hacer en la mejora de sus datos, teniendo en cuenta la evolución del rendimiento de la inversión en calidad y las expectativas de beneficio futuras.

En este trabajo se presenta un marco metodológico para evaluar el beneficio de un proyecto de mejora de la calidad de los datos usando opciones reales y se valida la adecuación del modelo propuesto por medio de un caso de estudio

Agradecimientos

- A Natalia Del Aguila, por sus comentarios y su celeridad.
- A todos mis compañeros del MBA (especialmente a los que compartieron grupo conmigo) por soportarme un año y medio hablando de opciones.
- A Ernesto Kizskurno, el que más me tuvo que soportar de entre todos los anteriores.
- A Daniel Yankelevich (mi gurú) que siempre está dispuesto a escuchar, criticar, aportar, validar, en todas las nuevas "aventuras del conocimiento" que emprendo. Espero que pase lo mismo cuando me dedique a las humanidades.
- A Eduardo Schwartz, por la celeridad para responder mi e-mail y por el material que me envió.
- A Eduardo Levy Yeyati, que me enseñó el tema y soportó estoicamente mis infinitas preguntas.
- A Sabrina Vázquez Soler, por su colaboración para armar el caso de estudio.
- Y a los de siempre: Martina, Paula, Luis, Víctor, Ari, Dafi, Vale, Nico, mis viejos y los que siempre están.



Tabla de Contenidos

1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 CONTEXTO.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.3 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	7
2 CALIDAD DE DATOS	10
3 LA METODOLOGÍA NEAT PARA CALIDAD DE DATOS	13
4 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE IT	18
4.1 INTRODUCCIÓN.....	18
4.2 HACIENDO UN POCO DE HISTORIA	18
4.3 PROYECTOS DE CALIDAD	20
5 OPCIONES REALES	24
5.1 INTRODUCCIÓN.....	24
5.2 VALUACIÓN DE OPCIONES REALES.....	26
5.3 OPCIONES REALES EN PROYECTOS DE IT	29
5.4 LA OPCIÓN DE ESCALONAR.....	31
6 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CALIDAD DE DATOS USANDO OPCIONES REALES	32
6.1 INTRODUCCIÓN.....	32
6.2 POR QUÉ OPCIONES REALES?	33
6.3 CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS INTANGIBLES.....	34
6.4 MARCO METODOLÓGICO	35
6.5 UNA OPCIÓN REAL PARA UN PROYECTO DE DQ BASADO EN LA METODOLOGÍA NEAT	37



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

6.5.1	<i>Primer nivel</i>	39
6.5.2	<i>Segundo nivel</i>	40
6.6	MODELO DE VALUACIÓN DE OPCIONES.....	42
6.7	RESUMEN.....	44
7	CASO DE ESTUDIO	46
7.1	ESPECIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	46
7.2	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	47
7.2.1	<i>Primer nivel</i>	47
7.2.2	<i>Segundo nivel</i>	48
7.3	IMPLEMENTACIÓN.....	51
7.3.1	<i>Primer nivel</i>	51
7.3.2	<i>Segundo nivel</i>	51
7.4	ANÁLISIS	54
7.5	CONCLUSIONES	55
8	CONCLUSIONES	56
9	TRABAJOS FUTUROS	58
10	REFERENCIAS	59
11	APÉNDICE I: DETALLE DE LOS CÁLCULOS	61
12	APÉNDICE II: CALIDAD EN SOFTWARE	63
13	APÉNDICE III: OPCIONES	66
13.1	MODELOS DE VALUACIÓN DE OPCIONES	69
14	APÉNDICE IV: GLOSARIO	72



1 INTRODUCCIÓN

*Errors using inadequate data are much less than those using no data at all.
Babbage, Charles*

1.1 Contexto

Las organizaciones están tomando conciencia del valor de la información, la cual puede ayudarles a mejorar su trabajo, tomar decisiones e incrementar los beneficios económicos. Poseer la información precisa en el momento oportuno puede llevar a obtener grandes beneficios. Es un hecho que las decisiones no son mejores que la información en la que se basan, por lo que es de suma importancia contar con datos confiables, de calidad, a la hora de tomar decisiones ([RED96]).

El punto más importante, en lo que hace a la calidad de datos, no es asegurar que ésta sea perfecta, sino que sea lo suficientemente precisa, lo suficientemente puntual y consistente para que la organización sobreviva y tome las decisiones correctas.

La calidad de los datos está en estrecha relación con los procesos que los generan o que los modifican y de su resultado, pero sin embargo, son conceptos diferentes. Contar con procesos de calidad no garantiza contar luego con datos de calidad. Definir, medir, analizar y mejorar continuamente la información es esencial para asegurar la calidad de la misma ([BMY98]).

Es importante, aunque a veces resulte difícil, determinar el nivel esperado de la calidad de los datos. El término calidad, y por lo tanto su nivel esperado, es subjetivo y tendrá distintas interpretaciones dependiendo del contexto particular en el cual se trabaje. La calidad de datos será una composición de distintas propiedades, que en ese contexto particular, sean deseables de los datos. A estas propiedades se les da el nombre de atributos o dimensiones de calidad. Es ampliamente reconocido que la mejor forma de describir o analizar los datos es a través de dimensiones o atributos ([WW96], [TB98]).

En estudios realizados recientemente, la mejora de la calidad de los datos aparece como primera prioridad tecnológica para las empresas después de aquellas relacionadas con Y2K. Esta acción apunta a una corrección de los datos existentes más que a un estudio de los niveles de calidad de los mismos en los años venideros ([PAU00]).



El paradigma de la prevención requiere que las organizaciones no piensen tanto en el pasado sino en el futuro. Este concepto no es exclusivo del manejo de los datos, aplicándose también a los sistemas informáticos que los manipulan también. Prevenir puede resultar más costoso inicialmente, pero reduce los costos del mantenimiento de la calidad, e incrementa la confianza en la información que se posee. Las mejoras correctivas, si no son acompañadas de búsqueda y eliminación de las causas de los errores, se transforman en permanentes, incrementando los costos que debe afrontar la organización y, eventualmente, impidiéndole utilizar sus repositorios de datos como fuente de diferenciación. En este contexto, la metodología NEAT ([BMY01]) propone un enfoque que combina la corrección con la prevención, para incrementar la calidad de los datos puntualmente e impedir que ésta se deteriore con el correr del tiempo.

A pesar de la importancia que las organizaciones otorgan a los datos que poseen, en la práctica se verifica que la calidad de éstos es baja, debilitando la situación de la empresa a la hora de tomar decisiones estratégicas u operativas, y castigando su imagen ante los clientes. Sin embargo, es difícil justificar la necesidad de inversión en proyectos que tengan como objetivo mejorar la calidad de los datos. Qué podemos obtener al mejorar la calidad de los datos? Más ventas? Mejor relación con los clientes? Mejor control de gestión? Menos errores?

Debemos hacer notar aquí que este problema lo enfrentan en general quienes intentan justificar una inversión preventiva en calidad. Si bien clientes y usuarios reclaman cuando encuentran errores en las aplicaciones, o cuando los datos no responden a la realidad, requiriendo soluciones inmediatas, es otra la visión gerencial cuando de aplicar medidas preventivas se trata. La ausencia de métricas adecuadas contribuye a empeorar la situación. No hay estudios serios sobre los beneficios económicos de invertir en pruebas de programas previas a su lanzamiento; no hay registro sistemático de costos de reparación de errores pos producción, y cuántos se podrían haber evitado invirtiendo en calidad; no hay medida del impacto de los malos datos en las decisiones tomadas, ni cuánto podrían haber mejorado de contar con buena información; etc. Sin embargo, en los últimos tiempos algunos casos notorios de fracasos informáticos debidos a los problemas antes mencionados han comenzado a ocupar secciones importantes de los diarios. Estamos entonces ante un problema que empieza a tener alta visibilidad pero frente al cual las organizaciones aún no están convencidas de la conveniencia de atacarlo con anticipación.

Cómo hacer, entonces, para justificar el abordaje preventivo de estas cuestiones? La primera aproximación sería intentar hacer un análisis de factibilidad clásico, utilizando las técnicas habituales: VPN, IR, TIR. Sin



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

embargo, existen muchas limitaciones al aplicarlas al análisis de proyectos de inversión en calidad y, en particular, de calidad de datos: los beneficios de este tipo de proyectos suelen ser difíciles de cuantificar económicamente, básicamente porque no son directos: tienen que ver con las posibilidades que abren. O sea, si no tengo buenos datos, no puedo pensar siquiera en hacer una campaña de marketing directo (van a volver todos los sobres rebotados); o decidir dónde perforar un pozo petrolero; o hacer un presupuesto para el año entrante. Además, parte del impacto económico pasa por un ahorro de costos de "problemas evitados". Eso no se puede medir con el IR.

En este contexto, parece interesante usar una aproximación vía opciones reales ([BM01], [AK98]), para modelar la incertidumbre con respecto a la decisión posterior. Este modelo además permite capturar la esencia de la metodología NEAT, que plantea la necesidad de un diagnóstico para luego, en base a su resultado, decidir la conveniencia o no de implementar una mejora correctiva en los datos y establecer también expectativas concretas de mejora. Este modelo nos permitiría evaluar también cuál es la inversión que una organización puede hacer en la mejora de sus datos, teniendo en cuenta la evolución del rendimiento de la inversión en calidad y las expectativas de beneficio futuras.

Existen antecedentes del uso del modelo de opciones reales para evaluar distintos proyectos de ingeniería del software ([BS01], [SCJS99]). Sin embargo, su uso para evaluar los beneficios de invertido en calidad no ha sido explorado. Creemos que este modelo ofrece un interesante potencial digno de ser explorado.

1.2 Objetivos

Si bien los conceptos a desarrollar en el presente trabajo se aplican a la justificación de la inversión en calidad de software en todos sus aspectos (programas, procesos, datos), hemos decidido concentrarnos en la inversión en calidad de datos, para poder ofrecer un marco concreto de evaluación utilizando la metodología NEAT. Por lo tanto, los objetivos del presente trabajo son:

- Definir un marco metodológico para evaluar el beneficio de un proyecto de mejora de la calidad de los datos usando opciones reales.
- Validar la adecuación del modelo propuesto por medio de un caso de estudio

1.3 Organización del trabajo

El trabajo comienza con una primera parte conteniendo el análisis de los antecedentes existentes:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

En la sección 2 se presentan las definiciones básicas de calidad de datos.

En la sección 3 se describe la metodología NEAT ([BMY01]) para la evaluación de la calidad de los datos, que será utilizada como base para la propuesta del trabajo.

El capítulo 4 presenta el estado del arte en la evaluación económica de proyectos de IT, que históricamente se ha concentrado más en la estimación de costos que en el análisis de los beneficios. Aquí se ve también cómo el análisis costo/beneficio de los proyectos de inversión en calidad del software (en cualquiera de sus aspectos) ha sido subestimado en el desarrollo de la ingeniería del software.

Esta primera parte del trabajo concluye con el capítulo 5, que presenta un panorama sobre las definiciones y usos de opciones reales para la evaluación de proyectos, poniendo énfasis en los antecedentes existentes en la evaluación de proyectos de IT.

La segunda parte del trabajo presenta la propuesta concreta de esta tesis:

El capítulo 6 describe el marco metodológico para la utilización de opciones reales en el tipo de proyectos que se quiere evaluar. Se analizan las limitaciones de los enfoques tradicionales y se presentan las consideraciones principales para tener en cuenta a la hora de aplicar la metodología

El capítulo 7 presenta un ejemplo concreto de aplicación del área del oil&gas. Aquí se aplica la metodología paso a paso, identificando fortalezas y debilidades.

Finalmente, las secciones 8 y 9 extraen los principales resultados del trabajo y las puertas de estudio y análisis que se abren a partir de él.

Una serie de apéndices complementan la información brindada a lo largo del documento, y resultan útiles para el lector no versado en alguno de los temas:

El [Apéndice I: Detalle de los Cálculos](#) presenta el detalle de los cálculos realizados para el segundo nivel de análisis del caso de estudio.

El [Apéndice II: Calidad en Software](#) presenta las definiciones básicas de calidad en ingeniería del software y sus diferentes dimensiones, y sirve como marco para las definiciones de calidad de datos como un aspecto de la calidad de los sistemas informáticos.

El [Apéndice III: Opciones](#) presenta las definiciones básicas de opciones en sus aplicaciones al mercado financiero y sirven como base para la comprensión del modelo de opciones reales.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Finalmente, el [Apéndice IV: Glosario](#) presenta algunos de los términos técnicos utilizados a lo largo del trabajo.



2 CALIDAD DE DATOS

Un hombre con un reloj sabe qué hora es; un hombre con dos relojes nunca está seguro
Mark Twain

Hace treinta años, las organizaciones no consideraban al software como un valor, como un activo. Existía acuerdo sobre la importancia de los sistemas, sobre su valor virtual. Sin embargo, no eran considerados un bien, una posesión. En esos días, el valor del software se definía por su costo. Hoy en día el software es parte del balance de una organización, contribuye a definir su valor y, para casi todo proyecto de software (desarrollo, compra, implantación), se calcula el IR.

Los datos están lentamente siguiendo el mismo camino. De hecho, la gente hoy en día habla del "valor de la información". Las organizaciones quieren poseer información. Los gerentes saben que contar con la información apropiada en el momento adecuado les puede permitir obtener grandes beneficios. Más aún, las organizaciones cuentan con información que les puede permitir mejorar su trabajo, tomar decisiones e incrementar sus ganancias. Estos datos usualmente se almacenan en grandes repositorios que se acceden vía aplicaciones de software. Sin embargo, no es suficiente contar con buenos sistemas; una organización necesita buenos datos para alcanzar sus objetivos.

Pero, cómo puede una organización saber que tiene la información apropiada en el momento adecuado? Cómo puede una organización evaluar su información? Este es un tema de *calidad de datos (data quality, dq)*. De hecho, la calidad de la información es crítica cuando se intenta determinar su utilidad. Cuando no hay un nivel apropiado de calidad, la información no es utilizada o conduce a decisiones incorrectas, e incluso pérdidas. Como es sabido, "las decisiones no son mejores que los datos en los que se basan" [Red96]. Pero, qué quiere decir calidad de la información?

Recientemente los investigadores han estado estudiando los problemas de calidad de datos desde la perspectiva de los procesos de generación de datos [SLW97, SLW97, WW96]. Se han identificado problemas en los datos y se los ha tratado de asociar con problemas en los procesos que llevan a esos datos. La idea subyacente es que mejorar el proceso va a permitir mejorar los datos. En [Red96], Redman ofrece una profunda introducción a los temas de DQ. Ahí señala varios aspectos de la calidad de los datos: definición, gestión, políticas, experiencias, requerimientos, métricas, etc. Si bien su enfoque difiere del que utilizaremos en este trabajo (es principalmente estadístico), su libro presenta ejemplos claros, motivación, definiciones e ideas útiles.

Los problemas de calidad de datos son ampliamente conocidos por los practicantes. De hecho, gran cantidad de fallas de software no se deben a



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

la baja calidad de los sistemas, sino a inconsistencias y otros problemas en los datos. La calidad de los datos tiene un enorme impacto sobre la utilidad y la calidad general de los sistemas de software. Es decir, la idea es que la calidad de los datos está en estrecha relación con la calidad de los procesos y de los productos de software, pero que al mismo tiempo son conceptos y problemas diferentes, y por lo tanto deben ser atacados en forma distinta.

Contar con procesos de calidad no garantiza datos de calidad. Lo mismo aplica para el caso de productos de software de calidad. Por ejemplo, un sistema informático sin errores pero que no valida sus inputs seguramente generará problemas sobre la calidad de los datos manipulados. Además, es altamente probable que recién en el momento en que los datos deban ser utilizados se detecten los problemas de calidad, y peor aún, se ejecuten acciones indebidas como consecuencia del uso de información errónea.

La calidad de los datos puede calificarse en términos de distintas propiedades a considerar en un determinado contexto. A estas propiedades se les da el nombre de *atributos*, *dimensiones* o simplemente *calidades*.

La siguiente tabla presenta algunos atributos pasibles de ser estudiados, junto con sus objetivos y su interpretación en el marco del modelo de datos y de los datos propiamente dichos (instancia de datos):



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Atributo	OBJETIVO	SIGNIFICADO CON RESPECTO AL MODELO DE DATOS	Significado con respecto a la instancia de datos
<i>Compleitud</i>	Representar <i>todos</i> los hechos del mundo real.	Están presentes todos los atributos necesarios para representar todos los hechos del mundo real.	Están presentes todos los valores necesarios para representar todos los hechos del mundo real.
<i>Relevancia</i>	Tener una representación <i>relevante</i> del mundo real.	No existen atributos irrelevantes en la representación del mundo real.	No existen datos irrelevantes almacenados en la representación del mundo real.
<i>Confiabilidad</i>	Contar con información <i>confiable</i> .	N/A.	Los datos almacenados pueden considerarse como información verdadera.
<i>Consistencia</i>	Que no haya <i>contradicciones</i> .	No hay contradicciones en el modelo.	No hay contradicciones entre los datos almacenados.
<i>Correctitud</i>	Representar <i>correctamente</i> el mundo real.	El modelo representa correctamente el mundo real.	Cada conjunto de datos almacenados representa correctamente una situación del mundo real.
<i>Vigencia</i>	Mantener la información <i>actualizada</i> .	El modelo está actualizado.	Los datos almacenados son vigentes (se mantienen actualizados y con la frecuencia necesaria).
<i>Precisión</i>	Representar la información con la <i>precisión</i> requerida.	El modelo permite representar los datos con la precisión requerida.	Los datos se almacenan con la precisión requerida para que estén caracterizados apropiadamente.
<i>Concisión</i>	Mantener la información tan <i>concisa</i> como sea posible.	El mundo real está representado con el mínimo de información necesaria.	N/A.



3 LA METODOLOGÍA NEAT PARA CALIDAD DE DATOS

Si uno no sabe dónde está, un mapa no sirve para nada
W. Humphrey

Muchos de los problemas que surgen al usar datos de mala calidad son bien conocidos para los ingenieros del software. Sin embargo, la ingeniería del software ha subestimado los datos. Los métodos y técnicas definidos en general se aplican al software (incluyendo esquemas de datos), pero los datos en sí han sido considerados un problema "externo". Las técnicas de calidad para validación y verificación asumen generalmente que un agente externo provee los datos y se concentran en el software en sí. La idea de la metodología NEAT es que la ingeniería del software debe tomar en consideración los aspectos de calidad de datos para prevenir, detectar y resolver los problemas causados por los datos de mala calidad en el uso de los sistemas. Más aún, esta tarea se puede realizar aprovechando la experiencia ya existente en control y aseguramiento de la calidad en ingeniería del software y adaptando métodos y técnicas probados y utilizados industrialmente. NEAT provee una forma sistemática de establecer la calidad de los datos para poder generar un plan de mejora. La metodología es simple y puede ser aplicada en los casos en que la calidad de los datos debe ser evaluada y mejorada. La salida es un diagnóstico del estado actual de la calidad de los datos y un plan de mejoras, conteniendo tanto tareas correctivas como preventivas (con el objeto de mantener el nivel de calidad finalmente alcanzado). La metodología consta de una serie de pasos, entre ellos: diagnóstico de DQ, análisis de causas, generación del plan correctivo y preventivo. Sin embargo, el núcleo de la metodología es la derivación de métricas para evaluar la calidad de los datos. Para hacerlo, NEAT aprovecha la propuesta de [BMY98] de medir la calidad de los datos utilizando métricas definidas mediante técnicas tradicionales de la ingeniería del software. En particular, NEAT basa su enfoque en la metodología GQM, un marco top-down para la definición de métricas. Para hacer el diagnóstico de la calidad de los datos, NEAT se basa en modelos teóricos de ciclo de vida del dato combinados con la experiencia industrial.

La metodología NEAT es un marco para guiar la evaluación de la calidad de los datos que consta de seis etapas:

1. Identificación de Requerimientos

2. Planificación



3. Medición

4. Diagnóstico

5. Tratamiento

6. Mantenimiento

Cada paso está compuesto de varias tareas que deben ejecutarse para alcanzar los objetivos particulares. A continuación presentamos una breve descripción de cada etapa.

1. Identificación de Requerimientos

1.1. Ciclo de vida del dato

La primer tarea de esta etapa es la adquisición de información sobre el ciclo de vida del dato en la organización. Consta de dos actividades:

1.1.1. Procesos de Transformación de Datos y Modelos de Datos

Estas actividades se concentran en el uso real de los datos. Incluyen el análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales. En particular, comprenden la definición de modelos de datos (puede haber diferentes modelos de datos y para cada uno más de una visión), los procesos de transformación de datos y el uso de los datos hecho por los usuarios. Es importante aquí identificar las reglas de negocio que los datos deben satisfacer.

Estas actividades son fundamentales para entender el propósito de los datos y qué tipo de datos se necesita. Esta información puede ser utilizada para decidir qué atributos de los datos son más importantes para los diferentes usuarios, qué datos son críticos (o más críticos que otros) y cuáles son las expectativas y la percepción de la calidad de los datos por parte de los usuarios. Obviamente, requieren de la participación de usuarios finales.

1.1.2. Datos Críticos

El objetivo de esta actividad es identificar los datos que son considerados críticos en cada etapa del ciclo de vida del dato. De esta manera se puede determinar dónde debe ser puesto el énfasis del proyecto al elaborar y evaluar planes de de mejora de la calidad. Esta información es necesaria para optimizar la relación costo/beneficio, tanto para la evaluación como para la mejora.

Los datos pueden ser críticos para una tarea en particular e irrelevantes para otra. Por lo tanto la condición de crítico se asocia a un conjunto de datos para un uso particular



1.2. Estado real

Aquí se realiza una evaluación del estado de los datos en la organización. El resultado es una descripción precisa (un "snapshot"), que será usado como base para decisiones posteriores.

Esta evaluación debe tomar en cuenta toda la información existente, así como la percepción de los usuarios. La descripción debe presentar el estado de las fuentes de datos, las fases intermedias y finales del ciclo de vida, y debe explicitar si los datos satisfacen los requerimientos establecidos en 1.1.

1.3. Objetivos de DQ

Con la información de las tareas 1.1 y 1.2 se pueden establecer cuáles son las dimensiones de calidad relevantes para el proyecto en particular. Una vez que las dimensiones se han elegido, se debe definir los requerimientos específicos de calidad para cada dimensión y cada subconjunto de datos. Para cada subconjunto se deben establecer dos niveles de calidad: el objetivo (óptimo) y el mínimo

2. Planificación

El Segundo paso es elaborar un plan para evaluar la calidad.

2.1. Priorización de objetivos

En muchos casos, debido a consideraciones de costo/beneficio, puede decidirse concentrar el proyecto en algunos objetivos en particular, al menos en un principio. ES fundamental generar consenso con respecto a los objetivos que serán abordados en el proyecto.

2.2. Definición del plan de mediciones

En esta tarea se escoge un conjunto de métricas para cada objetivo (las métricas pueden ser sobre el modelo o la instancia de los datos). Cada métrica va a tener asociado su procedimiento de extracción de datos, cómputo y almacenamiento de resultados. Además, se define la fuente de validación y el rango de aceptación, para determinar si los datos satisfacen el nivel esperado de calidad.

3. Medición

En esta etapa se ejecuta la medición de acuerdo al plan, considerando las métricas, técnicas y procedimientos definidos. La salida es un reporte con los resultados de las mediciones y su relación con las expectativas de calidad.

4. Diagnóstico

El resultado de esta etapa es un documento presentando el diagnóstico de la calidad de los datos. Incluye la interpretación de las mediciones, así como reporte de hallazgos. El documento puede ser útil en sí mismo, pero



su principal objetivo es disparar acciones que modifiquen el estado de los datos.

5. Tratamiento: correctivo/preventivo

Hay dos estrategias principales para mejorar la calidad de los datos. Mejorar los datos existentes (mediante una estrategia correctiva, cambiando o borrando datos erróneos y agregando datos necesarios para la organización) o mejorar los procesos asociados a los datos (creación, utilización, modificación, etc.). La primera tiene como limitación que hay datos erróneos que no se pueden detectar o puede ser muy caro hacerlo (cómo saber si la dirección de un cliente está mal sin intentar contactarlo), hay datos necesarios que no se conocen (no tengo las fechas de nacimiento de los clientes y las necesito), y hay datos que se sabe que son incorrectos pero no se conoce el verdadero (la dirección está mal porque las cartas vuelven rechazadas, pero como no puedo contactarlo no sé cuál es la correcta). La segunda estrategia previene la incorporación de datos de mala calidad en el sistema, pero suele tener un costo en modificación de aplicaciones, modelos de datos, operaciones, flujos e incluso cultura organizacional.

Ambos tipos de tareas son necesarios y constituyen el plan de mejora. La proporción de unas y otras determina el costo del plan y la expectativa de mejora a obtener. Cabe mencionar que, más allá de las tareas correctivas y preventivas que efectivamente se lleven a cabo, no necesariamente todas las expectativas serán cubiertas.

6. Mantenimiento

Una vez que se alcanzaron los niveles de calidad deseados (o posibles), el proyecto no está concluido. Se debe encontrar un mecanismo para mantener la calidad alcanzada. Si bien esto está relacionado con el mantenimiento preventivo, las limitaciones señaladas con anterioridad, así como las limitaciones en el alcance del proyecto, hacen necesario el monitoreo continuo de la calidad, para detectar degradaciones. Esto puede realizarse con el mismo conjunto de métricas ejecutado para el diagnóstico, que puede ser reevaluado periódicamente.

Por qué las correcciones de datos y las medidas preventivas no son suficientes y se hace necesario el monitoreo? Una respuesta a esta pregunta es la conocida paradoja del DDT. Se puede usar DDT una vez y matar la mayor parte de los insectos. La segunda vez, va a matar menos. En tres o cuatro generaciones, una clase completamente nueva de insectos va a estar infectando la plantación, que va a ser completamente inmune al DDT. Algo similar sucede con la calidad de los datos: se pueden necesitar diferentes técnicas para mantener el nivel requerido de calidad, y problemas que hoy son relevantes pueden ser significativos en el futuro.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

De la presentación de la metodología podemos entender también las limitaciones del alcance de un proyecto de evaluación y mejora de la calidad de los datos, tanto por consideraciones económicas como por aspectos teóricos que no permiten detectar ni resolver ciertos problemas. Esto hace aún más difícil la justificación de la inversión en un proyecto de estas características (si no podemos asegurar resultados, para qué?) y, por lo tanto, más importante contar con una forma de abordar este análisis que no deje a la organización en una posición desventajosa.



4 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE IT

A complex system that works is invariably found to have evolved from a simple system that worked
John Gall

4.1 Introducción

En un artículo del año 2000 ([BS00]) en el que nos hemos basado para la elaboración de esta parte del capítulo, Bohem y Sullivan presentan el estado del arte y las tendencias en la disciplina que denominan *Software Economics*, y que es ni más ni menos que el campo que se ocupa de facilitar mejoras significativas en diseño e ingeniería del software a partir de razonar económicamente sobre aspectos de productos, procesos, programas, portfolios y políticas. Como bien señalan, históricamente el trabajo de investigación se concentró mayormente en costos, no en beneficios. Por lo tanto, el valor agregado por la inversión no se ha venido teniendo en cuenta.

Esta falta de progreso en el tema tiene varios motivos ([BK00]):

- Carecemos de marcos adecuados para modelar, medir y analizar la conexión entre las características técnicas y las decisiones y la creación de valor. Conceptos centrales para la ingeniería del software como ocultamiento de la información, arquitectura, modelo espiral, etc., no tienen una relación clara con el valor que aportan en términos del negocio. Recientemente se ha venido sosteniendo ([SCJS99]) que el enfoque de opciones reales podría permitir establecer algunas de estas relaciones (decisiones escalonadas de diseño, desarrollo en etapas, etc.)
- La mayor parte de los diseñadores e ingenieros del software no son entrenados para razonar sobre creación de valor como un objetivo, o sobre como manipular aspectos técnicos para generar más valor. Las mediciones suelen concentrarse en características técnicas.
- El conjunto de tecnologías, el marco regulatorio e impositivo, el mercado y otras estructuras en las cuales el software es desarrollado y utilizado es inadecuado. Los diseñadores no están en condiciones de tomar decisiones que podrían incrementar el valor creado por los productos.

4.2 Haciendo un poco de historia

En 1969 Sharpe presenta la primera aplicación de conceptos de Information Economics (el "padre" de software economics) a aspectos computacionales ([BK00]). Su trabajo abarcaba temas como selección



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

entre compra, leasing o alquiler de sistemas de cómputos, fijación de precios de servicios computacionales y economías de escala en sistemas computacionales. Tenía una pequeña sección dedicada a costos., basada en el estudio realizado por SDC. Este estudio formulaba un modelo de regresión lineal para estimar costos de software. Si bien no era muy exacto, estimuló el desarrollo de numerosas investigaciones que dieron lugar a mejores modelos de costos en los 70's y 80's, algunos de los cuales siguen en uso hasta nuestros días: SLIM, COCOMO, Estimacs, etc. En su libro *Software Engineering Economics* ([Bohem81]), Bohem presenta, además del modelo COCOMO (Cost Constructive Model), un resumen de los conceptos y técnicas macroeconómicas principales con ejemplos de su aplicación al desarrollo y la toma de decisiones en software (funciones de producción, economías de escala, valor neto, valor presente, análisis marginal, etc.). Otros trabajos contemporáneos presentan compendios de estimaciones de costos, comparaciones de costos para productos y servicios computacionales, técnicas de la economía para la gestión de centros de cómputos, etc.

Algunas de las técnicas más importantes de la ingeniería del software incluyen implícitamente consideraciones económicas ([BK00]):

- La gestión de riesgos de software utiliza principios de la teoría de decisión estadística para abordar cuestiones como "cuánta verificación formal es suficiente?" (adquirir información para reducir riesgo)
- Los modelos de ciclo de vida espiral, iterativo y evolucionario, utilizan consideraciones sobre el valor de los productos y riesgos para secuenciar incrementos en las capacidades de las aplicaciones
- La noción de diseño para el cambio (design for change) se basa en el reconocimiento de que gran parte del costo total del ciclo de vida de un producto se incurre en su evolución (post producción), y que un sistema que no es diseñado para evolucionar va a incurrir en enormes costos de mantenimiento (limitando incluso su capacidad de adaptarse a nuevas situaciones)

Actualmente nuestra capacidad de razonar sobre los costos del software es mucho mayor que nuestra capacidad de razonar sobre sus beneficios. En los últimos años se ha comenzado a trabajar sobre el análisis de costo/beneficio de proyectos de software, desarrollándose modelos de casos de negocio y apelando a todos los indicadores financieros estándar. Sin embargo, la práctica muestra que resulta difícil evaluar un proyecto de software de manera tradicional, ya que los números suelen arrojar resultados negativos. Uno de los mayores problemas está en qué es lo que se percibe como beneficios. Gran parte de las ventajas que ofrece la inversión en tecnología no pueden ser cuantificadas directamente (posicionamiento, mejoras pequeñas en tiempo de respuesta que son percibidas como de altísimo valor para el cliente, etc.), o funcionan no como fuente directa de ingresos sino como habilitadores de otras



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

posibilidades (mejora en infraestructura tecnológica que permite encarar proyectos de mayor envergadura, sistemas integrados que permiten planear campañas unificadas y mejor dirigidas, etc.). Muchas de estas posibilidades ni siquiera son conocidas al momento de encarar los proyectos de IT, y esta visión parcial frena a las organizaciones de llevar adelante iniciativas que podrían representar un salto cualitativo.

Como vemos, falta trabajo en lo que hace a desarrollar un marco integral para la evaluación económica de proyectos de IT desde la perspectiva del valor que aportan al negocio. Sin lugar a dudas este es un trabajo multidisciplinario: no puede ser realizado sólo por técnicos que ignoran muchos aspectos de negocio, ni tampoco exclusivamente por el negocio, que ignora los alcances e impacto de las características técnicas para evaluar cuál resulta más conveniente en cierto contexto.

4.3 Proyectos de calidad

En las últimas décadas, el software ha crecido hasta convertirse en una parte vital de la mayor parte de los productos y servicios de las compañías. Como señalan [KP96], con este crecimiento llega la responsabilidad de determinar cuánto contribuye el software a los resultados de la organización. Cuando una compañía de teléfonos no puede implementar un nuevo servicio porque el sistema de facturación no puede soportarlo, la calidad del software se transforma en un problema corporativo. Y estos ejemplos abundan. Sin embargo, poco se ha hecho para investigar la relación entre la calidad del software y la eficiencia y efectividad del negocio. Uno de los grandes problemas que enfrenta la inversión en calidad es determinar a partir qué punto la reducción de defectos, o la ganancia en flexibilidad, atentan contra otras características deseables del software (Time to market, performance, etc.) sin representar una ventaja visible (defectos no observables por los usuarios, productos que no van a ser ampliados, etc.). Incluso en el sector industrial no relacionado con el software se observa que los retornos de las mejoras en calidad son decrecientes ([SHK98]). Este tipo de análisis no se ha realizado seriamente en la industria del software, y, de hecho, la inversión en calidad suele ser una decisión más política o coyuntural (certificaciones, marketing, diferenciación) que económica. Las organizaciones que deciden invertir en forma sistemática y constante en calidad son aquéllas que han experimentado serios problemas por no hacerlo en el pasado. Y, muchas veces, después de un tiempo relajan sus expectativas. Y es cierto también que no toda inversión en calidad está justificada: sólo un análisis serio puede ayudar a determinar cuál es la inversión más conveniente y más rentable para un cierto proyecto en un cierto momento en una cierta compañía. Algunos errores históricos en la evaluación de proyectos de software atentan contra este objetivo. Históricamente, por ejemplo, se ha considerado el costo de un producto de software (al menos para decidir su



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

realización, o para elegir entre alternativas) como el costo hasta la puesta en producción, ignorando las estadísticas que señalan que el mantenimiento (o sea, las tareas que se realizan con el software ya productivo) consume aproximadamente el 50% de los recursos (costo) de un proyecto de software. Con una evaluación parcial, ninguna inversión en calidad se verá justificada, ya que el costo hasta el funcionamiento probablemente (al menos la primera vez) será mayor en un desarrollo que involucre actividades de control y aseguramiento de la calidad. Sin embargo, esta diferencia se ve compensada con crecer por los ahorros en mantenimiento (sumados a una mejor imagen frente al cliente) y a las posibles reducciones de costos en proyectos futuros.

Recordemos que el costo de la calidad es el precio que se paga por hacer las cosas mal, no el costo de hacerlas bien. Por lo tanto, una cultura orientada a calidad va a enfocar en definir procesos que prevengan sobre los que arreglen errores.

Cuando se habla del costo de la calidad ([SHK98]), se lo suele dividir en dos clases principales: costo de *conformidad* y costo de *no conformidad*.

El costo de conformidad es el monto dedicado a obtener productos de calidad. Se divide en costos de prevención y de evaluación:

Prevención de errores:

- Esfuerzo para entender las causas de los errores
- Actividades para las mejoras de los procesos
- Herramientas y entrenamiento de calidad

Evaluación de calidad:

- Inspecciones y testing
- Medición de la calidad de un producto

El costo de no conformidad incluye todos los gastos incurridos cuando las cosas andan mal:

Falla interna del producto (se produce antes de entregar el producto al cliente):

- Reproducir y diagnosticar la falla
- Reproceso
- Cambios de requerimientos y rediseño de programas

Falla externa del producto (se produce en la instalación del cliente):

- Garantizar arreglo y reemplazo
- Soporte a clientes para productos con fallas o de difícil uso
- Programas, documentos o aplicaciones completas que se dejan de lado o se reconstruyen
- Costos legales
- Resarcimiento por daños

Un tema importante que surge aquí, si tratamos de reducir los costos de la calidad y maximizar el beneficio, es determinar cuánto y cuándo vale la pena invertir en iniciativas específicas de mejora de la calidad del software.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Si la evaluación de los beneficios de los proyectos de software resulta compleja, en el caso de la inversión en calidad lo es más aún. Pensando de manera lineal, diríamos que un producto de mejor calidad es mejor. Ahora, cómo se cuantifica ese "mejor"? En general, algunos de los beneficios asociados a la inversión en calidad son:

- Mejora de la imagen frente al cliente por menor cantidad de errores (sin embargo, es difícil saber cuáles de los errores eliminados preventivamente hubieran efectivamente sido detectados por el cliente)
- Posibilidad de encarar nuevos proyectos (ampliaciones, interfases con otros sistemas, migraciones)
- Posibilidad de reducir tiempos en proyectos futuros (por mayor conocimiento y sistematización de los procesos de desarrollo)

Como se puede observar, estos beneficios son básicamente intangibles e inciertos, lo cual dificulta (o al menos hace bastante arbitrario) el uso de los indicadores tradicionales para evaluarlos.

Lo que resulta claro es que la calidad del software es una inversión que debe proveer un retorno financiero frente a los gastos incurridos.

[SHK98] proponen una serie de indicadores basados en los indicadores financieros más populares para medir el retorno de la inversión de una iniciativa en calidad (específicamente orientada a reducir cantidad de defectos en el software), y permitir la comparación entre diferentes iniciativas. Definen medidas para los costos iniciales y los costos recurrentes y miden los beneficios en términos de incrementos en las ventas (pueden ser proyectados) o ahorros de costos estimados. Para aplicar su modelo, comparan diferentes alternativas de inversión en calidad haciendo un análisis ex-post de cuatro iniciativas llevadas a cabo por una empresa. Este análisis, si bien interesante, presenta algunas limitaciones:

- Se realiza a posteriori, con lo cual se comparan iniciativas ya implementadas y se verifica si fueron convenientes o no para la organización. Ellos dan cuenta de esta limitación y sostienen que para usarlo a priori debería utilizarse información de la empresa sobre reducción de defectos en los productos, estadísticas de defectos, etc., y utilizar un modelo de estimación para proyectar mejoras.
- Al evaluar los beneficios obtenidos, resulta difícil saber qué porcentaje debe ser atribuido específicamente a las iniciativas de calidad.
- El análisis se limita a beneficios que son percibidos como directamente ligados a las iniciativas de mejora
- Ellos mismos reportan que el rendimiento de la inversión en calidad es decreciente. Esto es especialmente problemático cuando proponen el uso de este modelo para comparar iniciativas que fueron ya implementadas secuencialmente (y que se superponen en sus efectos parcialmente), ya que las últimas resultan las más castigadas en términos de su retorno.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Sin embargo, se rescata del trabajo la intención de ver las actividades de calidad como actividades de inversión que deben ser evaluadas en el contexto de su costo y del beneficio que aportan a la organización.

En lo que hace a la evaluación de proyectos de calidad de datos, la situación es mucho más precaria. No existen estudios serios que intenten proveer un marco para razonar sobre la conveniencia de invertir en la mejora de la calidad de los datos. En general, las organizaciones funcionan cuando descubren que tienen pésimos datos (juicios de clientes, cartas devueltas, tendidos de red que no coinciden con la realidad, etc.) tratando de corregir esos datos porque no tienen alternativa (o dejando de usarlos si son incorregibles). El análisis es ad-hoc y suele evaluarse solamente el costo de la iniciativa, quedando la decisión reducida al monto (alto o bajo). Esta filosofía no solamente atenta contra la posibilidad de asociar la mejora de los datos a la realización de otros proyectos, sino también está en contra de la inversión preventiva en calidad de datos: sólo se corrige lo que está mal para salir del paso, pero no se va a los orígenes de los problemas.

En [Los01] se presenta una serie de casos concretos de mala calidad de datos y el costo que han tenido para las organizaciones. El autor propone la realización de un *Data Quality Scorecard*, que permite evaluar el estado actual de los datos y detectar las mayores fuentes de problemas para elegir las como áreas de mejora. Sin embargo, este enfoque se concentra exclusivamente en el costo de la mala calidad, sin proveer un marco para analizar si el costo de la mejora es justificado (considerando que los beneficios a obtener son inciertos). Sólo señala buscar las oportunidades de mayor beneficio con la menor inversión, pero sin describir cómo se logra.

En [Tri02] se presentan seis casos de aplicación de mejoras correctivas a los datos y se intenta calcular el retorno de la inversión de estas iniciativas. Sin embargo, no se ofrece un marco para evaluar a priori proyectos de calidad de datos y, en este contexto y dado lo incierto del alcance de una iniciativa de mejora de calidad de datos, esta evaluación sólo se puede hacer a posteriori. Además, se contemplan sólo beneficios directos (que podrían no justificar la inversión) y se apunta a mejoras correctivas y no preventivas.



5 OPCIONES REALES

*Annual income twenty pounds, annual expenditure nineteen six, result happiness.
Annual income twenty pounds, annual expenditure twenty pounds ought and six, result
misery.
Charles Dickens*

5.1 Introducción

Brach ([Brach03]) presenta un pantallazo sobre la historia de las opciones reales, que se remonta a épocas bíblicas, con José y sus recomendaciones al Faraón para protegerse del riesgo de inanición durante los años de vacas flacas. Aristóteles cuenta la historia de Tales, que hizo fortuna comprando opciones de call sobre prensas para olivos nueve meses antes de la siguiente cosecha; basado en su lectura de las estrellas determinó que la próxima cosecha sería fabulosa, y decidió comprometerse contractualmente en arreglos que por una pequeña tarifa le darían el derecho de alquilar prensas. Si la cosecha salía mal, no habría necesidad de prensas, y Tales no las alquilaría. Cabe destacar que el objetivo personal de Tales no era volverse rico, sino demostrar que los filósofos no tenían por qué ser pobres. Alrededor de 1600, los japoneses compraban calls sobre arroz. Hacia 1630, los holandeses comerciaban opciones sobre tulipanes. Como se ve, las opciones sobre activos reales son anteriores a las opciones sobre activos financieros.

Una opción real es una opción "relacionada con cosas". Real se refiere a cosas concretas, fijas, permanentes o inamovibles, en oposición a ilusorias [Brach03] Inversiones estratégicas y decisiones presupuestarias en una compañía son decisiones para adquirir, ejercer, abandonar o dejar expirar opciones reales. Las decisiones gerenciales crean opciones de put y call sobre activos reales que le dan a la gerencia el derecho, pero no la obligación de utilizar esos activos para alcanzar objetivos estratégicos y, en definitiva, maximizar el valor de la organización.

Una decisión de inversión rara vez es una decisión "ahora o nunca" y rara vez es una decisión que no puede ser abandonada o modificada durante el transcurso de un proyecto. En muchas ocasiones puede cuando menos ser postergada o acelerada, y frecuentemente viene en pasos secuenciales con varios puntos de decisión, incluyendo alternativas de seguir o no seguir (go / no-go). Todas estas decisiones constituyen opciones reales gerenciales e impactan en el valor de la oportunidad de inversión.

Fue Stewart Myers quien acuñó el término "opción real" al desarrollar el concepto de que las inversiones financieras generan opciones reales ([Brach03]). Myers argumentaba que la valuación de oportunidades de inversión usando el enfoque tradicional de DCF ignoraba el valor de opciones surgidas en proyectos riesgosos y con incertidumbre. Este



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

concepto se extendió posteriormente a todo tipo de decisiones de inversión y presupuestación corporativos. Myers sostuvo que los proyectos que no presentan beneficios inmediatos, pero que establecen las bases para futuras oportunidades de crecimiento no son reconocidos adecuadamente en el marco del análisis de VPN: su VPN es negativo, pero el proyecto abre la posibilidad de futuros cashflows, y esos cashflows deberían ser incorporados al análisis del proyecto.

En los 80' comenzaron a despertarse dudas con respecto a la aplicabilidad del modelo de DCF para evaluar ciertos proyectos de alto riesgo,. Por ejemplo, se reconoció que el valor de las derivaciones posibles de proyectos de I&D no era capturada. Pindyck extendió la noción de opciones de crecimiento introduciendo la irreversibilidad: el VPN no reconoce la irreversibilidad como un costo, el costo de oportunidad del dinero invertido y el costo de resignar flexibilidad comprometiendo recursos de manera irreversible. Por lo tanto, debería haber un valor en dejar opciones abiertas, esto es, no ejercerlas o postergar la decisión hasta que se consiga mayor información y la incertidumbre disminuya.

Según [AK98], el modelo de opciones reales es una forma de pensar, que tiene tres componentes fundamentales que son de mucha utilidad para los gerentes:

- Las opciones son decisiones contingentes: una opción es la oportunidad de tomar una decisión una vez que uno ve cómo se desarrollan los eventos.
- La valuación de opciones está alineada con la valuación de los mercados financieros: el enfoque utiliza datos y conceptos de los mercados financieros para evaluar pagos complejos en diferentes tipos de activos reales.
- Pensar en opciones puede servir para diseñar y gerenciar inversiones estratégicas proactivamente: los pagos no lineales pueden servir como instrumento de diseño, permitiendo revisar el modelo de inversión.

Más allá de la utilidad del enfoque, lo cierto es que no todas las decisiones de inversión ameritan el uso de opciones reales ([AK98]). En algunos casos, la inversión es claramente buena o mala, y un análisis basado en opciones reales no modificaría la decisión. Pero muchas decisiones caen dentro de una zona gris que requiere de mucho trabajo de evaluación, y es aquí donde el modelo resulta útil. Las herramientas tradicionales (VPN y demás indicadores derivados) funcionan bien cuando no hay opciones, o cuando hay opciones pero la incertidumbre es mínima (si bien en general hay incertidumbre, en algunos casos sus consecuencias no son relevantes). Un análisis de opciones reales es necesario cuando:

- Hay una decisión de inversión contingente
- La incertidumbre es tan grande que resulta conveniente esperar a tener más información, antes de realizar inversiones irreversibles



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- El valor parece estar más en posibilidades de crecimiento futuras que en cashflows directos
- La incertidumbre es lo suficientemente grande como para que la flexibilidad resulte importante
- Va a haber actualizaciones al proyecto y correcciones estratégicas durante su transcurso

Los seis tipos básicos de opciones gerenciales que se traducen en opciones reales son:

- Opción de diferir: esperar hasta que más información reduzca la incertidumbre
- Opción de abandonar: deshacerse de un proyecto no rentable
- Opción de cambiar: modificar parámetros de entrada/salida en la forma de operar
- Opción de expandir/contraer: alterar la capacidad dependiendo de condiciones de mercado
- Opción de crecer: contemplar oportunidades futuras relacionadas
- Opción de escalonar: dividir una inversión en etapas secuenciales condicionales

5.2 Valuación de opciones reales

El valor de una opción deriva de obtener mejor información postergando una decisión ([Brach03]). Pero el valor de la espera ignora (y eventualmente compromete) el valor creado por el posicionamiento competitivo, o por movimientos que impidan entrada de competidores. También es importante la distinción entre incertidumbre de mercado e incertidumbre técnica, o privada. Mientras que la espera puede resolver parte de la primera, de ninguna manera va a resolver la segunda, ya que la mejora de la capacidad de la organización de llevar a cabo los proyectos sólo puede resolverse con inversión.

Inicialmente los modelos de valuación de opciones reales asumían que los costos eran determinísticos, mientras que en la práctica los costos suelen ser inciertos, al igual que los beneficios. El tiempo necesario para completar el proyecto también suele ser incierto. Estos aspectos caracterizan el modelo de opciones reales, cuya valuación debe incorporar ciclos de vida de producto estocásticos y estructuras de costo variables. Un punto más a considerar es que los modelos de valuación suelen asumir que las inversiones son irreversibles, cuando en la práctica pueden ser parcialmente irreversibles (lo cual impacta en su valor). Más aún: los activos reales suelen estar sujetos a "eventos catastróficos", que han llevado al desarrollo de modelos que incorporan sucesos aleatorios que determinan en gran medida el valor del activo (descubrimientos internos, patentes registradas por un competidor, etc.).



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

La aplicación de la valuación de opciones reales se ha extendido a valorar inversiones sobre activos intangibles, como la adquisición de conocimiento o información y la propiedad intelectual, que suelen ser llamadas opciones virtuales.

Brach ([Brach03]) presenta una analogía entre los elementos básicos de opciones financieras y opciones reales:

Opción financiera	Variable	Opción real
Precio de ejercicio	K	Costo de adquirir el activo
Precio de la acción	S	VP de los cashflows futuros del activo
Tiempo de expiración	t	Duración del período durante el cual la opción es viable
Varianza del retorno de la acción	σ^2	Riesgo del activo, varianza de los escenarios de mejor y peor caso
Tasa de retorno libre de riesgo	r	Tasa de retorno libre de riesgo

Teniendo en cuenta estos puntos, un primer intento podría consistir en utilizar los modelos clásicos de valuación de opciones financieras (Black&Scholes, binomial) para evaluar opciones reales. Sin embargo, esto no suele ser correcto; algunas de las diferencias se deslizaron en párrafos anteriores y podemos sumar más:

- la volatilidad creciente incrementa el valor de una opción financiera, pero no necesariamente el de una opción real (la volatilidad de mercado sí, la técnica no)
- el tiempo de maduración no incrementa el valor de la opción (expiración de una patente, amenaza de entrada de competidores, pérdida de beneficios por entrar tarde, etc.)

Además, en el caso concreto de los modelos de valuación de opciones financieras, ciertos supuestos básicos son violados. Veamos cuáles son los supuestos del modelo de Black&Scholes que no se cumplen en el caso de las opciones reales:

- La volatilidad del proyecto no es constante a lo largo del tiempo
- No hay una fecha de expiración definitiva para la opción
- Tanto el valor del activo como el precio de ejercicio (i.e., costo de desarrollo del proyecto) se comportan estocásticamente
- Los retornos no están normalmente distribuidos
- Los activos reales no siguen un "random walk"; hay saltos

En el caso del modelo binomial, por ser un modelo discreto se puede ir monitoreando paso a paso la evolución de los parámetros, y contemplando las variaciones "no previstas". Sin embargo, esto dificulta también la aplicación del modelo ya que, por el carácter estocástico de varios de sus



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

parámetros en el caso de las opciones reales, puede ser necesario contemplar muchos períodos, complicando la construcción del árbol.

En los últimos años se han presentado muchos modelos diferentes para evaluar opciones reales. Algunos intentan extender los modelos de Black&Scholes y binomial incorporando más procesos aleatorios, otros parten de cero. En muchos casos, se introducen supuestos fuertes que limitan la aplicabilidad del modelo, pero reducen su complejidad. En el caso de los modelos más abarcativos, las ecuaciones suelen resultar sumamente complejas (llegando incluso a requerir de software específico para su resolución) y requieren de suposiciones sobre algunos de los parámetros que los hacen difíciles de usar. Un análisis detallado de todos los modelos trasciende el alcance de este trabajo; se introducirán propuestas específicas en la medida en que resulten de utilidad para clarificar los conceptos expuestos.

Amram y Kulatilaka ([AK98]) proponen un marco metodológico muy sencillo para razonar utilizando opciones reales. Presentamos una breve síntesis a continuación ya que será de utilidad para el desarrollo de la propuesta.

El proceso consta de cuatro etapas que comparten la característica de estar pendientes de los mercados financieros como punto de referencia:

1. Encuadrar la aplicación: el primer paso consiste en entender de manera precisa cuál es el problema que va a ser modelado utilizando opciones reales y cómo va a ser el proceso. Para ello, es necesario considerar:
 - La decisión: cuáles son las posibles decisiones, cuándo deben ser tomadas y quién debe tomarlas
 - La incertidumbre: identificar la forma de evolución de cada fuente de incertidumbre y describir todos los cashflows y beneficios que pueda haber
 - La regla de decisión: definir una expresión matemática sencilla
 - Mirar los mercados financieros: qué fuentes de incertidumbre son privadas y cuáles son definidas por el mercado?
 - Revisar para conseguir transparencia y simplicidad: quién está en condiciones de entender este marco de aplicación?
2. Implementar el modelo de valuación de opciones: el segundo paso consiste en implementar el modelo de valuación de opciones, adaptado a las características particulares de la aplicación. Esta etapa contempla:
 - Establecer los valores de entrada: calcular el valor actual del activo subyacente, cashflows, volatilidad de cada fuente de incertidumbre y obtener datos de la tasa libre de riesgo
 - Valorar la opción: efectuar el cálculo y obtener resultados numéricos
3. Revisar los resultados: los pasos 1 y 2 llevan a la obtención de resultados que serán analizados según el objetivo inicial del proceso. Es más, qué resultados se buscarán dependerá también de las



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

características del proceso (comparaciones, valores máximos de inversión, etc.). Estos son los resultados que indicarán si se está en condiciones de tomar una decisión o si es necesario pasar a la etapa 4.

4. Rediseñar: de acuerdo a los resultados obtenidos, puede ser conveniente expandir el conjunto de alternativas de inversión a considerar, analizar las opciones identificadas y detectar posibilidades de unión, reconfigurar la estrategia de inversión, etc. Luego de este paso, se repite el proceso desde la etapa 1.

5.3 Opciones reales en proyectos de IT

Según [BK00], el trabajo en opciones reales aborda muchas de las desventajas generalmente ignoradas del análisis por medio de flujos de fondos descontados (DCF) del VPN de las oportunidades de inversión. Uno de los principales problemas de estas técnicas es que tratan los activos obtenidos mediante la inversión como pasivamente custodiados (como hipotecas) en oposición al gerenciamiento activo (como proyectos o portfolios). En general los gerentes tienen la flexibilidad para hacer cambios en las inversiones a la luz de nueva información obtenida. Sin embargo, hay que hacer notar que el modelo de opciones no es la única alternativa disponible para evaluar este tipo de decisiones; la teoría de la utilidad y el análisis dinámico de cashflows descontados son posibilidades también.

La aplicación de opciones reales al campo de la tecnología de la información ha venido incrementándose en los últimos años. Esto se debe a dos factores principales:

- La necesidad, no considerada hasta el momento, de justificar la conveniencia de la inversión en IT. No alcanza con saber cuánto va a costar un proyecto, además es necesario saber si ese proyecto da valor a la organización
- Las limitaciones de las técnicas tradicionales de evaluación de proyectos para capturar adecuadamente una inversión en IT. Este tipo de proyectos no suelen tener beneficios maleables directamente que los hagan rentables para la empresa. Sin embargo, suelen representar un cambio cualitativo y cultural que posiciona a la organización de manera diferente para encarar nuevas iniciativas

En [SCJS99] se presenta un enfoque para evaluar decisiones de diseño en el contexto del desarrollo del software. Esto resulta particularmente interesante, ya que gran parte de los principios del buen diseño del software están fundamentados en la incertidumbre inherente al proceso de desarrollo y al ciclo de vida del software en general. Los autores proponen evaluar estos principios integralmente en el marco de un análisis de opciones, para entender su aporte al valor del proyecto. Aquí entran



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

técnicas y principios como modelo espiral, ocultamiento de la información (information hiding), flexibilidad, etc. Si bien es un trabajo preliminar, se propone la definición de un proceso de desarrollo que incorpore aspectos de una actividad de inversión. Como modelo matemático utilizan una combinación de árboles de eventos y programación dinámica.

En [Ben02], Benaroch propone manejar el riesgo de una inversión en IT en el marco de opciones reales. De esta manera, define un marco para decidir, de acuerdo al análisis riesgo-valor, cuál es la composición de opciones que conviene incluir en un proyecto para controlar el balance entre estos dos factores. Aquí habla de las dificultades de identificar todas las opciones asociadas a una inversión y de cómo reconocerlas. Presenta también una taxonomía de riesgos comunes en los proyectos de IT. Describe el modelo de valuación binomial log-transformado, que trata uno de los principales problemas del modelo binomial: cuando la volatilidad del retorno esperado o la cantidad de intervalos de tiempo son pequeños, la probabilidad p puede volverse negativa o exceder 1 (perdiendo significado probabilístico).

El mismo autor junto con Kauffman presenta en [BK99] la aplicación de la valuación mediante opciones reales a un proyecto de inversión en IT: el análisis del momento adecuado para la instalación de los servicios de débito POS (Point of Sale) de la red bancaria Yankee 24 en Nueva Inglaterra. Aquí intentan evaluar la validez del modelo de Black & Scholes (y de otros modelos tradicionales) para la valuación de opciones asociadas a este tipo de proyectos. Ellos concluyen que los modelos resultan útiles más allá de la diferencia en los supuestos, porque lo fundamental es el mecanismo de determinar el precio de una opción, aunque esto le resta confiabilidad al resultado numérico. Agregan que es responsabilidad de los expertos en IT entender dónde y cómo radican los beneficios de los proyectos. Cabe destacar que el hecho real data de 1984.

En [SZ01], Schwartz y Zozaya-Gorostiza presentan dos modelos para evaluar proyectos de IT según sean de adquisición de infraestructura o de desarrollo. Los autores proponen también un marco homogéneo para incorporar ambos tipos de proyectos. La presentación se concentra en estudiar las particularidades de los costos y los beneficios de estos tipos de inversiones y proponer mecanismos de valuación que las contemplen, alejándose de los modelos de valuación tradicionales. Si bien las fórmulas son complejas, se presenta el conjunto de parámetros a instanciar lo que simplifica mucho la aplicación. Sin embargo, la generalización del enfoque depende de cuán satisfechos se vean los supuestos de los modelos. Si no, la situación es similar a utilizar alguno de los modelos tradicionales (que, además, resultan más simples).



5.4 La opción de escalonar

Muchos proyectos se desdoblán en una serie de pasos secuenciales, en los cuales cada paso se basa en la finalización exitosa del anterior y con la posibilidad por parte de la gerencia de evaluar el proyecto en cada paso ([Brach03]). El beneficio de una opción de escalonar sólo se va a concretar una vez que se completen todas las etapas. Algunos ejemplos: inversiones en nuevas tecnologías y en I&D.

Las características comunes de este tipo de proyectos tienen que ver con la naturaleza de la incertidumbre de las inversiones escalonadas, así como con las dos fuentes principales de riesgo: el riesgo privado o técnico (habilidad de la firma para efectivamente llevar a cabo de manera satisfactoria el proyecto) y el riesgo de mercado (incertidumbre de la demanda futura). Las características claves de la flexibilidad asociada a un proyecto secuencial incluyen la elección del momento en el tiempo (nivel de gasto y velocidad del gasto) y la elección de abandonar el proyecto una vez que se obtiene más información en cada etapa.

La evaluación de este tipo de opciones depende del conocimiento que se tenga sobre los procesos estocásticos que siguen los costos y los beneficios ([Brach03]):

- Si se conocen (o se asumen) los procesos estocásticos que siguen los costos y los beneficios del activo futuro, se pueden utilizar métodos de valuación conocidos de forma cerrada: la fórmula de Black&Scholes que asume costos determinísticos, el modelo de Margrabe para la opción de cambiar, que asume que los costos y los ingresos son estocásticos, o la opción secuencial de Carr (que permite cambios en la varianza, pero requiere un forecast explícito de cómo la varianza se va a modificar a lo largo del tiempo)
- Si los procesos estocásticos son desconocidos, el modelo binomial ofrece una opción viable de evaluación. Esto implica:
 - Definir los hitos y puntos de decisión
 - Identificar las fuentes de incertidumbre
 - Estimar costos de cada etapa
 - Estimar el tiempo para completar cada etapa
 - Estimar la probabilidad de éxito de cada etapa
 - Estimar VPN de mejor y peor caso para el proyecto asociado



6 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CALIDAD DE DATOS USANDO OPCIONES REALES

All models are wrong, some models are useful.

George Box

The best way to have a good idea is to have lots of ideas.

-Linus Pauling

6.1 Introducción

Este capítulo constituye el núcleo del trabajo: la presentación de un marco metodológico para aplicar el concepto de opciones reales a la evaluación de proyectos de calidad. Para instanciar los conceptos utilizaremos la metodología NEAT como modelo de proyecto de calidad de datos, identificando sus diferentes etapas.

Un punto importante a tener en cuenta es que hay distintos tipos de evaluaciones que pueden hacerse frente a un proyecto de estas características. El análisis particular va a depender de la información disponible y de los objetivos estratégicos de la organización. Entre las alternativas podemos mencionar:

- Evaluar la conveniencia de una inversión en particular: considerando si el costo del proyecto se ve justificado por las expectativas de beneficios. Para este análisis hay que tener en cuenta la posibilidad de lograr mejoras que permitan llevar adelante los proyectos futuros.
- Evaluar la inversión máxima conveniente en determinado contexto: considerando cuáles son los beneficios esperados para diferentes proyectos, y cuál es el estado de los datos necesario para llevarlos a cabo, determinar cuánto podríamos estar dispuestos a pagar por un proyecto de mejora.
- Analizar distintos escenarios para determinar cuáles justifican cierta inversión: considerando mejoras a lograr y proyectos a realizar, para determinar hacia dónde conviene dirigirse.

Además, este estudio se puede repetir a medida que se avanza en el proyecto y se va reduciendo la incertidumbre. Para ello identificamos especialmente las etapas de:

- Diagnóstico y armado de plan de mejora: incluimos en esta etapa el costo de la evaluación y del armado del plan y la determinación de la mejora esperada, con su costo respectivo. Esta etapa puede dar lugar a diferentes planes, cada uno con costo y mejora esperada diferentes. De



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

hecho, una alternativa para el análisis de escenarios es configurar diferentes planes de mejora escalonando tareas de manera distinta.

- Ejecución de la mejora: con el costo real incurrido y la mejora real obtenida, que puede ser inferior a la esperada e invalidar la ejecución de ciertos proyectos futuros.

Para la aplicación del modelo de opciones reales es fundamental identificar cuáles son las fuentes de incertidumbre características de este tipo de proyectos:

- Estado de los datos –Alcance teórico de la mejora: inicialmente no se conoce cuán buenos son los datos y cuán posible es mejorarlos.
- Costo de la mejora: al ser la mejora dependiente del estado de los datos, no se puede conocer con precisión el costo de implementar un proyecto de mejora antes de hacer el diagnóstico.
- Mejora real: los planes de mejora no garantizan corregir y prevenir todos los errores que se quiere. Una evaluación posterior a la ejecución del plan de mejora permite conocer el estado real de los datos.
- Proyectos contingentes: si bien inicialmente se puede tener un conjunto de proyectos determinados que podrán ser llevados a cabo con mejores datos, algunos de estos proyectos pueden depender de la calidad real alcanzada y, por lo tanto, no ser convenientes si la mejora no alcanza ciertos niveles.
- Beneficios a obtener de los proyectos a realizar: esta componente es clásica en este tipo de evaluaciones y tiene que ver con la incertidumbre de los flujos de fondos futuros.

Nuestro objetivo principal es proponer un marco para razonar sobre la conveniencia de este tipo de proyectos utilizando opciones reales. Como sostiene [AK98], opciones reales es *una forma de pensar* y eso es lo que queremos enfatizar aquí. Si bien el análisis numérico es fundamental para extraer alguna conclusión, no ignoramos que muchos de los valores utilizados son predicciones (con mayor o menor fundamento), estimaciones, e incluso deseos. Por lo tanto, nos va a interesar más establecer un marco de comparación homogéneo de alternativas de inversión basado en el uso de opciones reales.

6.2 Por qué opciones reales?

Una premisa básica de este trabajo es que los indicadores tradicionales para evaluar factibilidad de proyectos fallan al ser aplicados a la evaluación de proyectos de IT y, más aún, cuando se trata de evaluar inversiones en calidad.

Como se mencionó en capítulos anteriores, la inversión en calidad se caracteriza por no ser fácilmente mapeable a beneficios directos, esto es, es difícil evaluar la conveniencia de un proyecto de inversión en calidad



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

(de software, de datos) sólo mirando cuál va a ser el flujo de fondos directamente asociado. Se destaca en este tipo de proyectos:

- Permiten a la organización estar en condiciones de encarar acciones que de otra forma no podría llevar a cabo (y cuyos beneficios pueden ser inciertos). Por ejemplo, un diseño flexible permite ampliaciones, datos confiables de clientes permiten encarar campañas de marketing más agresivas, un producto bien probado permite reducir tiempos de mantenimiento.
- Gran parte de los beneficios son cualitativos y de difícil cuantificación. Por ejemplo, un producto robusto lo hace más confiable para los clientes, un diseño modular permite el reuso, información oportuna mejora la toma de decisiones estratégicas.
- No toda inversión en calidad está justificada. La determinación de los niveles adecuados de inversión guarda relación con la situación particular (condiciones externas e internas, características del proyecto, etc.) y con un conocimiento sistemático y preciso de la historia de este tipo de iniciativas en la organización.

Estos factores hacen que pensar en términos de opciones reales parezca una alternativa natural para estos proyectos.

Los detractores de estas técnicas argumentan que es difícil encontrar información de mercado para asociar a los activos reales en cuestión, que cuantificar beneficios intangibles no tiene sentido y que la volatilidad considerada en los modelos clásicos de valuación es arbitraria. Si bien estas consideraciones son adecuadas y merecen ser tenidas en cuenta, recordemos que:

- Nos interesa capturar el modelo mental de opciones reales, como forma de considerar incertidumbre y flexibilidad en los procesos de inversión en las organizaciones
- Las técnicas tradicionales están muy limitadas ya que no consideran la posibilidad de cambios en las secuencias de inversión (ni la posibilidad de abandonar un proyecto), consideran costos determinísticos y conocidos (lo cual no siempre es válido) y pueden tener cierto grado de arbitrariedad en la elección de la tasa de descuento, además de la determinación de los flujos futuros

Obviamente, este análisis vale especialmente para proyectos de inversión en calidad en IT. En otros casos, habrá que determinar si es suficiente realizar un análisis de flujos de fondos descontados.

6.3 Cuantificación de beneficios intangibles

Como ya hemos comentado, una característica importante de la inversión en calidad es que gran parte de sus beneficios son intangibles, cualitativos

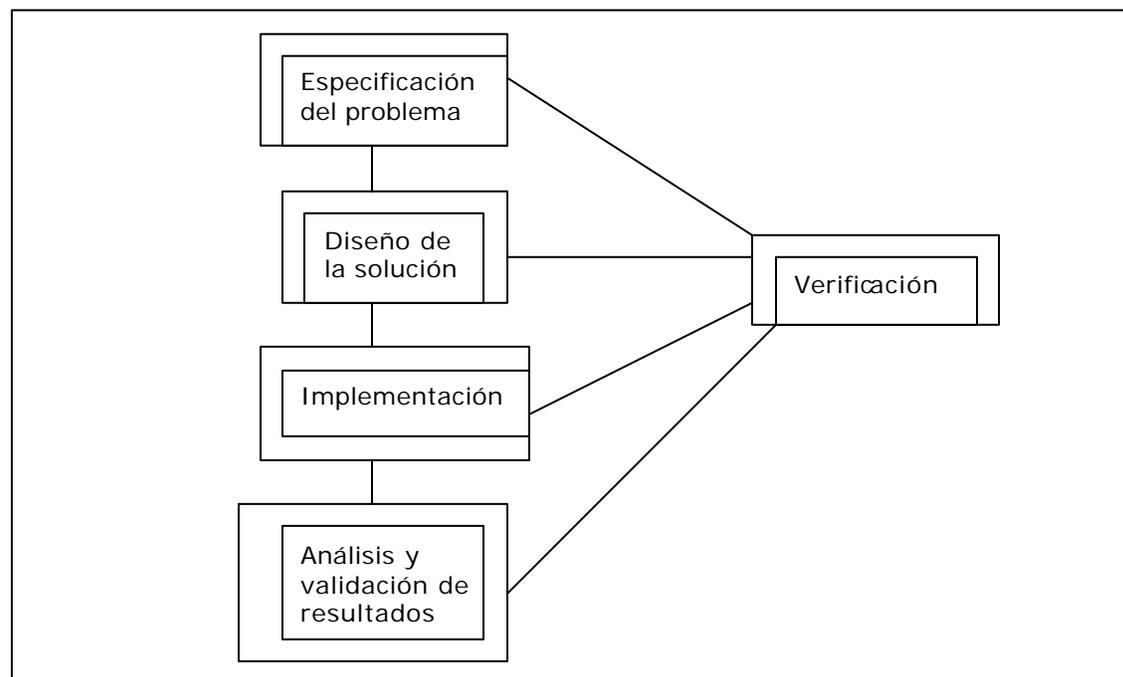


Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

y de difícil cuantificación. Este es un tema compartido por muchos tipos de inversión, y hablar sobre cuantificación de beneficios intangibles excede el marco de este trabajo. Sin embargo, es importante al menos identificar cuándo estos beneficios están presentes, cuáles son, e incorporarlos al proceso de razonamiento ya que, en algunos casos, pueden ser ellos los que justifiquen una inversión específica. Por ejemplo, la adhesión a un estándar internacional de calidad puede posicionar a una empresa internacionalmente y permitirle ampliar su base de clientes. Más allá de la dificultad de asignar números a ello (y de la incertidumbre del beneficio), seguir un proceso de certificación puede estar justificado cualitativamente. Sin embargo, un análisis cuantitativo al menos aproximado (utilizando, por ejemplo, opciones reales) puede ser útil para determinar a qué estándar adherir, ya que los costos de certificación pueden variar sustancialmente.

6.4 Marco metodológico

Nuestra propuesta consiste, entonces, en un marco metodológico para utilizar opciones reales para evaluar proyectos de calidad de datos. En ese contexto, y considerando que estamos trabajando en el área de ingeniería del software, vamos a aprovechar los desarrollos existentes en modelos de ciclo de vida para proponer un **ciclo de vida de evaluación de un proyecto de DQ**. Gráficamente consiste en:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Donde:

- **Especificación del problema:** Consiste en establecer el alcance del problema a resolver
 - Descripción informal del proyecto a evaluar
 - Establecer los objetivos de la evaluación
 - Enumeración de las fuentes de incertidumbre
 - Identificación de las fuentes de beneficios
 - Determinación del tipo de opción (default: opción escalonada)
- **Diseño de la solución:** Consiste en construir la o las opciones reales específicas
 - Identificación de la/s opciones y sus componentes
 - Elección del modelo de valuación
 - Identificación de los parámetros a instanciar
- **Implementación:** consiste en calcular efectivamente el valor de la opción
 - Asignación de valores a los parámetros
 - Cómputo del precio de la opción
- **Análisis y validación de resultados:** Consiste en determinar si el proyecto vale la pena y si los resultados obtenidos son confiables
 - Comparación con proyectos anteriores
 - Análisis de sensibilidad
 - Registro de resultados

Todas estas etapas van acompañadas de tareas (que pueden ser obviadas, según la complejidad del caso) de **Verificación**, orientadas a determinar la consistencia entre los distintos pasos de la metodología (por ejemplo, si el diseño de la solución contempla todas las fuentes enumeradas en la especificación o se justifica la eliminación de alguna, si se asignaron valores a todos los parámetros para el cómputo, etc.).

Como se ve, esta metodología es sumamente simple y general. Sin embargo, algunas consideraciones básicas para el éxito en su aplicación se describen a continuación:

- Como en todo proyecto de IT, el punto fundamental es comprender correctamente los requerimientos. En este caso, eso se traduce en entender cuál es el proyecto a evaluar (dónde empieza, dónde termina, cuáles son las etapas posibles), entender qué componentes siguen procesos estocásticos y cuáles son determinísticas (por ejemplo, los costos podrían ser fijos) y cuáles son todas las posibles fuentes de beneficios (tangibles e intangibles). Establecer para qué se hace la evaluación (comparar, decidir rangos de inversión, evaluar proyectos futuros, etc.) es importante también.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Los beneficios futuros están asociados a proyectos cuyo costo es independiente del costo de la mejora de los datos. Es importante identificar estos proyectos si existen y tratar de estimar también su costo.
- El diseño de la solución debe contemplar la posibilidad de evaluar más de una opción, ya sea por diferentes proyectos futuros, por diferentes alternativas de inversión, por escalonamientos y tiempos diferentes, etc. Esto incluye ya dentro del mismo marco metodológico la posibilidad de considerar diferentes escenarios, enriqueciendo notablemente el análisis.
- La elección del modelo de valuación es importante para garantizar la corrección del análisis. Sin embargo, frente a un contexto de alta incertidumbre y de poca experiencia en el uso de la técnica, es conveniente favorecer modelos más simples (considerando sus limitaciones) y, a partir del registro de la experiencia, buscar modelos que se adapten mejor al problema a resolver.
- El análisis de los resultados es fundamental no sólo para el proyecto que se intenta evaluar, sino para el aprendizaje que permitirá mejorar la aplicación del modelo en lo sucesivo. La definición de indicadores adecuados y el registro de lo estimado vs. ocurrido son útiles para sistematizar la experiencia y hacerla más objetiva, permitiendo calibrar mejor los procesos estocásticos (volatilidades, tasas, rangos de beneficios, etc.).
- Es conveniente (y más aún en el contexto de la metodología NEAT, como se verá en la próxima sección), repetir el análisis a medida que se avanza y se va ganando certidumbre en el proyecto, para mejorar la toma de decisiones.

En el caso de estudio se verá la aplicación concreta de esta metodología a un problema real.

6.5 Una opción real para un proyecto de DQ basado en la metodología NEAT

Para que la metodología propuesta no resulte tan abstracta, considerando que la estamos presentando para un tipo de proyectos específico (proyectos de calidad de datos siguiendo la metodología NEAT) en esta sección vamos a describir cómo se debe construir una opción real con estas características. Sin embargo, esto no quita que en diferentes circunstancias sea otro tipo de opción el más conveniente (de hecho, las posibilidades son numerosas y dependen básicamente del objetivo del análisis). Esta sección puede considerarse una *semiinstanciación* de las etapas 1 y 2 de la metodología presentada.

Algunas consideraciones:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Recordemos que la metodología NEAT es una metodología secuencial, que propone básicamente la realización de un diagnóstico del estado de los datos para elaborar un plan de mejora que consiste en diversas tareas correctivas y preventivas, la ejecución del plan y el monitoreo constante de la calidad de los datos posterior a la mejora. Dejaremos esta última etapa fuera del alcance de los proyectos a evaluar por razones de simplicidad. De todas maneras, vale la pena mencionar que el costo del monitoreo es en principio fijo y a intervalos de tiempo constante; de descubrirse mermas importantes en la calidad de los datos podría tener que realizarse tareas más complejas que ameritarían un análisis en sí mismas. Por lo tanto, podríamos pensar que el tipo de opción que más se adapta a este tipo de proyectos es el de opción escalonada o compuesta (staged/compound option).
- Notemos que los beneficios que se obtienen de este tipo de proyectos están asociados a proyectos a realizar en el futuro, que tienen su propio costo. Para estos proyectos, habría que establecer el estado mínimo de los datos necesario para ejecutarlos, para determinar su factibilidad operativa en el análisis.
- Una característica de la metodología NEAT que no hemos mencionado hasta el momento es que el costo de la etapa de diagnóstico es prácticamente fijo y se puede estimar con bastante exactitud al comienzo del proyecto (de hecho, hay pocas variaciones incluso entre conjuntos de datos de diversa envergadura y organizaciones más o menos complejas).
- Un plan de mejora puede consistir de varias tareas, cada una con su correspondiente costo y su correspondiente expectativa de mejora. La organización puede decidir realizar sólo algunas de ellas, escalonarlas de diferente manera, etc. En este caso, habría que contemplar dependencias entre tareas para no plantear escenarios incorrectos.
- En el caso de datos de mala calidad, la empresa puede estar perdiendo plata por ello (como se verá en el caso de estudio). En este caso, el beneficio de la mejora de los datos va a ser evitar esa pérdida y, por lo tanto es directa y positiva. El problema es que no siempre una mejora total es alcanzable y puede lograrse una reducción parcial de la pérdida, con alguna probabilidad.

Proponemos aquí un análisis en dos niveles que permita la realización de una evaluación preliminar para determinar si vale la pena encarar un proyecto de mejora de la calidad de los datos en el marco de NEAT y luego un análisis más detallado que contemple las tareas específicas a realizar. Vale la pena mencionar que la aplicación del modelo agrega algunos requerimientos a la metodología. Estos serán explicitados en lo sucesivo.



6.5.1 Primer nivel

Un primer análisis a realizar antes de la elaboración del diagnóstico puede ser bajo qué contexto el diagnóstico es justificable. Esto es, aún sin conocer el costo de la mejora, evaluar distintas posibilidades con distintas probabilidades (de acuerdo a la percepción subjetiva de la calidad de los datos), considerando probabilidades también para el éxito de la mejora y considerando diferentes proyectos contingentes. En este caso, y por razones de simplicidad, se recomienda aplicar el modelo binomial de valuación y construir una opción para cada costo de plan de mejora considerado (de hecho, podría construirse una opción para cada par costo de mejora-proyecto considerado, pero podría generar un número demasiado alto de opciones; la recomendación es considerar uno o dos proyectos contingentes solamente).

Preguntas que se espera responder (dependiendo de los datos con que se cuente y de las opciones planteadas):

- Cuánto vale la pena invertir en calidad de datos?
- Vale la pena encarar el diagnóstico?
- Para qué valor esperado de mejora y qué proyectos contingentes?
- Vale la pena invertir más/menos en el diagnóstico?

Parte del diseño de la solución consiste en identificar el conjunto de preguntas a responder. De hecho, el diseño se realiza en función de estas preguntas.

Para ello necesitamos establecer (al menos estimándolos):

- Costo, duración y probabilidad de éxito posible de la mejora: si existen datos de experiencias anteriores, se puede usar esta información
- Costo, beneficios, duración y probabilidad de éxito del/los proyectos: aquí alcanza con conocer estimaciones pesimistas y optimistas sobre el flujo de fondos del proyecto futuro. Notar que el proyecto puede implicar una inversión previa que no se considera una etapa del análisis de opciones. Esto es, una vez que la mejora fue exitosa, el proyecto se realiza en su totalidad.
- Volatilidad de los proyectos: se infiere de los escenarios, a partir de la probabilidad de éxito de los proyectos¹.
- Costo y duración del diagnóstico
- Tasa libre de riesgo (usada por la empresa)

¹ Si el valor esperado del proyecto ($E(S)$) es $E(S) = S_{\max} * q_{\max} + S_{\min} * q_{\min}$

entonces $Var(S) = (S_{\max} - E(S))^2 * q_{\max} + (S_{\min} - E(S))^2 * q_{\min}$ y

$\sigma = Var(S)^{1/2}$



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- WACC (costo ponderado del capital de la empresa) o tasa de descuento usada para cálculos de NPV

Requerimientos adicionales sobre NEAT:

- Si este nivel se realiza previo a la elaboración del diagnóstico, no hay requerimientos adicionales.
- Si se reevalúa una vez finalizado el diagnóstico, los requerimientos adicionales son similares a los del segundo nivel de análisis

El precio resultante debería ser igual o inferior al costo del diagnóstico para que valga la pena llevarlo a cabo. Si se construye más de una opción, un análisis más detallado puede ser necesario (en todos los casos se justifica el diagnóstico, en qué casos no y cuán probables son, etc.).

En el caso de estudio mostraremos un ejemplo completo de este nivel.

6.5.2 Segundo nivel

En el segundo nivel se pretende hacer un análisis más detallado de la conveniencia de la mejora. Aquí los pasos a seguir son similares al primer nivel, salvo que el plan de mejora ya está desglosado y se puede intentar distintas combinaciones de tareas. Además, para cada proyecto futuro podemos establecer los requerimientos de calidad de datos necesarios y, por lo tanto, establecer en qué escenarios esos proyectos son factibles y en cuáles no (notar que factible y exitoso no son sinónimos). Necesitamos establecer:

- Distintas configuraciones de mejoras, ya sea por elegir subconjuntos de tareas propuestas o por variar el orden de su ejecución. Notar que si existe dependencia entre tareas, algunas configuraciones no serán factibles.
- Costo y probabilidad de éxito posible de cada configuración de mejora: si este análisis se realiza una vez finalizado el diagnóstico, se puede estimar el costo de cada tarea
- Costo posible y probabilidad de éxito del/los proyectos y determinación de los requerimientos mínimos de calidad, para establecer bajo qué configuración de mejora son factibles.
- Beneficios del/los proyectos

Preguntas que se espera responder (dependiendo de los datos con que se cuente y de las opciones planteadas):

- Vale la pena realizar la mejora?
- Vale la pena seguir adelante con la mejora?



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Cuáles son los proyectos y cuáles las actividades de mejora que vale la pena realizar?

Datos necesarios:

- Costo y duración del diagnóstico:
- Plan de mejora (desagregado por actividad o conjunto de actividades):
 - Actividad
 - Costo
 - Probabilidad de éxito
 - Duración
 - Dependencia entre actividades (o conjuntos)
- Proyectos futuros (un proyecto puede ser también un ahorro esperado de costos):
 - Proyecto
 - Costo y beneficios (NPV, cashflow estimado, etc.) optimistas
 - Costo y beneficios (NPV, cashflow estimado, etc.) pesimistas
 - Probabilidad del escenario pesimista
 - Probabilidad del escenario optimista
 - Duración
 - Prerrequisitos (actividades de calidad necesarias previas)
 - Volatilidad
- Combinaciones posibles de proyectos futuros: para armar distintos escenarios
- Tasa libre de riesgo (usada por la empresa)
- WACC (costo ponderado del capital de la empresa) o tasa de descuento usada para cálculos de NPV

Requerimientos adicionales sobre NEAT:

- Probabilidad de éxito del plan de mejora
- Probabilidad de éxito de las actividades de mejora
- Criterio de evaluación sistemático para determinar si se alcanzaron los objetivos de la actividad
- Requerimientos de calidad para cada proyecto contingente (puede ser expresado en términos de qué actividades de calidad deben haberse llevado a cabo exitosamente para realizarlo)
- Dependencia entre las actividades de calidad (qué actividades no pueden realizarse si alguna otra no se completó exitosamente; pueden no existir)
- Mejor y peor escenario para los proyectos futuros; probabilidad de cada escenario

Notar que este nivel da lugar a un conjunto de opciones. Contar con una herramienta de software que realice los cálculos simplifica notablemente la tarea y permite considerar un mayor número de escenarios.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Para esta evaluación también se sugiere utilizar el modelo binomial. Vale la pena destacar que este enfoque, si bien sencillo, plantea una limitación fundamental: no permite capturar la posibilidad de que el éxito de una actividad de mejora (o del plan en su conjunto) sea parcial. La utilización de árboles binarios obliga a tomar decisiones sí-no que no son las más naturales en este tipo de actividades. Sin embargo, es útil como aproximación y se elige esta alternativa en el contexto de un trade-off sencillez vs. poder expresivo. Queda para futuros trabajos mejorar el modelo.

En el caso de estudio mostraremos un ejemplo completo de este nivel.

6.6 Modelo de valuación de opciones

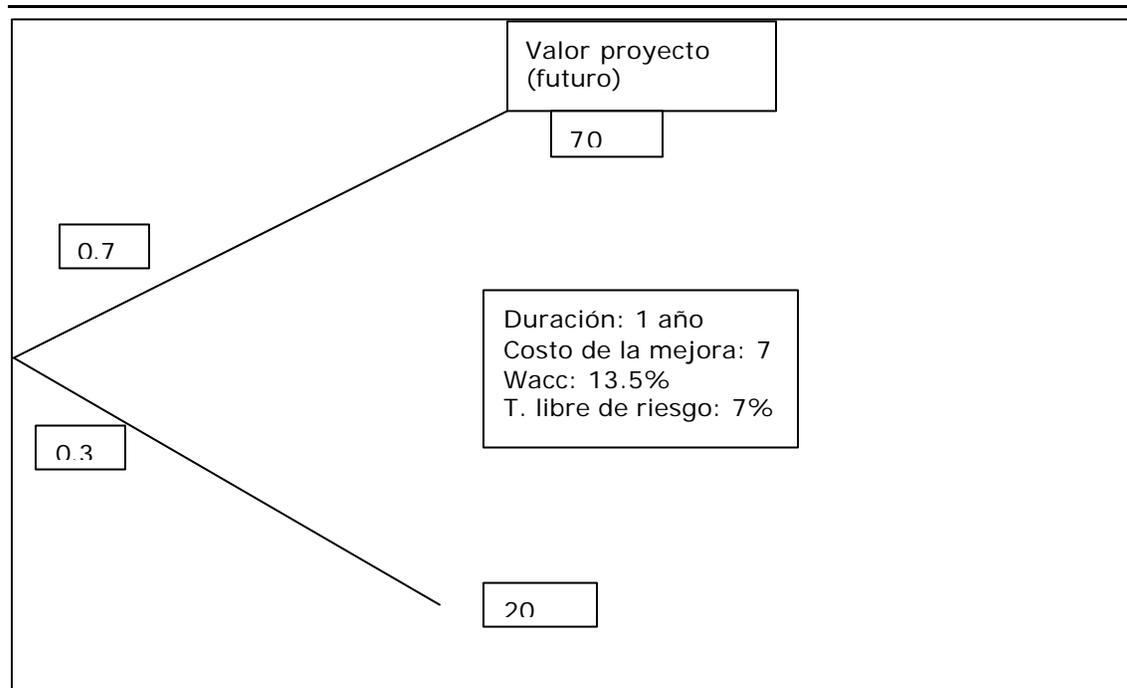
Hasta ahora hemos sugerido el uso del modelo binomial para la etapa de valuación. Esto se ha hecho por razones de simplicidad y porque la investigación en este tipo de proyectos (NEAT) aún no permite conocer en profundidad sus características para determinar (o construir) el modelo de valuación más apropiado. Algunos de los modelos nombrados en el capítulo anterior pueden ser de utilidad en algunos casos y ya han sido probados exitosamente en proyectos de IT. Sin embargo, este es un tema que consideramos abierto aún. Cabe hacer notar que esto no invalida el marco metodológico, ya que el modelo de valuación es un parámetro más a instanciar.

En este trabajo utilizamos el modelo binomial de acuerdo a lo propuesto por Brach en [Brach03]. Un ejemplo simple de aplicación del modelo se presenta a continuación:

Supongamos el siguiente escenario para un análisis de primer nivel:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos



Podemos calcular ([Brach03])

Valor esperado del proyecto:

$$V = (q_{\max} * S_{\max} + q_{\min} * S_{\min})$$

$$V = (0.7 * 70 + 0.3 * 20) = 55$$

$$\sigma = 40.31$$

Probabilidad neutral al riesgo²:

$$p = ((1 + r_{\text{free}} * V) - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min})$$

$$p = ((1.07 * 55) - 20) / (70 - 20) = 0.777$$

Valor de la opción:

$$C = ((p * S_{\max} + (1-p) * S_{\min}) / (1 + r_{\text{free}})^t) - K * (1 + r_{\text{wacc}})^t = 47.055$$

Donde K es el costo de la mejora, t es la duración de diagnóstico + mejora

$$C = ((0.777 * 70 + (1 - 0.777) * 20) / 1.07) - 7 * 1.135 = 47.055$$

El momento en que se calcula el valor de la opción es posterior a la mejora pero previo a la ejecución de los proyectos futuros. Es por ello que

² Brach ([Brach03]) utiliza esta fórmula para calcular p (propuesta por Trigeorgis y Mason) ya que resulta más simple que la utilizada en la valuación de opciones financieras y satisface las propiedades que debe cumplir p (ser una probabilidad y representar el valor que tendría q en equilibrio en un mundo neutral al riesgo). Por las mismas razones es que nosotros la utilizamos aquí.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

el VPN del proyecto futuro se descuenta y el costo de la mejora se lleva más adelante en el tiempo (estamos suponiendo un año aquí).

Por lo tanto, si estimamos gastar 7 en la mejora (con el resto de las condiciones establecidas) y el diagnóstico tiene un costo igual o inferior a $47.055/1.135$ (y su duración es despreciable frente a la duración de la mejora), se justifica la inversión (notar que los datos aquí no parecen verosímiles; se presentan sólo para ilustrar el método de valuación).

Si quisiéramos calcular el nivel crítico de inversión (o sea, el valor más allá del cual a la empresa no le conviene emprender el proyecto) K , deberíamos resolver la última ecuación igualándola a 0 y dejando variable el costo de la mejora. En este caso, el valor obtenido va a incluir el costo del diagnóstico más el costo de la mejora. Esto tiene sentido en proyectos NEAT teniendo en cuenta las duraciones de las etapas.

Aquí, suponiendo que la duración del diagnóstico + plan de mejora no excede el año, quedaría:

$$C = ((0.777*70 + (1-0.777)*20)/1.07) - K*1.135 = 0$$

O, lo que es lo mismo

$$(((0.777*70 + (1-0.777)*20)/1.07)) / 1.135 = K$$

y entonces $K = 48.458$

Por lo tanto, diagnóstico más plan de mejora no deben exceder los 48.458.

Notar que, conociéndose el costo del diagnóstico con anticipación, este análisis es un input fundamental para el nivel 2, ya que permite determinar en qué casos conviene encarar la mejora completa y en qué casos conviene priorizar tareas, aun antes de un análisis detallado.

Para aplicar este método a opciones escalonadas, se repite el análisis desde el final del árbol, etapa por etapa.

6.7 Resumen

Hemos presentado un marco metodológico sencillo y abstracto para aplicar opciones reales a la evaluación de proyectos de calidad de datos de acuerdo a la metodología NEAT. Si bien el modelo es sumamente general, hemos presentado los lineamientos para instanciarlo a proyectos del tipo que nos interesa evaluar.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

La adecuación del marco general a proyectos NEAT se ha realizado parcialmente para facilitar su uso. Esta adaptación se concentra en la etapa de diseño, para la cual se proponen dos niveles de análisis: uno preliminar (a realizar previo al diagnóstico y eventualmente repetir con el diagnóstico finalizado) y uno detallado (que contempla diferentes escenarios y posibilidades de éxito de las actividades de mejora). Estos niveles imponen requerimientos adicionales que deberán ser agregados a la metodología NEAT.

El registro de los resultados y la reevaluación para detectar desvíos resultan fundamentales para calibrar el uso del modelo en la organización.

En el próximo capítulo aplicaremos estos conceptos a un caso concreto con el fin de clarificar su utilidad.

Vale la pena mencionar una vez más que nos hemos concentrado en proponer una forma de pensar la conveniencia económica de los proyectos de calidad de datos usando opciones reales más que en la precisión de la evaluación numérica y del modelo de valuación elegido. Estos temas quedan para un futuro trabajo.



7 CASO DE ESTUDIO

You cannot acquire experience by making experiments. You cannot create experience. You must undergo it.
Albert Camus

En este capítulo aplicaremos la metodología descrita en el capítulo anterior a la evaluación de un proyecto real de DQ. Este proyecto se encuentra actualmente en la etapa de implementación de la mejora, por lo cual el análisis a realizar resulta sumamente útil para permitir a la gerencia de la compañía monitorear su evolución.

El proyecto está siendo desarrollado de acuerdo a la versión original de la metodología NEAT. Para aplicar el modelo de evaluación propuesto en este trabajo, se han solicitado datos adicionales a los participantes.

Seguidamente presentaremos los resultados obtenidos y las conclusiones. Para preservar la confidencialidad, se han sustituido los nombres verdaderos por nombres de fantasía y se han alterado algunos datos que no afectan la aplicación del modelo.

7.1 Especificación del problema

Petrolera Internacional está llevando adelante un proceso de aseguramiento de la calidad de la información geológica y geofísica (G&G) de la compañía.

Esta necesidad surge a partir del proyecto de catalogación de la información de G&G, por el cual la información pasará a ser administrada por un depósito externo a la compañía.

Existen informes realizados anteriormente, en los cuales se han manifestado problemas de calidad y flujos de información dentro de la compañía. Sin embargo, no se ha realizado un análisis sistemático para determinar la magnitud, la ubicación ni el origen de los problemas.

Algunos de los objetivos del proyecto son:

- Realizar un diagnóstico de la calidad de la información que reside actualmente en los sistemas de información de G&G
- Asegurar que la clasificación de la información que se está llevando a cabo cumpla con un nivel de calidad mínimo
- Asegurar que las herramientas utilizadas en el proceso modelen la información en forma adecuada
 - Analizar si no se pierde información o se generan inconsistencias
- Homogeneizar los datos cargados de las aplicaciones
 - Diagnóstico de información inter – aplicación
 - Corrección de información



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Redefinición de los flujos de carga
- Implantar un proceso de mejora continua de la calidad
 - Mediante la utilización de metodologías y herramientas
 - A través de capacitación personalizada y coaching

7.2 Diseño de la solución

Para evaluar este caso, aplicaremos los dos niveles propuestos. En esta sección diseñaremos las componentes que formarán parte de cada una de las evaluaciones. Algunos datos necesarios para los dos niveles (los valores monetarios son en MMU\$S):

- Tasa libre de riesgo (usada por la empresa): 7% (la empresa es una multinacional y se utilizan valores corporativos)
- WACC (costo ponderado del capital de la empresa) o tasa de descuento usada para cálculos de NPV: 13.5% (idem)
- Costo del diagnóstico: 0.1
- Duración del diagnóstico: 2 meses (básicamente por la necesidad de relevar con diversas fuentes poco disponibles)
- Costo, beneficios, duración y probabilidad de éxito del/los proyectos: en este caso, existe un único proyecto futuro identificado por la compañía (al menos inicialmente): el proyecto de catalogación de la información de G&G, por el cual la información pasará a ser administrada por un depósito externo a la compañía. Este es un proyecto de alto valor agregado pero cuya factibilidad depende de contar con datos de alta calidad. De no ser así, la gestión de la información resultaría sumamente compleja y sus resultados poco confiables. En un escenario optimista, el NPV de este proyecto a 5 años ha sido estimado en 9 (ingresos por 15) y en uno pesimista en 0.5 (ingresos por 5.35), siempre suponiendo la calidad mínima esperada en los datos. La probabilidad de ambos escenarios es del 50%. El costo del proyecto es de 4.21.

7.2.1 Primer nivel

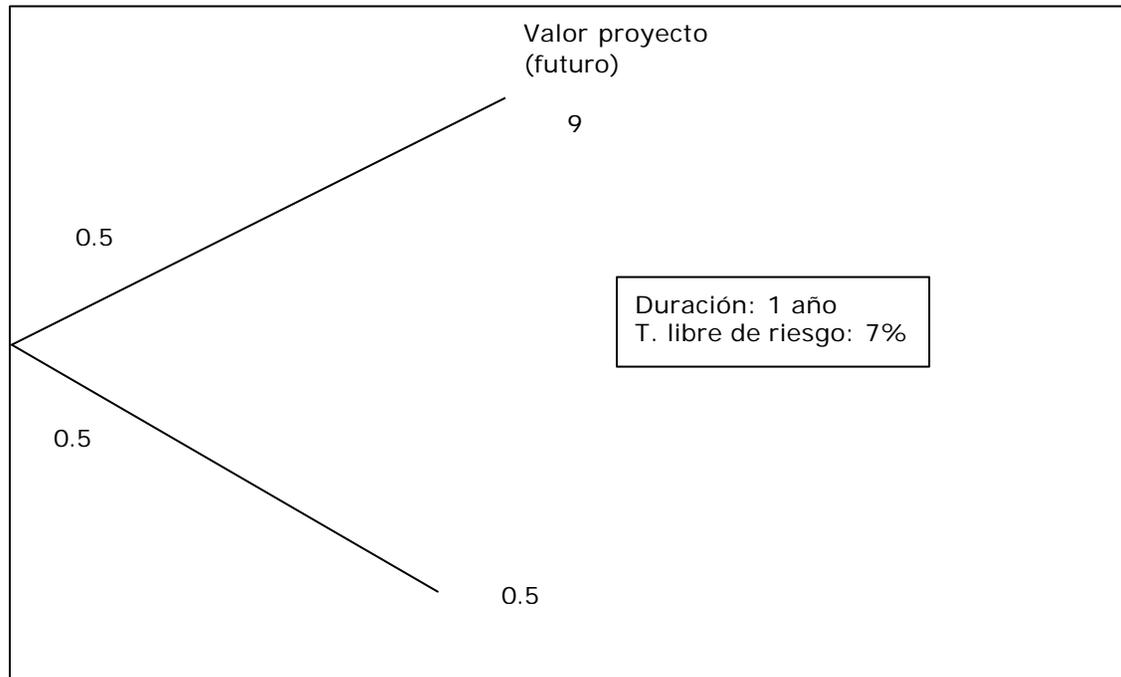
Para este primer nivel de análisis interesa conocer cuánto debería estar dispuesta a invertir la compañía en calidad de datos. Este resultado permitiría determinar la factibilidad del proyecto aun cuando no se conozca a priori el costo de la mejora: se puede averiguar el costo básico de ciertas actividades mínimas de corrección de datos (tomando en cuenta el volumen de datos manejado), el costo del diagnóstico es conocido y se pueden estimar algunas actividades adicionales preventivas en base a los informes ya existentes en la compañía.

Datos adicionales:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Duración y probabilidad de éxito posible de la mejora: como no existen antecedentes de proyectos de estas características en la compañía, estimaremos la duración total de diagnóstico + mejora en 1 año. Estos datos podrán ajustarse y/o mejorarse para proyectos futuros a medida que se avance en el trabajo.



7.2.2 Segundo nivel

Este análisis se realiza una vez conocidos los resultados del diagnóstico y estimadas las tareas del plan de mejora.

Preguntas que se espera responder:

- Vale la pena realizar la mejora?
- Vale la pena seguir adelante con la mejora?
- Cuáles son los proyectos y cuáles las actividades de mejora que vale la pena realizar?

Como se ha mencionado, en este caso existe un único proyecto futuro a evaluar, cuya factibilidad depende del éxito de todas las actividades de mejora. Un primer análisis en este nivel será similar al nivel anterior pero con los costos de la mejora y su probabilidad de éxito conocidos. Un segundo análisis identificará tareas secuenciales; la falla en una puede implicar la no consecución del proyecto y ésa es la flexibilidad que el modelo intenta capturar.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Datos necesarios:

- Primer análisis:
 - Duración, costo y probabilidad de éxito posible de la mejora
- Segundo análisis:
 - Plan de mejora (desagregado por actividad o conjunto de actividades):
 - Actividad
 - Costo
 - Probabilidad de éxito
 - Duración
- Dependencia entre actividades (o conjuntos)

Resultado del diagnóstico

Es importante destacar que es imposible conseguir la calidad total, no sólo porque existen circunstancias en las cuales no se puede validar la información y obtener los casos exactos, sino porque el costo del proceso supera el beneficio que se obtiene. Se presenta a continuación un extracto del diagnóstico que justifica el plan de mejora

Existe un problema en los datos que no permite distinguir en forma unánime un pozo.

Como resumen general de los problemas que se detectaron en este análisis se encontró las siguientes características:

- Problemas en la definición de Roles y Responsabilidades. No existe un único responsable de la información.
- Falta de definición de estándares para los datos internos de la compañía.
- Inconsistencia de información entre aplicaciones. Hay pozos repetidos con datos distintos y a veces inconsistentes entre sí.

Plan de mejora

Para resolver algunos de los problemas detectados en el diagnóstico se elaboró un plan de mejora. Se presenta a continuación una síntesis del mismo desde la perspectiva de la aplicación del modelo de valuación de proyectos propuesto (las actividades se presentan en el orden en que deben ser realizadas para garantizar la factibilidad del proyecto futuro):

- Definición e implantación de estándares de carga
 - Costo: 1.2
 - Probabilidad de éxito: 80% (obtenida a partir de estadísticas de este tipo de proyectos)
 - Duración: 3 meses
- Definición e implantación de flujos de trabajo, roles y responsabilidades



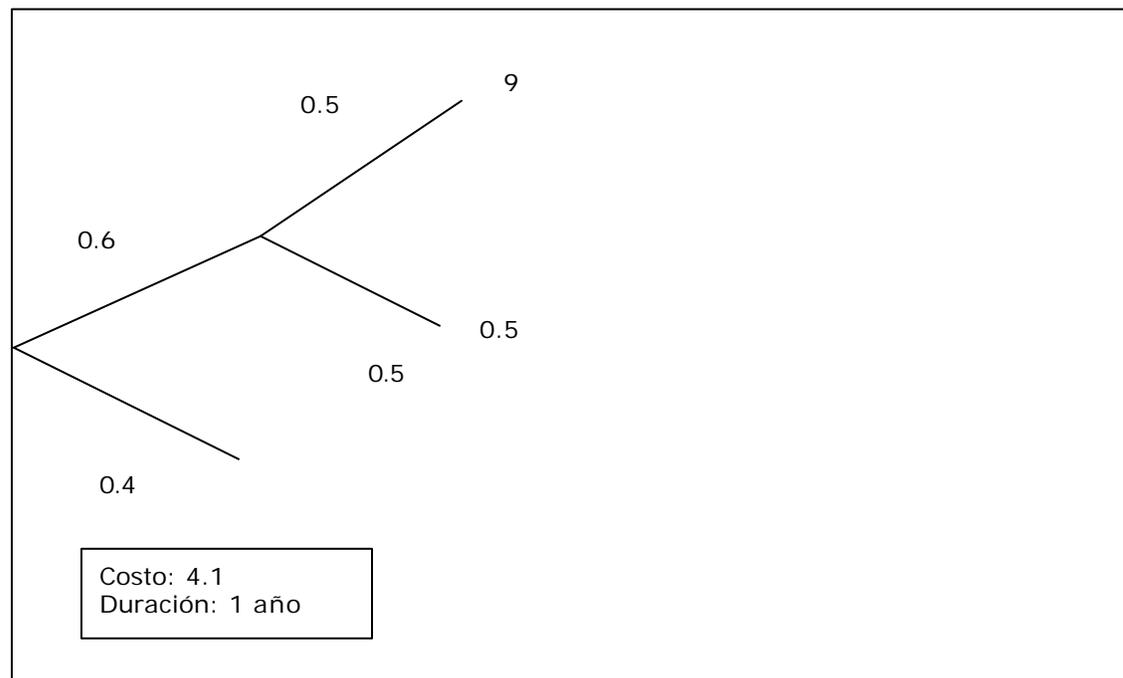
Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Costo: 1.3
- Probabilidad de éxito: 70% (obtenida a partir de estadísticas de este tipo de proyectos)
- Duración: 4 meses
- Corrección de datos
 - Costo: 1.5
 - Probabilidad de éxito: 50% (obtenida a partir de estadísticas de este tipo de proyectos)
 - Duración: 3 meses

Plan de mejora global:

- Costo: 4
- Duración: 10 meses
- Probabilidad de éxito: se ha estimado en 60% (considerando que el éxito de la mejora depende en un 50% del éxito de la corrección de los datos y en partes iguales del éxito del resto de las tareas)

Se presenta, a modo de ejemplo, un gráfico del diseño para el primer análisis



Este gráfico muestra la visión global de la mejora: el primer nodo indica que la mejora se hace, con un 60% de probabilidad de éxito. Si la mejora fracasa, el proyecto se abandona. Si la mejora es exitosa, se realiza el proyecto de catalogación de información, con un 50% de probabilidades de ser exitoso. La realización del proyecto depende del éxito del plan de



mejora en su conjunto y (de acuerdo al modelo propuesto y a lo que se muestra en el segundo nivel) del éxito de cada una de las actividades de mejora.

7.3 Implementación

El cálculo del valor de las opciones se realizó utilizando el modelo binomial. Debido a que no se contaba con herramientas de software de soporte, se definieron las funciones necesarias en Excel. Se pudo comprobar así la simplicidad del modelo elegido.

7.3.1 Primer nivel

De acuerdo al marco presentado en el diseño:

Valor esperado del proyecto:

$$V = (q_{\max} * S_{\max} + q_{\min} * S_{\min})$$

$$V = (0.5 * 9 + 0.5 * 0.5) = 4.75$$

$$\sigma = 4.25$$

Probabilidad neutral al riesgo:

$$p = ((1 + r_{\text{free}} * V) - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min})$$

$$p = ((1.07 * 4.75) - 0.5) / (9 - 0.5) = 0.539$$

Nivel crítico de inversión:

$$K = ((p * S_{\max} + (1-p) * S_{\min}) / (1 + r_{\text{free}})^t) - K * (1 + r_{\text{wacc}})^t = 0$$

$$K = ((0.539 * 9 + (1 - 0.539) * 0.5) / 1.07) / 1.135 = 4.18$$

7.3.2 Segundo nivel

Para evaluar las opciones escalonadas utilizaremos las fórmulas ya presentadas y razonaremos desde el final del proyecto hacia atrás, etapa por etapa³. Presentamos los datos en forma tabular

³ Aquí la evaluación la haremos al comienzo de cada nodo, por lo que no necesitaremos calcular el valor futuro del costo del nodo.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Primer análisis:

Etapa	VP en el punto (ingresos esperados sin el costo asociado)	q (éxito)	Duración	Costo (asociado al nodo)	Valor de la opción (en el nodo)	P
Proyecto	15 (máx) 5.35 (mín) 10.175 (esp)	0.5	1 año	4.21	5.96	0.573
Mejora + diagnóstico	13.2 (max) 0 (min) 5.4 (esp)	0.6	1 año	4.1	1.27	0.435

El valor de la opción en el primer nodo (último nodo del árbol previo a las hojas) se calcula utilizando las fórmulas ya usadas en el punto anterior para los valores de la tabla,

Valor esperado del proyecto:

$$V = (q_{\max} * S_{\max} + q_{\min} * S_{\min})$$

$$V = (0.5 * 15 + 0.5 * 5.35) = 10.175$$

Probabilidad neutral al riesgo:

$$p = ((1 + r_{\text{free}} * V) - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min})$$

$$p = ((1.07 * 10.175) - 5.35) / (15 - 5.35) = 0.573$$

y el valor de la opción resulta:

$$C = ((p * S_{\max} + (1-p) * S_{\min}) / (1 + r_{\text{free}})^t) - K$$

(notar que no llevamos K al futuro ya que nos estamos parando para el análisis previo a su inicio)

$$C = ((0.573 * 15 + (1 - 0.573) * 5.35) / 1.07) - 4.21 = 5.96$$

Para evaluar el nodo anterior, procedemos de manera similar. Para ello, calculamos el VP máximo del nodo suponiendo que el nodo siguiente del árbol fue exitoso y, por lo tanto, descontando el valor máximo por el WACC de la empresa en la cantidad de períodos (en este caso, el valor a descontar sería 15). El valor mínimo del nodo es siempre 0 (si no hay éxito, el proyecto se abandona) y el valor esperado se calcula utilizando las probabilidades de éxito y fracaso correspondientes. En este caso sería:

Valor Máximo:

$$S_{\max} = S_{\max'} / (1 + r_{\text{wacc}})^t$$

Donde $S_{\max'}$ es el valor máximo anterior calculado



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

$$S_{\max} = 15/1.135 = 13.2$$

Valor esperado del proyecto:

$$V = (q_{\max} * S_{\max} + q_{\min} * S_{\min})$$

$$V = (0.6 * 15 + 0.4 * 0) = 5.4$$

Probabilidad neutral al riesgo:

$$p = ((1 + r_{\text{free}} * V) - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min})$$

$$p = (1.07 * 5.4) / (13.2) = 0.435$$

y el valor de la opción resulta:

$$C = ((p * S_{\max} + (1-p) * S_{\min}) / (1 + r_{\text{free}})^t) - K$$

$$C = ((0.435 * 13.2 / 1.07) - 4.1) = 1.27$$

Segundo análisis

Etapa	VP en el punto (ingresos esperados sin el costo asociado)	q (éxito)	Duración	Costo (asociado al nodo)	Valor de la opción (en el nodo)	P
Proyecto	15 (máx) 5.35 (mín) 10.175 (esp)	0.5	1 año	4.21	5.965	0.573
Corrección de datos	13.2 (max) 0 (min) 4.48 (esp)	0.5	3 meses	1.5	3.225	0.363
Flujos, roles & responsabilidades	12.78 (max) 0 (min) 2.76 (esp)	0.7	4 meses	1.3	1.6	0.231
Estándares de carga	12.22 (max) 0 (min) 1.95 (esp)	0.8	3 meses	1.2	0.734	0.171

Notar que para el cálculo tomamos los valores del nodo del árbol en que estamos posicionados. Por ello, hemos debido desglosar los costos de los ingresos del proyecto futuro.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Para evaluar cada uno de los nodos se procedió de manera similar al primer análisis. Un detalle de estos cálculos se encuentra en el apéndice correspondiente.

La escasa duración de las tareas del plan de mejora complica el cálculo, ya que hace más engorroso el manejo de las tasas de descuento. Descontar en todos los casos sería incorrecto, ya que la duración total del proyecto es inferior a un año (y estaríamos castigando en exceso los valores). Una opción es conseguir tasas mensuales y trabajar de esa manera. En este caso, hemos obtenido la tasa mensual equivalente a la tasa anual de 7% lo cual resulta 0.5% (y la mensual para el wacc es de 1.1%; esto se usa para obtener los valores máximos en cada nodo).

7.4 Análisis

El primer nivel de análisis nos permite concluir, por un lado, que el costo del diagnóstico está justificado y, por el otro, que si el costo de la mejora no excede los 4 conviene, en principio, llevarla a cabo.

El segundo nivel nos da un panorama más detallado. Observamos que sigue siendo conveniente realizar el proyecto, pero vemos también cómo aumenta el valor de la opción a medida que se van cumpliendo exitosamente los hitos y se gana en certeza.

Un análisis de sensibilidad nos muestra que si las probabilidades se modifican, el resultado puede variar notablemente. Este es un factor a tener en cuenta, ya que las probabilidades son estimadas y un seguimiento adecuado de las tareas puede permitir calibrar el modelo.

Este caso en particular no presentó valores negativos. De ser así, se podría haber elegido un subconjunto de tareas a realizar, maximizando el valor de la opción pero garantizando a la vez satisfacer los requisitos de calidad necesarios para el proyecto.

Se nota además, que el desglose del proyecto en etapas permite determinar los casos en que conviene abandonar el proyecto, ya que la pérdida sería mayor. Este es un aporte fundamental del modelo al obligar a identificar esas etapas, más allá de la cuantificación.

De haber realizado un análisis de NPV, tomando un valor esperado de ingresos para el proyecto futuro, el resultado hubiese sido:

$$\text{NPV} = -4.1 + (4.75 / 1.135) = 0.08$$

Si bien el valor es positivo (lo cual no siempre sucede), no permitiría tomar la decisión de abandonar el proyecto si alguna de las actividades no resulta exitosa, con el consecuente perjuicio. O sea, el análisis mediante NPV no sólo puede hacer descartar proyectos valiosos; también puede comprometer a encarar proyectos riesgosos sin posibilidad temprana de revisión. De todas maneras, el valor aquí es bastante bajo, lo cual en



realidad podría llevar a descartar un proyecto que, al menos, tiene sentido comenzar. Vemos también que el valor de la opción es superior al NPV del proyecto.

7.5 Conclusiones

Hemos aplicado la metodología propuesta a un caso sencillo pero real. Esto nos ha permitido extraer las siguientes conclusiones:

- **Visión global:** el análisis permite tener una visión global del proyecto y de cuánto se estaría dispuesto a invertir en él, considerando las expectativas futuras.
- **Simplicidad de la implementación:** a pesar de no contarse con herramientas específicas de soporte a los cálculos, el uso del modelo binomial de valuación permitió definir de manera muy sencilla planillas de cálculo que efectuaran los cómputos, minimizando los tiempos de aplicación.
- **Captura la flexibilidad:** el modelo permite establecer etapas go-no go que dan un mayor margen de maniobra al management, permitiendo asumir riesgos controlados y postergar decisiones.
- **Enriquecer con el tiempo:** el modelo debe ser enriquecido permitiendo realizar análisis de sensibilidad, análisis de escenarios, combinaciones de proyectos, combinaciones de inversiones, etc.
- **Comparación con NPV:** se compararon los resultados obtenidos con el análisis más tradicional usando NPV, viéndose en la práctica las limitaciones del mismo.
- **Herramientas de soporte:** contar con herramientas de soporte, si bien no impidió la aplicación del modelo, resulta fundamental para poder ampliar el alcance de la evaluación, que de otra manera se vuelve engorrosa y poco seguible.
- **Complejidad del caso:** se utilizó un caso simple, por lo que resulta imprescindible experimentar con situaciones de mayor complejidad.
- **Manejo del tiempo:** si las tareas son de corta duración, el manejo del tiempo complica el uso de las tasas de descuento.
- **Éxito parcial de las actividades:** el modelo de valuación elegido no permite considerar éxito parcial de las actividades, restringiendo el análisis.



8 CONCLUSIONES

That is what learning is. You suddenly understand something you've understood all your life, but in a new way.
Doris Lessing

Como objetivos del presente trabajo nos propusimos definir un marco metodológico para evaluar el beneficio de un proyecto de mejora de la calidad de los datos usando opciones reales y validar la propuesta mediante un caso de estudio. En el marco de esas tareas hemos logrado extraer las siguientes conclusiones:

- **Importancia de los datos:** En los últimos años los datos han pasado a constituir un activo en las organizaciones, ya que resultan fundamentales para la operación cotidiana y para la toma de decisiones estratégicas. Por lo tanto, su calidad es un tema preocupante en las empresas.
- **Dificultad para justificar proyectos:** A pesar de la importancia de la información, a las organizaciones les cuesta encontrar una justificación económica para invertir en la mejora de sus datos, ya que no llegan a ver cuál es el beneficio de hacerlo.
- **Limitaciones de los enfoques tradicionales:** Las técnicas tradicionales están muy limitadas ya que no consideran la posibilidad de cambios en las secuencias de inversión (ni la posibilidad de abandonar un proyecto), consideran costos determinísticos y conocidos (lo cual no siempre es válido) y pueden tener cierto grado de arbitrariedad en la elección de la tasa de descuento, además de la determinación de los flujos futuros.
- **Opciones reales:** Aparecen como una alternativa adecuada para razonar sobre proyectos de calidad en general y de calidad de datos en particular ya que permiten considerar incertidumbre en costos y beneficios, flexibilidad para decidir seguir adelante con el proyecto, diferentes oportunidades abiertas, etc.
- **Marco metodológico:** Hemos propuesto un marco metodológico para utilizar opciones reales para la evaluación de proyectos de calidad de datos. El marco es general y lo hemos instanciado para este tipo de proyectos en particular. No hemos puesto énfasis en el método de valuación, ya que preferimos priorizar el modelo de razonamiento subyacente.
- **Limitaciones del modelo de valuación:** no permite capturar la posibilidad de alcanzar resultados parciales de mejora.
- **Validación con caso de estudio:** la aplicación de la metodología a un caso concreto permitió comprobar su simplicidad, la facilidad de su implementación y también algunas de sus limitaciones (resultado binario



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

de las actividades, estimación arbitraria de algunas probabilidades, manejo del tiempo).

- Dificultad para cuantificar: la metodología propuesta no resuelve las dificultades existentes a la hora de cuantificar beneficios y oportunidades. Es más, el análisis de diferentes escenarios, si bien es posible, puede resultar altamente complejo y engorroso.



9 TRABAJOS FUTUROS

Experience is not what happens to a man; it is what a man does with what happens to him.

Aldous Huxley

- Validar la adecuación del modelo mediante más casos reales de diferentes industrias
- Extender la propuesta a proyectos de inversión calidad de software en general. Aquí sólo es necesario revisar cómo instanciar algunas etapas, ya que el marco metodológico es el mismo
- Desarrollar herramientas que permitan automatizar el proceso de valuación y el registro de resultados. Estudiar hasta qué punto las herramientas existentes se adaptan, qué mejoras son necesarias, etc.
- Considerar para el análisis combinaciones de proyectos futuros, evitando las simplificaciones presentadas en este trabajo.
- Estudiar cómo incorporar sistemáticamente beneficios intangibles al análisis, teniendo en cuenta la frecuencia de su aparición en este tipo de proyectos.
- Sistematizar el análisis de escenarios para pasar de uno a otro de manera sencilla y facilitar las comparaciones.
- Considerar otros modelos de valuación que tengan en cuenta las características particulares de este tipo de proyectos. En particular, el modelo binomial que hemos usado aquí, además de las limitaciones conocidas, no contempla la posibilidad de alcanzar resultados parciales con las mejoras (se alcanza- no se alcanza).
- Extender el modelo para considerar distintas combinaciones de inversión en calidad (software + datos). Esto podría realizarse en el mismo contexto de análisis de escenarios presentado.
- Incorporar a la metodología NEAT los requerimientos adicionales exigidos por el modelo propuesto.



10 REFERENCIAS

Reading, after a certain age, diverts the mind too much from its creative pursuits. Any man who reads too much and uses his own brain too little falls into lazy habits of thinking.
Albert Einstein

- [AK98] Amran & Kulatilaka: *Real Options*, Harvard Business School, 1998
- [Ben02] Benaroch, M: *Managing information technology investment risk: a real options perspective*, Forthcoming in Journal of Management Information Systems, 2002
- [Bern 98] Bernstein, P.: *Against the gods*, Wiley & sons, 1998
- [BK 99] Benaroch & Kauffman: *A case for using real options pricing analysis to evaluate information technology project investments*, Information Systems Research Vol 10 N. 1, 1999
- [BM01] Brealey & Myers: *Principles of Corporate Finance, 6th edition*, McGraw-Hill, 2001
- [BMY98] M. Bobrowski, M. Marré, D. Yankelevich: *A Software Engineering view of data quality*, Proceedings of 2nd European Quality Week 1998 Bruselas
- [BMY01] Bobrowski, Marré & Yankelevich: *A NEAT Approach for Data Quality Assessment*, In Information & Database Quality - Calero, Genero & Piattini (eds.), Kluwer, 2001
- [Bohem81] Bohem, B: *Software Engineering Economics*, Prentice-Hall, 1981
- [Brach 03] Brach, M.: *Real Options in Practice*, Wiley & sons, 2003
- [BS01] Boehm & Sullivan: *Software Economics , A Roadmap*, ICSE 2000 Invited Paper, 2000
- [Clarín 02] Diario Clarín: *En el Veraz por error: lo indemnizan*, 21/10/2002, y *La banda de ladrones de datos desactivada en Nueva York*, 2/12/2002
- [DAM01] Damodaran, A.: *The dark side of valuation*, Prentice Hall, 2001
- [ENG99] English L.: *Improving Data Warehouse and Business Information Quality*, John Wiley & Sons, 1999
- [FP98] Fenton N. , Pfleeger S.: *Software Metrics, A Rigorous and practical Approach*, 2nd ed, Fenton & Pfleeger- Brooks/Cole Pub, 1998
- [HW99] Huang K., Lee Y., Wang, R.: *Quality Information and Knowledge*, Prentice Hall, 1999
- [KP96] Kitchenham & Pfleeger: *Software Quality – The elusive target*, IEEE Computer, January 1996
- [Los 01] Loshin, D: *The cost of poor data quality*, DM direct, 2001



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

-
- [ORR98] Ken Orr: *Data Quality and Systems Theory*, Communications of the ACM – February 1998/Vol 41 No 2
 - [PAU00] Linda Dailey Paulson: *Data Quality: A Rising E-business Concern*, IT Professional July/August 2000
 - [PK02] Pawlina, G and Kort, P: *The strategic value of flexible quality choice: a real options analysis*, 2002
 - [RED01] Thomas C. Redman: *Data Quality - Field Guide*, Digital Press 2001
 - [RED96] Thomas C. Redman: *Data Quality for the Information Age*, Artech House 1996
 - [Ros02] Rosenberg, L: *What is software quality assurance?*, Crosstalk, May 2002
 - [SCJS99] K.J. Sullivan, P. Chalasani, S. Jha, and V. Sazawal: *Software design as an investment activity: A real options perspective* - in Real Options and Business Strategy: Applications to Decision Making, L. Trigeorgis, consulting editor, Risk Books, December 1999
 - [SHK98] Slaughter, Harter & Krishnan: *Evaluating the cost of software quality*, Communications of the ACM – August 1998, Vol 41, No. 8
 - [SZ00] Schwartz & Zozaya-Gorostiza: *Investment under Uncertainty in Information Technology: Acquisition and Development Projects*, 2001
 - [TB98] Giri Kumar Tayi and Donald P. Ballou, Guest Editors: *Examining Data Quality*, Communications of the ACM – February 1998/Vol 41 No 2
 - [TRI02] *The ROI of Data Quality* - Trillium Software, 2002
 - [WAN98] Richard Y. Wang : *A Product Perspective on Total Data Quality Management*, Communications of the ACM – February 1998/Vol 41 No 2
 - [WW96] Yair Wand and Richard Y. Wang: *Anchoring Data Quality Dimensions in Ontological Foundations*, Communications of the ACM – November 1996/Vol 39 No 11



11 APÉNDICE I: DETALLE DE LOS CÁLCULOS

Mathematics is a game played according to certain simple rules with meaningless marks on paper.
David Hilbert

Se presentan a continuación las planillas utilizadas para los cálculos del capítulo 7.

Los nodos se numeran en el orden de su evaluación (que es inverso al orden cronológico)

Primer nodo			
Concepto	Valor		Fórmula
q _{max}	0.5		Dato
q _{min}	0.5		Dato
S _{max}	15		Dato
S _{min}	5.35		Dato
r _{free}	0.07	1.07	Dato
r _{wacc}	0.135	1.135	Dato
Duración (t)	1		Dato
Costo etapa (K)	4.21		Dato
V esp	10,175		$q_{max} * S_{max} + q_{min} * S_{min}$
p free	0,574		$((1+r_{free} * Vesp) - S_{min}) / (S_{max} - S_{min})$
Vop	5,965		$((p * S_{max} + (1-p) * S_{min}) / (1+r_{free})^t) - K$

Segundo nodo			
Concepto	Valor		Fórmula
q _{max}	0.5		Dato
q _{min}	0.5		Dato
S _{max}	13,216		$S_{max} = 15 / (1+r_{wacc})$
S _{min}	0		Dato
r _{free (mensual)}	0.005	1.005	Dato
r _{wacc}	0.135	1.135	Dato
Duración (t)	3		Dato(en meses)
Costo etapa (K)	1.5		Dato
V esp	4,482		$V esp = (q_{max} * S_{max} + q_{min} * S_{min})$
p free	0,363		$p = (1+r_{free} * Vesp) / S_{max}$
Vop	3,225		$(p * S_{max} / (1+r_{freemensual})^t) - K$
r _{wacc (mensual)}	0.011	1.011	Dato
r _{free}	0.07	1.07	Dato



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

Tercer nodo			
Concepto	Valor		Fórmula
q _{max}	0,7		Dato
q _{min}	0,3		Dato
S _{max}	12,780		$13.216 / (1+r_{waccmensual})^3$
S _{min}	0		Dato
r _{free} (mensual)	0,005	1,005	Dato
r _{wacc}	0,135	1,135	Dato
Duración (t)	4		Dato(en meses)
Costo etapa (K)	1,3		Dato
V esp	2,764		$q_{max} * S_{max} + q_{min} * S_{min}$
p free	0,231		$(1+r_{free} * Vesp) / S_{max}$
Vop	1,600		$(p * S_{max} / (1+r_{freemensual})^t) - K$
r _{wacc} (mensual)	0,011	1,011	Dato
r _{free}	0,07	1,07	Dato

Cuarto nodo			
Concepto	Valor		Fórmula
q _{max}	0,8		Dato
q _{min}	0,2		Dato
S _{max}	12,220		$12.780 / (1+r_{waccmensual})^4$
S _{min}	0		Dato
r _{free} (mensual)	0,005	1,005	Dato
r _{wacc}	0,135	1,135	Dato
Duración (t)	5		Dato(en meses)
Costo etapa (K)	1,3		Dato
V esp	1,949		$q_{max} * S_{max} + q_{min} * S_{min}$
p free	0,171		$(1+r_{free} * Vesp) / S_{max}$
Vop	0,734		$(p * S_{max} / (1+r_{freemensual})^t) - K$
r _{wacc} (mensual)	0,011	1,011	Dato
r _{free}	0,07	1,07	Dato



12 APÉNDICE II: CALIDAD EN SOFTWARE

Part of the inhumanity of the computer is that, once it is competently programmed and working smoothly, it is completely honest.

Isaac Asimov

If you can't make it good, at least make it look good.

-- Bill Gates

Para poder hablar de calidad en software, en primer lugar necesitamos establecer qué entendemos cuando decimos calidad. Existen muchas definiciones alternativas, y una de las características que comparten es su alto grado de ambigüedad. He aquí algunos ejemplos:

- Según la IEEE, calidad es "el grado en el cual un sistema, un componente, o las reuniones del proceso (1) especificaron requisitos, y (2) necesidades del cliente o del usuario o expectativas."
- Según la ISO, calidad es "la totalidad de características de un producto o de un servicio que refieren a su capacidad de satisfacer las necesidades especificadas o implicadas."

Las definiciones de IEEE y de la ISO asocian calidad a la capacidad del producto de satisfacer su función. Esto se relaciona con las características del producto.

Más allá de la ambigüedad existente, existen numerosos criterios para clasificar la calidad en software, que permite acercarse a definiciones más concretas. Una primera clasificación habla de calidad de:

- Proceso: métodos y técnicas utilizados para el desarrollo del producto. Un axioma fundamental de la ingeniería del software sostiene que procesos de mejor calidad permiten obtener productos de mejor calidad (pero no lo garantizan). Cuando un proceso es mejorado, el número de productos deficientes descenderá, los costos de modificación y corrección descenderán, y las ganancias deberían incrementarse.
- Producto: si bien la calidad del producto final está relacionada con la calidad del proceso utilizado para desarrollarlo, existen atributos específicos del producto que sólo pueden ser evaluados a la luz del resultado obtenido
- Datos: en los últimos años, la creciente importancia de los datos en las organizaciones ha abierto una nueva rama de la calidad que los enfoca específicamente, ya que en cierta medida son independientes de los productos y los procesos.

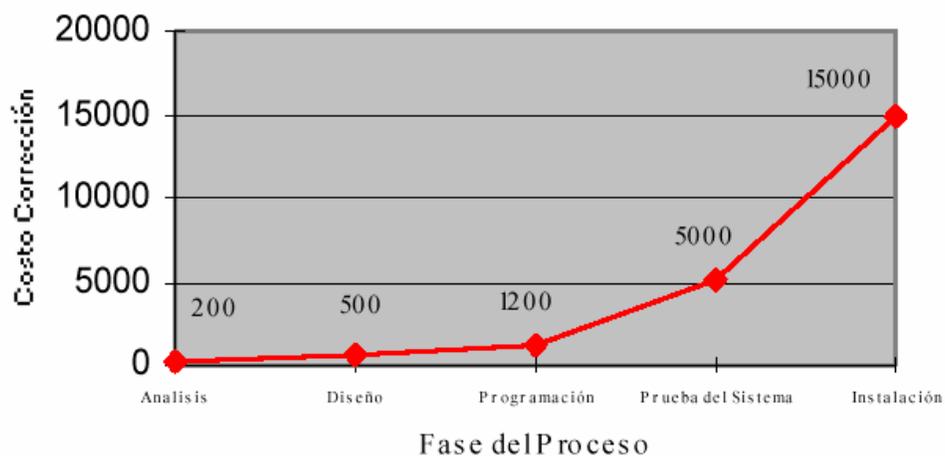
Software Quality Assurance (SQA)

El *Handbook of Software Quality Assurance* presenta la siguiente definición: "Software quality assurance es el conjunto de actividades



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

sistemáticas que proveen evidencia de la habilidad de un proceso de software de producir un producto que es apto para el uso." Según [Ros02] el foco de SQA es monitorear continuamente el ciclo de vida de desarrollo de software para garantizar la calidad del producto entregado. Esto requiere monitorear tanto los procesos como los productos. En lo que hace a aseguramiento de procesos, SQA provee al management de datos objetivos en relación a la adecuación a los planes aprobados, procedimientos, estándares, etc. Las actividades de aseguramiento del producto se focalizan en cada etapa del ciclo de vida con el objetivo de eliminar defectos tan temprano como sea posible, reduciendo los costos de prueba y mantenimiento.



Fuente: B. Boehm, "Software Engineering Economics" Prentice Hall, 1981.

En organizaciones grandes son departamentos independientes que evalúan la calidad de los procesos usados y los productos creados por dicha organización.

Según el Software Engineering Institute (SEI): "El propósito de SQA es proveer al management de la visibilidad adecuada sobre el proceso utilizado en el proyecto de software y los productos que se están construyendo". En este contexto, identificamos dos grandes tipos de tareas:

- **Quality Control (QC) (Detección)**
 - Las actividades que se realizan para encontrar errores en productos de software incluyendo todas las formas de testing e inspecciones.
- **Quality Assurance (QA) (prevención y medición)**
 - Actividades que controlan en los proyectos la aplicación correcta y efectiva de procedimientos y prácticas ya existentes.



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

- Actividades que miden la calidad de un producto de software y evalúa su liberación al “mercado”.
- Actividades que hacen a la mejora de los procesos que reducirán la posibilidad de incorporación de errores en futuros productos de software.



13 APÉNDICE III: OPCIONES

Finance is the art of passing currency from hand to hand until it finally disappears.

Robert W. Sarnoff

Economics is extremely useful as a form of employment for economists.

John Kenneth Galbraith

Los derivados son instrumentos financieros que no tienen valor por sí mismos ([Bern98]). Se llaman derivados porque su valor deriva del valor de algún otro activo, que es precisamente por lo que sirven para protegerse del riesgo de fluctuaciones de precio inesperadas. Los derivados tienen valor sólo en un contexto de volatilidad.

Existen básicamente dos tipos de derivados: futuros (contratos para entregas futuras a precios especificados) y opciones (que dan a una parte la oportunidad de comprar o vender a la otra parte a un precio predeterminado). Ya Aristóteles describía una opción como “un artefacto financiero que involucra un principio de aplicación universal”. Y es interesante destacar que lo primero que aparece en la historia, por razones obvias, son opciones sobre activos reales y no financieros.

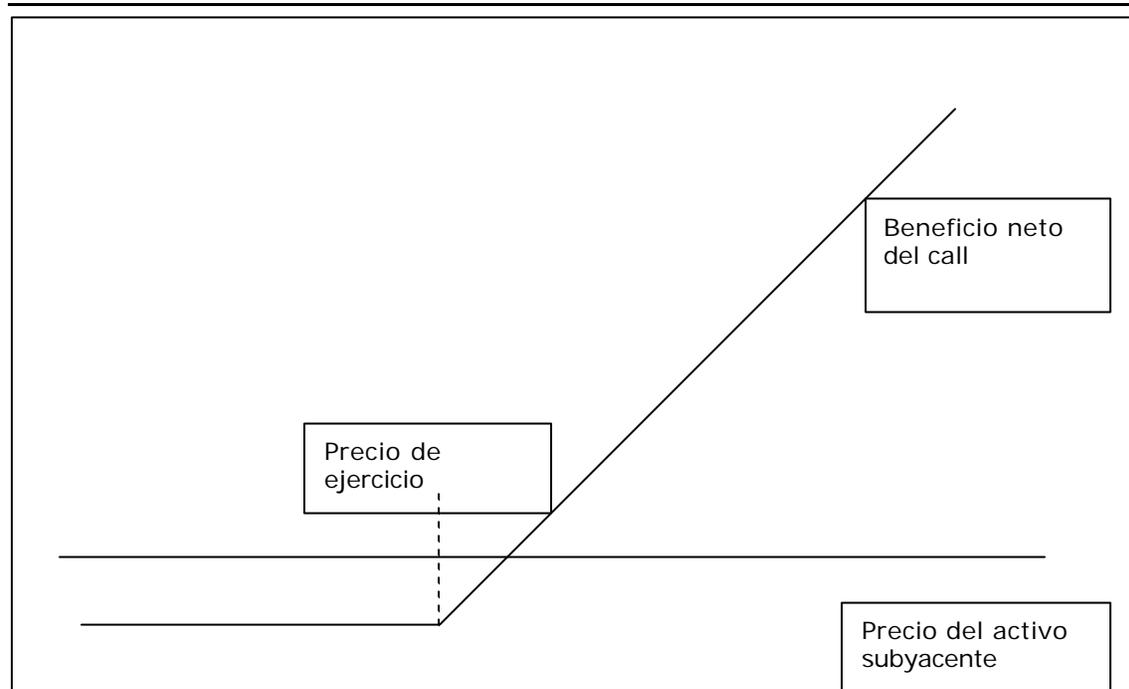
Damodaran, en [Dam01] presenta una breve y clara introducción a la teoría de opciones financieras:

Una opción de compra (*call*) es un contrato por el que el comprador tiene el derecho, pero no la obligación, de comprar un determinado activo (*activo subyacente*) a un determinado precio (*precio de ejercicio*) y en una determinada *fecha de ejercicio o expiración*. El vendedor del *call* tiene la obligación de vender el activo subyacente en la fecha determinada y al precio acordado si el comprador decide ejercer la opción. El comprador paga un precio por la opción. Si en el momento de expiración el valor del activo subyacente es menor que el precio de ejercicio, la opción no se ejerce y expira. Si, por el contrario, el valor es superior al precio de ejercicio, la opción se ejerce: el comprador de la opción adquiere el activo al precio de ejercicio, y la diferencia entre el valor del activo y el precio de ejercicio constituye la ganancia bruta de la inversión. La ganancia neta está dada por la diferencia entre la ganancia bruta y el precio pagado por la opción.

En la siguiente figura se observa el payoff de un *call*:



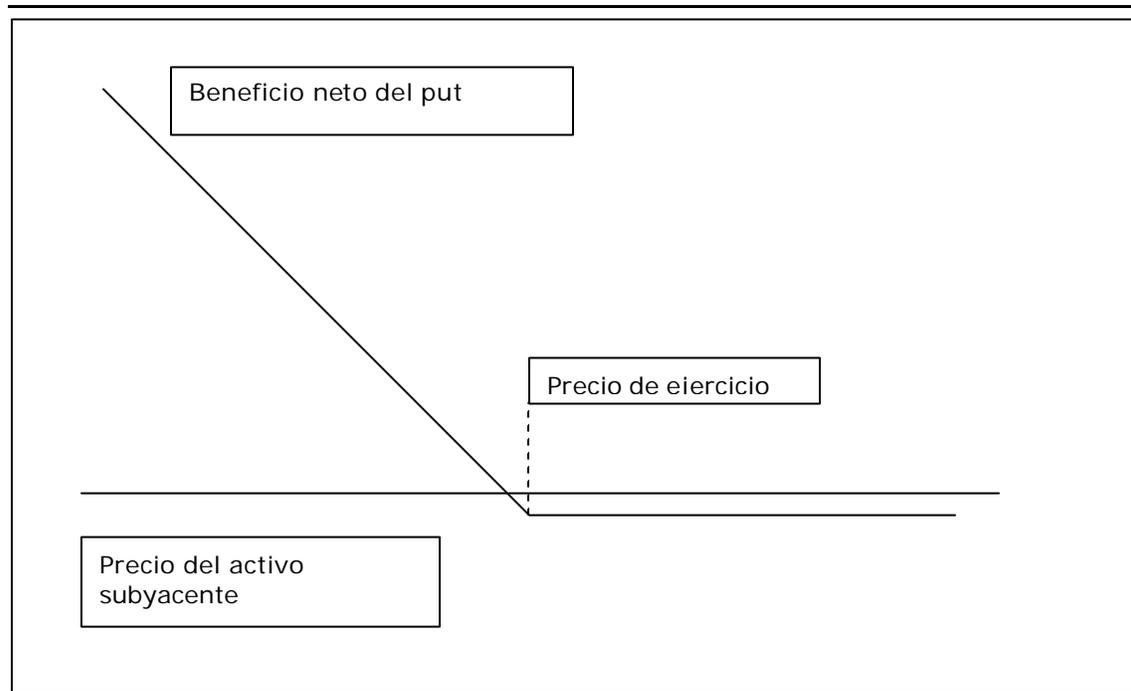
Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos



Una opción de venta (*put*) da al comprador el derecho, pero no la obligación, de vender un determinado activo a un determinado precio de ejercicio y en una determinada fecha de ejercicio. El vendedor del *put* tiene la obligación de comprar el activo en la fecha acordada y al precio acordado si el comprador decide ejercer la opción. El comprador paga un precio por la opción. Si en el momento de expiración el valor del activo subyacente es mayor que el precio de ejercicio, la opción no se ejerce y expira. Si, por el contrario, el valor es inferior al precio de ejercicio, la opción se ejerce: el comprador de la opción vende el activo al precio de ejercicio, y la diferencia entre el valor del activo y el precio de ejercicio constituye la ganancia bruta de la inversión. La ganancia neta está dada por la diferencia entre la ganancia bruta y el precio pagado por la opción. En la siguiente figura se observa el *payoff* de un *put*:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos



Existen básicamente dos tipos de opciones que difieren fundamentalmente en el momento en que pueden ser ejercidas: la *opción europea* sólo puede ser ejercida en su fecha de ejercicio; la *opción americana* puede ser ejercida en cualquier momento previo a su fecha de ejercicio. La posibilidad de ejercerlas tempranamente hace a las opciones americanas más valiosas que las europeas; también las hace más difíciles de evaluar. Entrar en consideraciones sobre estas diferencias excede el alcance de este trabajo.

En general, el valor de una opción está determinado por un número de variables:

- Valor actual del activo subyacente
- Varianza en el valor del activo subyacente
- Dividendos pagados sobre el activo subyacente
- Precio de ejercicio de la opción
- Tiempo de expiración de la opción
- Tasa de interés libre de riesgo correspondiente a la vida (duración) de la opción



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

La siguiente tabla muestra el efecto de una modificación en estas variables sobre el valor de un call y un put

Factor	Efecto sobre el valor del call	Efecto sobre el valor del put
Incremento en el valor del activo subyacente	Aumenta	Disminuye
Incremento en el precio de ejercicio	Disminuye	Aumenta
Incremento de la varianza del activo subyacente	Aumenta	Aumenta
Incremento en la duración	Aumenta	Aumenta
Incremento en la tasa de interés	Aumenta	Disminuye
Incremento en los dividendos pagados	Disminuye	Aumenta

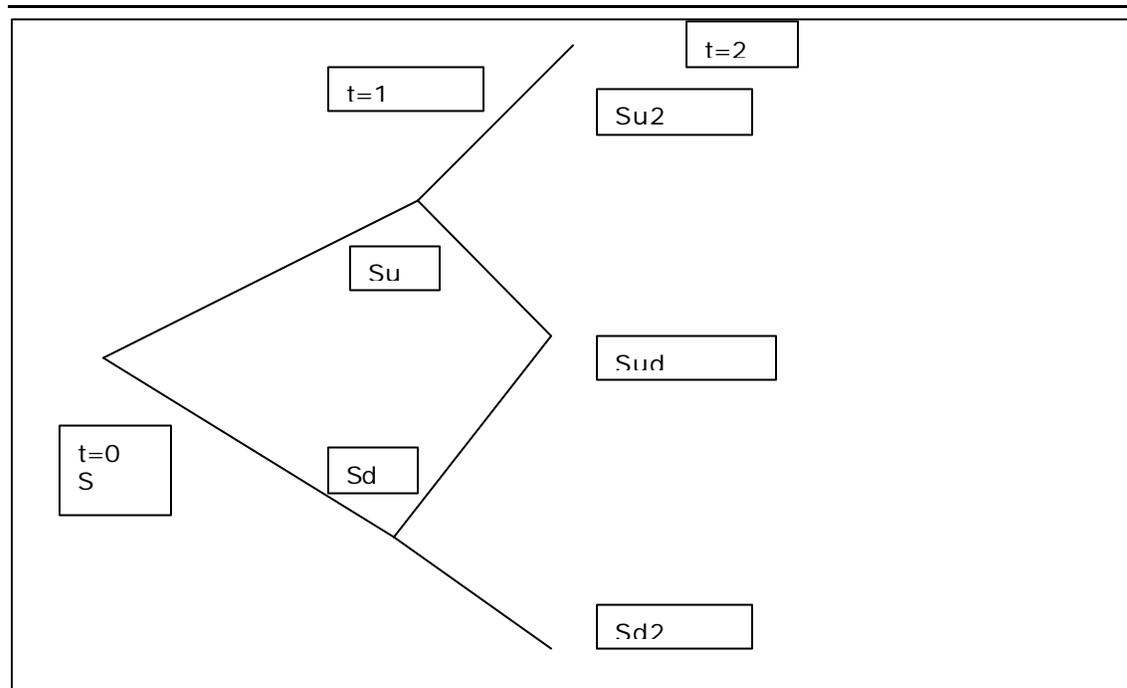
13.1 Modelos de valuación de opciones

Los modelos más conocidos para valuación de opciones financieras se concentran en las opciones: el modelo binomial y el modelo de Black & Scholes. Ambos utilizan un "portfolio replicado", un portfolio compuesto por el activo subyacente y el activo libre de riesgo que tiene el mismo cash flow que la opción que está siendo evaluada. Para los ejemplos, nos centraremos en la valuación de un call.

El modelo binomial propone una formulación simple para el proceso que sigue el precio del activo subyacente, en la cual el activo, en cualquier período de tiempo, puede moverse a uno de dos posibles precios. En la figura se muestra este esquema para dos períodos:



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos



El objetivo de crear un portfolio replicado es usar una combinación de préstamos/deudas libres de riesgo y el activo subyacente para crear los mismos cash flows que la opción. El principio de arbitraje aplica aquí, y el valor de la opción debe ser igual que el del portfolio replicado. La evaluación procede de manera iterativa desde el último período hacia atrás, hasta el momento actual. El resultado final del modelo es una expresión del valor de la opción en términos del portfolio, compuesto por Δ acciones del activo subyacente y préstamo/deuda libre de riesgo.

$$\Delta = (C_u - C_d) / (S_u - S_d)$$

donde

C_u = valor del call si el precio de la acción es S_u

C_d = valor del call si el precio de la acción es S_d

$$C = S * \Delta - (S_u * \Delta - C_u) * e^{-r\Delta t} = (p * C_u + (1-p) * C_d) * e^{-r\Delta t}$$

Donde p es la probabilidad neutral al riesgo.

El modelo binomial es un modelo discreto para movimientos del activo en el tiempo y, por lo tanto, requiere de un considerable número de entradas (para cada intervalo t considerado)

En 1972 Black & Scholes proponen un modelo para evaluar opciones europeas sin pago de dividendos considerado. Por lo tanto, la posibilidad



Opciones Reales para evaluar proyectos de Calidad de Datos

de ejercicio anticipado y el pago de dividendos no afectan el valor de la opción. La derivación matemática es relativamente compleja. En definitiva, consiste en llevar al límite (0) el intervalo de tiempo t considerado en el modelo binomial. Cuando t se aproxima a 0, la distribución límite puede tomar dos formas:

- Si la variación del precio se achica, es una distribución normal y el proceso del precio es continuo.
- Si, a medida que t se achica la variación permanece grande, la distribución es Poisson (permite saltos de precios).

El modelo de B&S se aplica cuando la distribución es normal y asume explícitamente que el proceso es continuo y no hay saltos en el valor del activo subyacente.

El valor de una opción de call usando B&S es una función de las siguientes variables:

S: Valor actual del activo subyacente

K: Precio de ejercicio de la opción

T: Vida (duración) de la opción

R: tasa de interés libre de riesgo correspondiente a la duración de la opción

σ^2 : varianza en el $\ln(\text{valor})$ del activo subyacente

Y el modelo en sí puede ser expresado como:

$$\text{Valor del Call} = S N(d_1) - K e^{-RT} N(d_2)$$

Donde

$$d_1 = (\ln(S/K) + (R + \sigma^2/2) T) / \sigma \sqrt{T}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$



14 APÉNDICE IV: GLOSARIO

*My words fly up, my thoughts remain below:
Words without thoughts never to heaven go.
William Shakespeare*

- **GQM:** Goal-Question-Metric. Paradigma para la definición de métricas de software que permite caracterizar el objeto a medir por medio de objetivos de medición, refinarlos por medio de preguntas y proponer métricas que respondan a esas preguntas.
- **Ingeniería del software:**
 - Conjunto de teorías, métodos e instrumentos (tecnológicos y organizativos) que permiten producir aplicaciones con las características de calidad deseadas.
 - La aplicación práctica del conocimiento científico al diseño y construcción de programas y la documentación asociada requerida para desarrollar, operar y mantenerlos.
 - Modo sistemático de desarrollo, operación, mantenimiento y retiro del software.
- **Inspecciones:** técnica estática de aseguramiento de la calidad que consiste en analizar un producto del proceso de desarrollo de software (documento, código, etc.) con el fin de detectar diferencias entre el producto esperado y el real. Usualmente se basa en la comparación del producto con su especificación y en la evaluación de su adecuación a estándares y reglas definidas.
- **Instancia de datos:** valores contenidos en un determinado momento en el modelo de datos.
- **IR:** Índice de rentabilidad (PI). Cociente entre el VPN de un proyecto y la inversión inicial.
- **IT:** Information Technology. Término que engloba todas las formas de tecnología utilizadas para crear, almacenar, intercambiar y utilizar información en sus variadas formas
- **Modelo de datos:** estructura (conceptual o física) de almacenamiento de los datos de una o varias aplicaciones de software.
- **Testing de software:** proceso de analizar un producto de software para detectar diferencias entre el comportamiento real y el esperado. Se basa en la ejecución del software y la comparación del resultado obtenido con la especificación del resultado esperado.
- **TIR:** Tasa interna de retorno. Tasa de interés que hace el valor presente neto de todo el flujo de fondos igual a cero.
- **VPN:** Valor presente neto (NPV). Enfoque utilizado en finanzas en el cual el valor presente de los flujos de fondos salientes se sustrae del valor presente de los flujos de fondos entrantes. El VPN compara el valor de un peso.

