

## EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN MERCADOS DE CAPITALES INCOMPLETOS\*

*Darcy Fuenzalida, Samuel Mongrut  
y Mauricio Nash\*\**

### RESUMEN

La evaluación tradicional de proyectos por lo general evita el importante proceso de análisis del riesgo porque se basa en el supuesto de mercados completos. En un mercado completo se pueden encontrar activos gemelos o elaborar una cartera de inversiones dinámica para replicar el riesgo del proyecto en todo estado de la naturaleza y momento futuro. Además, dado que se supone que los inversionistas están bien diversificados, lo que importa es el valor del proyecto como si éste se negociara en el mercado de capitales. Desafortunadamente, el supuesto de mercados completos se satisface con dificultad en la realidad, sobre todo en los mercados emergentes llenos de títulos ilíquidos y donde los mecanismos financieros, como las ventas en corto o las compras en el margen, están prohibidos o son inexistentes en la práctica.

En este trabajo se suponen mercados incompletos y se sugiere un procedimiento de análisis del riesgo que puede aplicarse toda vez que no sea posible replicar el riesgo del proyecto a partir de títulos comerciados en el mercado bursátil, específicamente en dos situaciones: cuando los inversionistas mantienen una cartera de inversiones diversificada y cuando los inversionistas son empresarios no diversificados. El primer caso es importante porque durante el pasado decenio se ha observado un aumento de la inversión extranjera directa hacia los países emergentes, de modo que algunos empresarios globales bien diversificados han colocado su dinero en estos mercados. El segundo caso es de particular importancia para los mercados emergentes, donde una porción grande del total de empresas está integrada por negocios familiares o que son propiedad de un solo empresario no diversificado. En ambos casos se puede emplear una regla de inversión clara, como el valor presente neto, pero no existe un valor de mercado único para el proyecto. En el caso de los inversionistas globales bien diversificados se puede encontrar

\* *Palabras clave:* evaluación de proyectos, tasa de descuento, análisis de riesgo. *Clasificación JEL:* H43. Artículo recibido el 10 de mayo de 2005 y aceptado el 31 de mayo de 2006 [traducción del inglés de Eduardo L. Suárez].

\*\* D. Fuenzalida y M. Nash, Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago (correo electrónico: mauricio.nash@usm.cl). S. Mongrut, Departamento de Contabilidad y Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Lima.

el proyecto dentro de un rango de posibles valores; mientras que para los empresarios no diversificados lo que importa es el valor del proyecto dado el riesgo total del mismo.

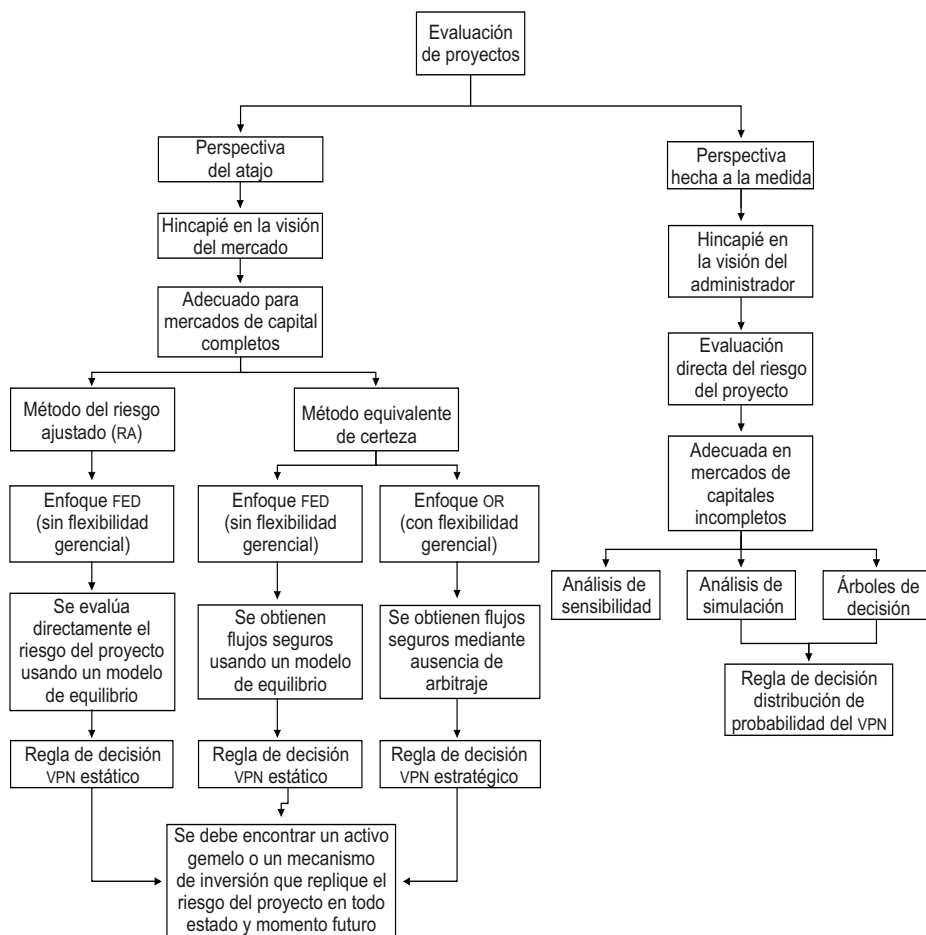
#### ABSTRACT

Traditional project valuation usually overlooks the important risk analysis process because it relies in the complete market assumption. In a complete market it will be possible to either find twin securities or elaborate a dynamic investment portfolio to replicate the project risk and payoff in every state of nature at any moment in the future. Furthermore, since one assumes well-diversified investors what matters is the project value as if it were traded in the capital market. Unfortunately, the assumption of complete markets hardly holds in reality, especially in emerging markets full of illiquid securities and where financial mechanisms such as short sales or buying on margin are prohibited or non-existent in practice.

In this work one assumes incomplete markets and designs a risk analysis procedure that can be applied whenever there is no tradable benchmark in two situations: when investors hold a well-diversified investment portfolio and when investors are non-diversified entrepreneurs. The former case is important because during the last decade there has been an increase of foreign direct investment in emerging economies, so some global diversified investors have put their money in these markets. The latter case is especially important for emerging markets where a high proportion of total enterprises are family business or are owned by a single non-diversified entrepreneur. In either case it is possible to use a clear cut investment rule, such as the Net Present Value, but there is no a single market value for the project. In the case of global diversified investors it possible to find the project's value within a range of possible values; while what matters for non-diversified entrepreneurs is the project's value given its total risk.

#### INTRODUCCIÓN

La evaluación de proyectos aún es una de las tareas más importantes que todo administrador financiero debe emprender (Hertz, 1964, 1968 y 1976). La importancia de dicha tarea se ha reconocido en la bibliografía del tema desde hace mucho tiempo, pero a lo largo de los años han variado las propuestas acerca de la manera cómo puede realizarse. La gráfica 1 ilustra una posible clasificación de las diferentes propuestas, basada en dos perspectivas posibles que los

GRÁFICA 1. *Propuestas para la evaluación de proyectos*<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Todas las gráficas y cuadros fueron elaborados por los autores.

administradores pueden adoptar al evaluar un proyecto de inversión: la perspectiva del “atajo” y la perspectiva “hecha a la medida”.

En la perspectiva del atajo los administradores destacan la visión del mercado acerca del riesgo del proyecto. En este sentido los administradores evitan la evaluación directa del riesgo del proyecto empleando un título comerciable, que se supone es el activo gemelo del valor del proyecto.<sup>1</sup> La perspectiva del atajo podría dividirse

<sup>1</sup> Por tanto, el valor del proyecto y sus activos gemelos tendrán el mismo riesgo de mercado.

además en el método del riesgo ajustado (RA) y el método equivalente de certeza (EC).<sup>2</sup> En el primer caso se descuentan los flujos de efectivo riesgosos del proyecto a la tasa de descuento ajustada por riesgo que se estima mediante un modelo de equilibrio, mientras que en el segundo caso se descuentan los flujos de efectivo seguros del proyecto a la tasa libre de riesgo (Myers y Robichek, 1966).<sup>3</sup>

Como se puede observar en la gráfica, el método EC podría aplicarse utilizando dos enfoques diferentes: el del flujo de efectivo descontado (FED) y el de opciones reales (OR). En el enfoque FED los administradores emplean el beta ( $\beta$ ) histórico (riesgo de mercado) de una empresa similar que se encuentra en el mismo giro o negocio que el proyecto (ESNP) como una aproximación del riesgo de mercado del proyecto.<sup>4</sup>

En principio podría emplearse también el enfoque FED con el método EC que es justamente la contrapartida del método RA.<sup>5</sup> Sin embargo, resulta difícil la aplicación del enfoque FED con el método EC, porque el riesgo de los flujos de efectivo del proyecto dependen también de la variabilidad de los flujos de efectivo durante el periodo anterior, de modo que resulta difícil estimar el premio por riesgo del proyecto para cada periodo sin una evaluación directa de este riesgo (Hodder y Riggs, 1985).<sup>6</sup> Quizá debido a esta limitación, la aplicación del enfoque FED con el método RA se ha tornado más popular entre los administradores que su aplicación con el método EC.

Recientemente ha surgido el enfoque de opciones reales como otro procedimiento para la aplicación del método EC. Con este enfoque los administradores emplean una condición de no arbitraje para ob-

<sup>2</sup> Hay un tercer método llamado el "equivalente de certeza único" (ECU), en el que se descuentan los flujos de efectivo riesgosos a la tasa libre de riesgo y el resultado se multiplica por un factor equivalente de certeza (Chen y Moore, 1982). Keeley y Westerfield (1973) demostraron que el método ECU produce grandes errores, de modo que es preferible que los administradores utilicen el método RA o el método EC.

<sup>3</sup> Por lo común, el modelo de equilibrio utilizado es el modelo de evaluación de activos financieros (MEAF).

<sup>4</sup> La identificación de ESNP se restringe por lo común a la identificación de la empresa en la misma línea o giro de negocios, pero esta tarea, cuando se realiza apropiadamente, es mucho más complicada (véase Myers y Turnbull, 1977).

<sup>5</sup> Sin embargo, el método EC es teóricamente superior al método RA porque trata por separado el valor del dinero en el tiempo y el riesgo del proyecto (véase Myers y Turnbull, 1966).

<sup>6</sup> El premio por riesgo del proyecto se resta de los flujos de efectivo riesgosos del proyecto para obtener los flujos de efectivo de seguros, los que pueden descontarse a la tasa libre de riesgo. El empleo del premio por riesgo ha sido criticado porque es subjetivo y no produce un valor del proyecto desde la perspectiva de los inversionistas (mercado) (Brigham y Gapenski, 1993).

tener probabilidades neutrales al riesgo, las que a su vez se emplean para estimar los flujos de efectivo sin riesgo del proyecto o los flujos de efectivo seguros (Trigeorgis, 1996). De este modo, se obtiene flujos de efectivo seguros multiplicando los flujos de efectivo riesgosos por las probabilidades neutrales al riesgo y no restando el premio por riesgo del proyecto.

Por supuesto, la aplicación de probabilidades neutrales al riesgo se basa en el carácter completo del mercado de capitales. Sin embargo, otros autores, como Dixit y Pindyck (1994), han aplicado el enfoque OR en el contexto de un mercado incompleto empleando un enfoque de programación dinámica. Pero como ellos mismos reconocen, se debe suponer una tasa de descuento para estimar el valor del proyecto porque no hay ninguna teoría para estimar la tasa de descuento ajustada por el riesgo. Smith y Nau (1995) llegaron más lejos empleando la teoría del análisis de decisión para estimar el equivalente de certeza de acuerdo con la preferencia del inversionista. Incluso afirmaron que en un mercado incompleto no existe un valor de mercado único para el proyecto, de modo que sólo se pueden estimar los límites para este valor empleando el enfoque OR.

Recientemente, Borison (2005) ha resumido los distintos enfoques de OR y ha concluido que la aplicación de los diversos métodos para estimar opciones reales en mercados completos e incompletos depende de la situación particular enfrentada por el inversionista.<sup>7</sup>

Definitivamente, hay algunos métodos con deficiencias teóricas, que no se recomiendan, pero también resulta más costosa la aplicación de mejores métodos porque son más complicados.

Según la perspectiva del atajo utilizamos el valor presente neto (VPN) como una regla de decisión. Sin embargo, con el enfoque FED empleamos el VPN *estático*, mientras que con el enfoque OR empleamos el VPN *estratégico*. El término *estático* significa que el VPN tradicional no puede capturar la asimetría en el riesgo de los flujos de efectivo del proyecto, causada por la presencia de flexibilidad gerencial (opciones reales). En este sentido, el VPN *estático* supone implícitamente que la estrategia de operación del proyecto se define

<sup>7</sup> Borison (2005) identifica hasta cinco métodos para estimar opciones reales: el enfoque clásico, el enfoque subjetivo, el deslinde con el activo comercializado, el enfoque clásico revisado y el enfoque integrado. Algunos de estos métodos se basan en mercados completos y otros utilizan datos de mercado y otros datos subjetivos.

desde el principio y que no se modificará hasta el final de la vida útil del proyecto, de modo que es una proposición de ahora o nunca. Con el enfoque OR se puede expandir el VPN *estático* de modo que incluya la flexibilidad gerencial presente. Esta regla del VPN expandida recibe el nombre de VPN *estratégico*, que es justamente la suma del VPN *estático* y el premio de la opción real (Trigeorgis, 1996).

La perspectiva hecha a la medida intenta evaluar directamente el riesgo del proyecto utilizando la información de los administradores, empresarios y expertos acerca de la propuesta de inversión. En este sentido, hace mayor hincapié en la experiencia y el conocimiento de los empresarios acerca del proyecto. En la realización de esta tarea se utilizan varios instrumentos, como el análisis de sensibilidad, de simulación y el árbol de decisión (Myers, 1976). Al principio se introdujo como un sustituto de la perspectiva del atajo, con dos grandes deficiencias: su visión fragmentaria y la ausencia de una regla de decisión clara (Mongrut, 2001).

La visión fragmentaria significa que los instrumentos de análisis se veían como excluyentes antes que complementarios. Sin embargo, se han hecho varios intentos de integrar los diversos instrumentos. Dos de estos intentos son destacables: el procedimiento de análisis de riesgo sugerido por Hertz (1964) y el sugerido por Myers (1976). En el procedimiento de Hertz se utilizó el análisis de sensibilidad para determinar las variables críticas del proyecto. Luego se caracterizaron estas variables utilizando distribuciones de probabilidad a fin de realizar una simulación para obtener la distribución de probabilidad del VPN del proyecto. Sin embargo, no se establecía todavía una relación entre el análisis del riesgo del proyecto y la estimación de la tasa de descuento ajustada por riesgo.

El procedimiento de Myers se asemejaba mucho a la propuesta de Hertz. Sin embargo, Myers fue más lejos al sugerir que puede utilizarse reiteradamente el análisis de simulación para estimar el riesgo de un proyecto característico y su correspondiente tasa de descuento ajustada por riesgo. Desafortunadamente, su propuesta no estableció una relación entre el análisis de riesgo del proyecto y la tasa de descuento más allá del caso del riesgo promedio.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Bower y Lesser (1973) recurren también al conocimiento del proyecto que tienen los administradores para determinar la apropiada tasa de descuento ajustada por riesgo.

En este sentido, Trigeorgis (1996) afirma que un uso más apropiado del análisis de simulación sería como una ayuda para la estimar la tasa de descuento ajustada por riesgo apropiada para el proyecto y, de esta manera, poder aplicar el VPN como un criterio de inversión. Esta idea es importante porque sugiere una vinculación general entre el análisis del riesgo del proyecto, la estimación de la tasa de descuento ajustada por riesgo y el uso del VPN como una regla de decisión clara.

La otra deficiencia de la perspectiva hecha a la medida es la ausencia de una regla de decisión clara. En la gráfica 1 se observa que el resultado habitual del análisis de riesgo es la estimación de una distribución de probabilidad para el VPN del proyecto. Myers (1976) ha señalado que no es claro el significado de esta distribución porque toda la incertidumbre de los flujos de efectivo del proyecto no se disipará entre hoy y mañana, que es precisamente lo que sugiere esta distribución. Es posible argüir que la perspectiva hecha a la medida es un complemento de la perspectiva del atajo cuando los administradores no pueden encontrar títulos comerciables adecuados que puedan utilizarse como referentes para replicar el riesgo del proyecto (mercados incompletos).<sup>9</sup>

Además, los diversos instrumentos para el análisis del riesgo del proyecto pueden considerarse como complementarios, como parte de un proceso integral. Precisamente, la metodología propuesta en los mercados de capitales incompletos implica el empleo de instrumentos diferentes para evaluar el riesgo del proyecto y estimar así una tasa de descuento para cada periodo a lo largo del horizonte explícito de la inversión. Entonces podrá estimarse una regla de inversión clara tal como el valor presente neto.

Sin embargo, uno puede preguntarse cómo podrían estimarse esas tasas de descuento. En este artículo se supone que los inversionistas no diversificados son los empresarios con menor aversión al riesgo, de modo que están dispuestos a colocar todo su capital en un proyecto, y así no puede emplearse el modelo de evaluación de activos

<sup>9</sup> Está claro que los administradores no encontrarán un referente comerciable en el caso de proyectos en una nueva línea de negocios. Sin embargo, también puede ocurrir que exista un referente comerciable pero que no es aplicable por ser sesgado (ya que incluye efectos no aplicables al proyecto como opciones de crecimiento) o porque los inversionistas enfrentan restricciones para comerciar con activos (no hay ventas en corto o compras en el margen).

financieros (MEAF) para estimar el valor de mercado del proyecto. En vez de estimar el valor de mercado del proyecto, los empresarios no diversificados deberán estimar su valor sobre la base del riesgo total del proyecto. Por tanto, el valor agregado esperado resultante del proyecto (es decir, VPN) tendrá una naturaleza subjetiva, y lo mejor que se puede hacer en mercados incompletos consiste en proporcionar un valor inferior insesgado para la tasa de descuento del proyecto, lo que implica un valor superior para el VPN (Mongrut y Ramírez, 2006).

Los inversionistas bien diversificados podrán estimar también el costo de capital accionario del proyecto en los mercados de capitales incompletos. Sin embargo, para ello, previamente deben contestarse ciertos interrogantes: ¿se puede emplear el MEAF en un contexto de varios periodos? Si los mercados de capitales son ineficientes, ¿se puede confiar todavía en el MEAF para establecer el presupuesto de capital? ¿Es posible que los errores de estimación en los flujos de efectivo del proyecto induzcan errores graves en la estimación de las tasas de descuento ajustadas por el riesgo del proyecto? ¿Existe un sesgo sistemático cuando se utilizan flujos de efectivo?<sup>10</sup> Respecto a la primera pregunta, Hearings y Kluber (2000) han demostrado que el MEAF aporta un buen punto de referencia para la determinación del valor de los activos en mercados incompletos aun en el caso que los inversionistas no sean optimadores en el sentido de media y la varianza y los rendimientos de los activos no se distribuyan normalmente. La razón de este hallazgo es que los errores en la valoración de activos son muy pequeños.

En cuanto a la segunda pregunta, Fama (1977) está en favor del empleo del MEAF en un contexto de varios periodos si las tasas de descuento y las variables del mercado (como la tasa libre de riesgo y el premio por riesgo) evolucionan de un modo determinista de un periodo a otro. En este sentido, nuestro conocimiento acerca del riesgo de mercado del proyecto debe ser determinista, pero no nuestro conocimiento acerca de los flujos de efectivo del mismo.

Stein (1996) arguye que lo decisivo para el empleo del MEAF como un instrumento de presupuestación del capital es el horizonte de inver-

<sup>10</sup> Aquí se presentan posibles respuestas a estas preguntas sugeridas por la bibliografía académica.



sión considerado por los administradores y si la empresa enfrenta o no restricciones financieras. Siempre que los administradores tengan un horizonte de largo plazo, lo que realmente cuenta es la medida del riesgo fundamental del proyecto, y en este caso no importa que haga o no un buen trabajo en la explicación de las diferencias transversales de los rendimientos de las acciones, porque el hecho de poner atención en esto implicaría un horizonte de la inversión de corto plazo. Si la empresa no está financieramente restringida, los administradores no desearán realizar operaciones de mercado a corto plazo (como las recompras de acciones) con el fin de aprovechar las ineficiencias del mercado (por ejemplo, para aumentar al precio de las acciones de la empresa), de modo que de nuevo se tiene un horizonte de inversión de largo plazo y se puede emplear el MEAF como un instrumento para la presupuestación del capital.

Dado que la metodología propuesta en este trabajo puede emplear también los de efectivo, quizá cabe preguntarse si los errores cometidos en la estimación de los de efectivo tienen un efecto importante en el error de estimación cometido al estimar la tasa descuento ajustada por riesgo. Ferson y Locke (1998) han demostrado que la mayor parte del error cometido en la estimación del costo del capital accionario se encuentra en la estimación del premio por riesgo de mercado y no en la estimación de los . Se puede demostrar que se obtiene el mismo resultado si los administradores emplean los de efectivo como aproximaciones de los de mercado.<sup>12</sup>

Schachter y Butler (1989) han demostrado que, cuando se emplean los de efectivo en vez de los de mercado, el riesgo de estimación en el costo del capital accionario ajustado por el riesgo depende exclusivamente del riesgo de la estimación de los flujos de efectivo del proyecto. En esta situación no podría haber ningún sesgo o, si lo hay, su dirección podría ser hacia arriba o hacia abajo, de modo que no sería sistemático.

Según la introducción anterior se busca contestar la siguiente pregunta: ¿cómo pueden los administradores aplicar la perspectiva hecha a la medida para evaluar proyectos de inversión en mercados

<sup>11</sup> La varianza del error en la estimación del riesgo de mercado ( ) sólo explica 7% o menos de la varianza total del error en la estimación del costo del capital accionario.

<sup>12</sup> Esta conclusión se obtiene si se incluye la especificación de Schachter y Butler (1989) en el esquema de Ferson y Locke (1998).

incompletos y en ausencia de flexibilidad gerencial? Esta pregunta de la investigación sugiere, a su vez, las siguientes cuestiones: ¿cuál es el proceso apropiado para la realización de un análisis de riesgo? ¿Cómo se obtiene y se emplea la información de administradores y expertos? ¿Cómo se puede establecer un vínculo entre el análisis de riesgo y la estimación de la tasa de descuento del proyecto? ¿Cuáles son y en qué casos importan las dimensiones del riesgo del proyecto? ¿Cómo se puede estimar la tasa de descuento en estos casos?

A fin de mantener la explicación tan sencilla como sea posible, se introduce la metodología propuesta sin flexibilidad gerencial (sin opciones reales) y dentro de un panorama *libre de sorpresas* o *en condiciones normales*. Esta elección implica que basta el empleo de los análisis de sensibilidad y de simulación para el análisis de riesgo en un solo escenario y del VPN *estático* como regla de la inversión.

Además, se presenta la metodología en tiempo discreto porque es más intuitivo para administradores y empresarios. Por otra parte, se ha formulado algunos supuestos: las empresas corporativas no están financieramente restringidas y no practican el racionamiento del capital, los proyectos son independientes, no hay impuestos personales y existe una tasa libre de riesgo.

Es importante señalar que las empresas corporativas pueden enfrentar restricciones financieras en mercados incompletos, precisamente porque los mercados de capitales no permiten una cobertura perfecta. Por tanto, el supuesto de la ausencia de restricciones financieras se refiere al hecho de que consideramos un inversionista global diversificado, con un horizonte de largo plazo, o un empresario local no diversificado que invierte su propio capital para impulsar su proyecto. En este sentido, este empresario no está sujeto a las restricciones financieras. Los supuestos de la ausencia de racionamiento del capital y la independencia de los proyectos pueden entenderse también por el hecho de que los empresarios globales diversificados pueden emprender varios proyectos en varios países, mientras que los empresarios no diversificados emprenden por lo regular sólo un proyecto principal. Los dos últimos supuestos se formulan para evitar mayores complicaciones sin pérdida de generalidad. En realidad, todos los supuestos considerados facilitan la explicación de la metodología propuesta y no la invalidan.

El trabajo se ha organizado como sigue: la sección I analiza las tres dimensiones del riesgo del proyecto: el riesgo total del proyecto, la contribución del proyecto al riesgo interno de la empresa y la contribución del proyecto al riesgo de mercado de la empresa.<sup>13</sup> En la sección II se hace una presentación general de toda la metodología, mientras que en las cuatro secciones siguientes se explica de manera pormenorizada cada una de las etapas de la metodología propuesta. En la sección VII se indica las limitaciones de la metodología propuesta y las líneas de la investigación futura. Al final se presenta las conclusiones del trabajo.

## I. DIMENSIONES DEL RIESGO DEL PROYECTO

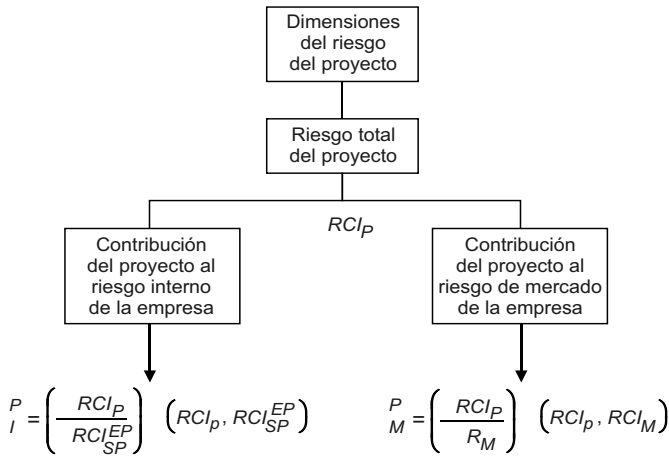
La gráfica 2 muestra los tres tipos de riesgo del proyecto: el riesgo total, la contribución al riesgo interno de la empresa y al de mercado. El riesgo total del proyecto considera el riesgo aisladamente, lo que significa que no se toman en cuenta la contribución del proyecto a diversificar el riesgo interno o externo de la empresa patrocinante. Este riesgo es relevante para los empresarios no diversificados. Los otros dos tipos de riesgo del proyecto consideran los efectos de la diversificación. La contribución del proyecto al riesgo interno de la empresa es su contribución al riesgo económico y financiero de la empresa, de modo que es importante para determinar cuál es el efecto de emprender un proyecto en la diversificación de la empresa patrocinante.<sup>14</sup> La contribución del proyecto con el riesgo de mercado de la empresa es su contribución a diversificar el riesgo de la cartera de inversiones mantenida por los inversionistas bien diversificados. Este sería el riesgo de mercado del proyecto si éste se negociara en el mercado de capitales.

Para los administradores de corporaciones podría ser beneficioso emprender proyectos que diversifiquen más aún la cartera de proyectos de la empresa, a fin de prevenir grandes fluctuaciones en el flujo de efectivo y ganancias de la empresa que pudieran causar res-

<sup>13</sup> En esta investigación se toman como sinónimos los términos siguientes: riesgo total, riesgo económico y riesgo del negocio.

<sup>14</sup> Esta es una manera de reconocer que la empresa patrocinante tiene una cartera de proyectos. Esta situación es pertinente para los inversionistas que no están bien diversificados y cuando empiezan a invertir en una línea de negocios diferente de la actual.

GRÁFICA 2. Dimensiones del riesgo del proyecto



FUENTE: Adaptada de Brigham y Gapenski (1993).

tricciones financieras, para disminuir el costo de la deuda, para proporcionar mayor capacidad de endeudamiento a la empresa, para garantizar la disponibilidad de materias primas, etc. (Megginson, 1997).<sup>15</sup> Sin embargo, también podrían operar fuerzas opuestas a la diversificación interna de las corporaciones. Hay algunas pruebas de que las empresas diversificadas invierten demasiado en segmentos con escasas oportunidades de inversión, lo cual reduce el valor de mercado de la empresa (Lamont y Polk, 2000).<sup>16</sup>

Aunque podría ocurrir que la diversificación corporativa al interior de la empresa y el valor de la empresa estuviesen correlacionados negativamente, hay algunas pruebas de que los administradores no se comportan siempre de manera que maximicen el valor de mercado de la empresa. En efecto, los administradores de empresas corporativas podrían emprender proyectos de inversión por razones diferentes (por ejemplo, para evitar el riesgo de la insolvencia, es decir, podrían experimentar problemas de agencia. La gráfica 2 indica

<sup>15</sup> En el caso de las empresas corporativas, a los administradores les preocupa un riesgo potencial de restricción financiera cuando enfrentan un proyecto grande y riesgoso (Mao, 1970). En tal caso los administradores podrían emprender pequeños proyectos de diversificación para evitar tal riesgo y conservar de esta manera la flexibilidad financiera de la empresa.

<sup>16</sup> Esta es precisamente la hipótesis del mercado de capitales interno ineficiente. Sin embargo, el deseo de los administradores de evitar el riesgo de restricción financiera podría ser una explicación parcial de la inversión excesiva en segmentos pobres.

también cómo se podría medir cada dimensión del riesgo del proyecto. El riesgo total se estima empleando la desviación estándar de los rendimientos del capital invertido (RCI) del proyecto; los cuales se calculan como sigue:<sup>17</sup>

$$RCI_t = \frac{GAII_t(1 - T)}{CI_t} \quad (1)$$

en el que

$$CI_t = CTN_t - AF_t + (ANC_t - PNC_t)$$

$GAII_t$	ganancias antes de intereses e impuestos
$CI_t$	capital invertido
$T$	tasa impositiva tributaria
$CTN_t$	capital de trabajo neto
$AF_t$	activo fijo bruto
$ANC_t$	activos no corrientes
$PNC_t$	pasivos no corrientes no sujetos a intereses

Es importante señalar que todas las dimensiones del riesgo del proyecto deben medirse de manera prospectiva. Adviértase que el riesgo interno del proyecto ( $\sigma_{CI}^P$ ) y el riesgo de mercado del proyecto ( $\sigma_{CI}^M$ ) dependen del riesgo total del proyecto ( $\sigma_{RCI}^P$ ) y este último se estima, por lo común, empleando el análisis de simulación que es una técnica prospectiva. Tradicionalmente, la contribución del proyecto al riesgo interno de la empresa y al riesgo de mercado han sido tratados sin interrelación. Sin embargo, hay indicios de que, aún los inversionistas bien diversificados, también deberían preocuparse por la diversificación al interior de la empresa. Podría argüirse que las empresas corporativas enfrentarían dos situaciones en las que sus accionistas bien diversificados deben considerar la diversificación interna de la empresa: en el caso de proyectos grandes y riesgosos y en el caso de proyectos interdependientes (Trigeorgis, 1996). En estas situaciones la diversificación interna de la empresa y la del mer-

<sup>17</sup> Copeland, Koller y Murrin (1996) proporcionan una expresión equivalente. Esta fórmula implica que los administradores deben realizar una planeación financiera detallada del proyecto. Dado que los inversionistas externos se preocupan por la estabilidad de las ganancias por acción, Lerner y Rappaport (1968) sugieren que es conveniente que los administradores realicen una detallada planeación financiera del proyecto porque ello les permite advertir el efecto de la ejecución del proyecto en las ganancias y los flujos de efectivo de la empresa (véase también Sloan, 1996).

cado deben relacionarse. En el caso de empresas de capital cerrado (uno o pocos accionistas) debe establecerse la relación entre ambas dimensiones del proyecto cuando éste es grande y riesgoso y cuando ofrece efectos de la diversificación al propietario de la empresa (Pettit y Singer, 1985). En ambos casos, siempre que un proyecto grande y riesgoso se financia con deuda, ello aumentará el riesgo financiero para la empresa, de modo que el no apalancado del proyecto deberá ajustarse hacia arriba para reflejar el mayor riesgo financiero del proyecto.<sup>18</sup>

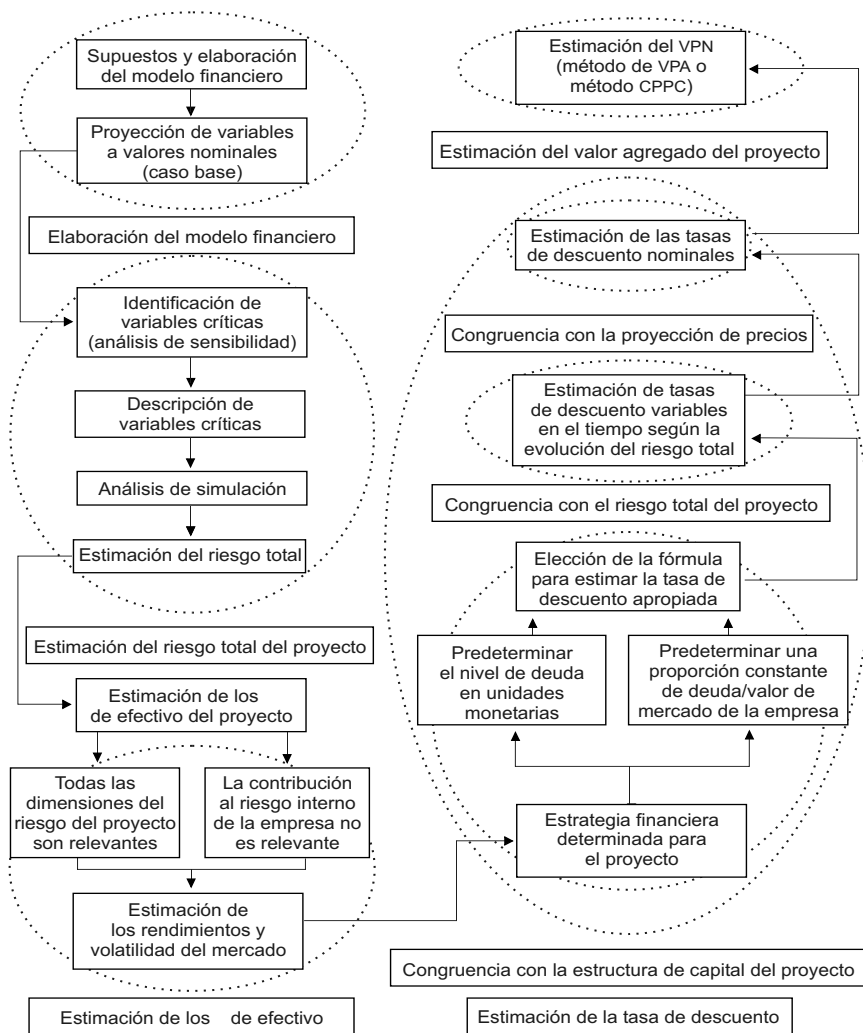
## II. LA METODOLOGÍA EN MERCADOS DE CAPITALS INCOMPLETOS

La gráfica 3 describe una visión panorámica de la metodología propuesta. El proceso se inicia con la elaboración del modelo financiero que incluye la proyección de las variables en el caso básico. Esto podría hacerse de acuerdo con la experiencia y las expectativas de los administradores. Estos valores iniciales se modificarán más adelante de acuerdo con el conocimiento y la experiencia de los expertos. La siguiente fase consiste en la estimación del riesgo total del proyecto. Esta es la fase más importante porque aquí los administradores identifican y caracterizan las variables críticas del proyecto, realizan un análisis de simulación y estiman el riesgo total del proyecto empleando diferentes medidas. La caracterización de las variables críticas es aún el paso más importante porque esta tarea se realiza con el conocimiento y las expectativas de los administradores, empresarios y expertos.

La tercera fase del proceso intenta estimar los de efectivo del proyecto cuando todas las dimensiones del riesgo del proyecto son relevantes y cuando el riesgo interno de la empresa no es relevante. Estos casos pertenecen a los inversionistas no bien diversificados y a los inversionistas bien diversificados, respectivamente. En estas situaciones hay necesidad de estimar los rendimientos del mercado

<sup>18</sup> Si el proyecto se financia con deuda su riesgo total (económico) aumentará porque el proyecto debe generar un flujo de efectivo suficiente para pagar la deuda y ofrecer ganancias económicas, de modo que el efectivo no apalancado del proyecto aumentará como resultado de un incremento en el riesgo total de la empresa con el proyecto y ya no reflejará sólo el riesgo del negocio. En esta investigación se supone que la deuda de la empresa permanece dentro de un margen en el que el riesgo del negocio de la empresa con el proyecto no es afectado por un aumento de la deuda debido a la financiación del proyecto.

GRÁFICA 3. Esquema general de la metodología



esperados y su variabilidad para estimar los de efectivo no apalancados del proyecto.

En el caso de los empresarios no diversificados no hay necesidad de aplicar esta fase porque el riesgo total del proyecto es un insumo suficiente para estimar la tasa de descuento ajustada por riesgo del proyecto. La cuarta fase consiste en la estimación de la tasa de descuento del proyecto ajustada por el riesgo, la que puede ser un costo

del capital accionario o un rendimiento requerido, dependiendo del grado de diversificación del inversionista. En todo caso, es necesario verificar tres congruencias: la congruencia con la estructura financiera del proyecto, con el riesgo económico del proyecto y con la proyección de precios. La congruencia con la estructura financiera del proyecto debe ser considerada dos veces: para seleccionar la expresión apropiada para la estimación del costo de capital accionario del proyecto y para estimar el valor agregado del proyecto (VPN). Existen dos estrategias principales que podrían seguir los administradores en lo que se refiere a la estructura financiera del proyecto: predeterminar el nivel de la deuda existente a lo largo del tiempo en unidades monetarias o determinar una proporción deuda/valor de mercado constante en el tiempo. En el caso de los empresarios que no están diversificados se debe emplear la primera estrategia porque estos empresarios, si se endeudan, no suelen tener la capacidad de endeudarse permanentemente al inicio de sus proyectos.

Con la estrategia de la predeterminación de un nivel de deuda en unidades monetarias, los administradores se comprometen a respetar un calendario temporal o permanente predeterminado para el monto absoluto de la deuda que habrá de emplearse (Inselbag y Kaufold, 1997); mientras que con la estrategia de determinación de una proporción de deuda/valor de mercado constante los administradores no predeterminan el monto futuro de la deuda, de modo que los escudos fiscales son inciertos. Sin embargo, con esta última estrategia es también posible calcular con certeza el primer escudo fiscal si éste se estima sobre la base del nivel corriente de la deuda (Taggart, 1989).

Dependiendo de la estrategia del proyecto respecto a su estructura financiera, los administradores pueden escoger una expresión para estimar la tasa de descuento del proyecto ajustada por riesgo de acuerdo con el método del valor presente ajustado (VPA) o el método del costo promedio ponderado del capital (CPPC). Con el método VPA se debe estimar una tasa de descuento ajustada por riesgo sin apalancamiento sobre la base del  $\beta$  de efectivo no apalancado (inversionistas bien o imperfectamente diversificados) o sobre la base del riesgo total (empresarios no diversificados). Con el método CPPC se debe estimar el costo del capital accionario apalancado empleando los  $\beta$  de efectivo apalancados del proyecto.



Para satisfacer la congruencia con el riesgo económico del proyecto, no sólo es necesario estimar el de efectivo no apalancado del proyecto utilizando el riesgo total del proyecto, sino que también se debe verificar si la pauta o la evolución del riesgo total del proyecto es congruente con la evolución de las tasas de descuento ajustadas por riesgo estimadas. Si el riesgo total del proyecto aumenta a un ritmo constante, se debe tener una tasa de descuento ajustada por riesgo constante a lo largo del horizonte del proyecto; mientras que si aumenta a un ritmo variable, se deben tener tasas de descuento ajustadas por el riesgo que varíen a lo largo del tiempo.<sup>19</sup>

La congruencia con la proyección de los precios significa que si se realiza una planeación financiera a precios corrientes, se deben usar tasas de descuento nominales ajustadas por el riesgo; mientras que si se utilizan precios constantes se deben utilizar tasas de descuento reales ajustadas por riesgo. Sin embargo, como se verá líneas abajo, el primer procedimiento es mejor que el segundo.<sup>20</sup> La última fase consiste en la estimación del VPN estático del proyecto. Aquí se necesita estimar el VPN estático empleando un método de evaluación (VPA o CPPC) acorde con la estrategia financiera del proyecto. Los inversionistas imperfectamente diversificados y los bien diversificados pueden emplear ambos métodos; mientras que para los no diversificados se sugiere emplear el método VPA. Por último, para los inversionistas bien o imperfectamente diversificados se puede verificar la congruencia entre ambos métodos (VPA y CPPC) empleando el enfoque MEAF o el enfoque de Modigliani-Miller (MM).<sup>21</sup>

### III. ESTIMACIÓN DEL RIESGO DEL PROYECTO

En esta sección se busca bosquejar y describir el procedimiento que puede seguirse para estimar el riesgo total del proyecto. Según la gráfica 3, el proceso incluye cuatro pasos: identificación de las variables críticas, caracterización de las variables críticas, análisis

<sup>19</sup> Véase Myers y Robicheck (1966), Brigham y Gapenski (1993) y Mongrut (2001).

<sup>20</sup> Contra lo que afirman algunos autores, la congruencia respecto a la proyección de los precios no significa que ambos procedimientos deban generar el mismo VPN porque esto implicaría la neutralidad inflacionaria (véase la subsección V.3).

<sup>21</sup> Taggart (1989) presenta una revisión del enfoque MM y del enfoque MEAF a fin de verificar la congruencia entre los métodos de valuación.

de simulación y estimación del riesgo total del proyecto. A continuación se describe de manera pormenorizada cada uno de los pasos.

### 1. *Identificación de las variables críticas*

Una variable de entrada se califica como crítica en términos comparativos con otras variables de entrada que tengan también una influencia en la(s) variable(s) de salida. Por medio de un análisis de sensibilidad, se puede determinar qué variables tienen un escaso efecto en la variable de salida y qué variables tienen una influencia significativa. Se llama variables críticas a las que ejercen una influencia significativa donde cambios en éstas ejercen cambios más que proporcionales en la variable de salida. Se pueden formular tres sugerencias en relación con la identificación de las variables críticas: es necesario tener un modelo que interrelacione todas las variables, no se puede decir de antemano qué variables resultarán críticas y resulta aconsejable el empleo de un *software* especializado para poder identificarlas.

En cuanto a la primera sugerencia, siempre hay necesidad de construir un modelo financiero con valores iniciales para todas las variables. Pero ¿cuál debe ser el nivel de desagregación del modelo? Desafortunadamente, no hay una respuesta clara para este interrogante, pero según Hull (1980) el nivel de desagregación depende de la compensación entre una mayor claridad en el juicio de los expertos y menores dependencias entre las variables críticas por tratar. Las medidas agregadas de la rentabilidad del proyecto, como el VPN, no son útiles sin un apropiado análisis de riesgo. Por lo que se refiere a la segunda sugerencia, no sería aconsejable seleccionar algunas variables como críticas sin realizar un análisis de sensibilidad previo. No obstante, dada la línea de negocios de la propuesta de inversión y el conocimiento de los administradores y expertos, éstos podrían sospechar que ciertas variables tienen mayores probabilidades de ser críticas que otras, pero esta intuición sólo podría ayudarles a verificar los resultados.

En la actualidad resulta más fácil realizar un análisis de sensibilidad empleando un *software* especializado, como el Top-Rank (Palisade Corporation, 1995).<sup>22</sup> Este programa introduce funciones de auto-

<sup>22</sup> La compañía Palisade Decision Tools ha elaborado los programas Top-Rank, Best-Fit y

variación en cada celda del modelo sin especificar una distribución de probabilidad particular para cada variable, luego cambia los valores iniciales dentro de ciertos rangos y hace un ordenamiento de las variables de entrada desde aquellas que afectan más a la variable de salida hasta aquellas que ejercen una menor influencia. Por supuesto, sólo las variables que ejercen una influencia más que proporcional en la variable de salida son críticas y se consideran para una nueva modelación; mientras que las otras se suponen constantes.

Este *software* ayuda también a resolver algunos problemas relacionados con el análisis de sensibilidad. Debido a la naturaleza diferente de las variables de entrada, no se puede cambiar todas las variables en el mismo porcentaje fijo (digamos  $\pm 10\%$ ), de modo que es necesario asignar rangos de variación de acuerdo con la naturaleza de cada variable. Además, algunas variables deben cambiar en conjunto y no individualmente mientras se mantienen constantes otras variables. Por ejemplo, tiene sentido que el precio y la cantidad vendida varíen conjuntamente dependiendo de la elasticidad precio esperada del producto.

El *software* cambia de modo automático todas las variables de entrada en el modelo inicial, rastrea todos los resultados y los ordena de acuerdo con sus efectos. De este modo, muestra los resultados gráficamente, empleando gráficas “Araña” y “Tornado” en las que se puede observar con facilidad qué variables ejercen una influencia significativa en la variable de salida.

En síntesis, el procedimiento para identificar las variables críticas podría resumirse como sigue: primero, se asigna un rango de variación a cada variable de entrada de acuerdo con su naturaleza, luego se identifican qué variables del modelo deben cambiar conjuntamente y se permite que varíen.<sup>23</sup> El paso siguiente consiste en realizar el análisis de sensibilidad. A partir de estos resultados se puede determinar con facilidad qué variables ejercen una influencia significativa en la variable de salida.<sup>24</sup> La subsección siguiente se ocupará de la modelación de estas variables críticas.

@Risk. Estos programas añaden como funciones adicionales a Excel haciendo más sencilla la tarea de análisis de riesgo.

<sup>23</sup> El *software* TopRank también registra los resultados para variables conjuntas mediante el análisis de varias vías.

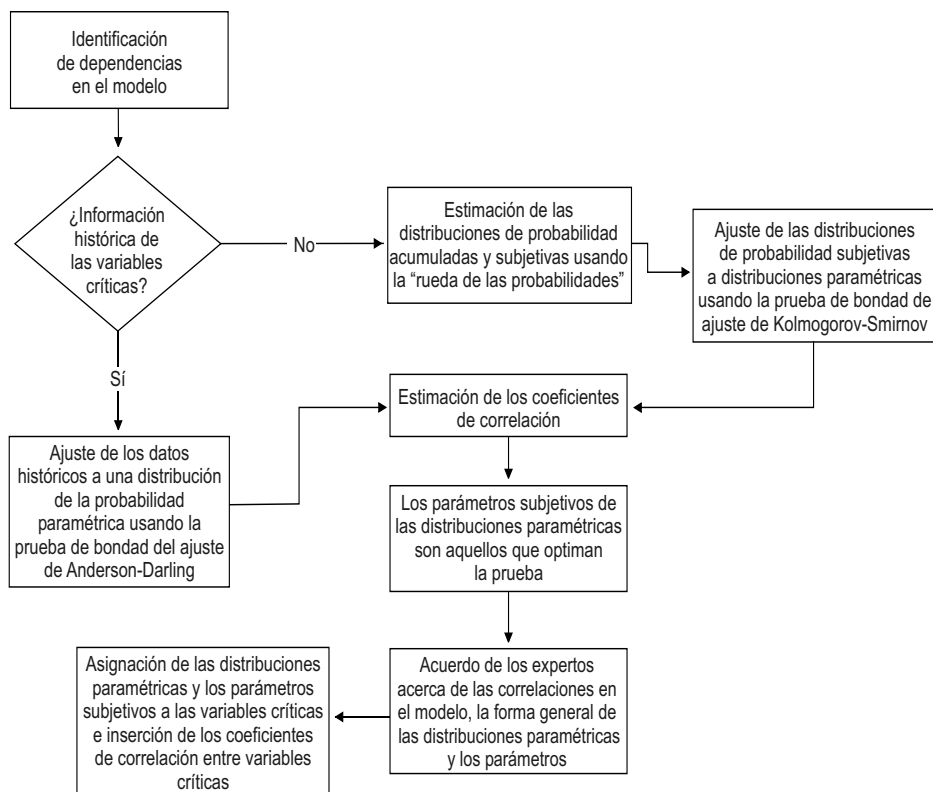
<sup>24</sup> Las variables de salida, por lo general, son el flujo de efectivo libre (FEL) del proyecto y el rendimiento del capital invertido (RCI) del proyecto por periodo.

## 2. Caracterización de las variables críticas

Una vez identificadas las variables críticas se debe caracterizar o modelar su comportamiento probabilístico. La gráfica 4 presenta un panorama del proceso. El proceso se inicia con la identificación de las dependencias entre los valores para una misma variable y las variables entre sí. Se puede tener una dependencia entre dos o más variables críticas dentro de cada periodo o una dependencia entre los valores de la misma variable crítica en diferentes periodos. En particular, las variables críticas pueden ser dependientes o independientes. Dos o más variables críticas son dependientes dentro del mismo periodo si el valor de una de ellas influye en el valor de las otras, por ejemplo cuando el monto de costos variables depende de la cantidad vendida. Las variables críticas que son independientes representan verdaderas fuentes de riesgo, mientras que las variables críticas que son dependientes representan una fuente de riesgo combinada. En el último caso, es necesario descubrir la auténtica fuente de riesgo. Si esto no es posible, se debe reconocer su dependencia de algún modo.<sup>25</sup>

La dependencia entre los valores de la misma variable a lo largo de los periodos implica que el valor para el periodo  $t$  dependerá del valor para el periodo  $t - 1$  (autocorrelación de primer orden). En este caso, también se necesita reconocer tal dependencia. Desafortunadamente, la mayor parte del tiempo se debe tratar con dependencias dentro de cada periodo y a lo largo de los periodos, y si no se reconocen estas dependencias se tiene un grave problema en el análisis de simulación porque no se pueden obtener algunas de las combinaciones al muestrear independientemente a partir de la distribución de probabilidad de cada variable crítica. En consecuencia, la estimación del riesgo total del proyecto estará sesgada. Existen al menos tres procedimientos para tratar las dependencias dentro de cada periodo o entre las variables: emplear varias distribuciones de probabilidad subjetiva condicionales para la variable dependiente, considerar las dependencias entre parámetros de las distribuciones en el análisis de simulación o emplear coeficientes de correlación entre las variables o los valores para la misma variable.

<sup>25</sup> Nótese que esta clase de dependencia también es considerada cuando se realiza el análisis de sensibilidad de variables conjuntas. Si el efecto conjunto es importante es necesario modelar la dependencia.

GRÁFICA 4. *Caracterización de las variables críticas*

En el primer caso se utiliza una distribución de probabilidad acumulada y subjetiva para la variable independiente y varias distribuciones condicionales para la variable dependiente, condicionada cada una de ellas a que la variable independiente se encuentre dentro de un intervalo diferente. Sin embargo, la enorme cantidad de estimaciones que los expertos deben hacer a fin de extraer esas distribuciones de probabilidad condicionales hace que este enfoque no resulte práctico.

La segunda propuesta se relaciona con el esquema de muestreo realizado durante un análisis de simulación. Hull (1977) presentó un interesante esquema de muestreo para realizar el análisis de simulación. Supóngase que se tiene una variable  $X_1$  que es dependiente de una variable  $X_2$  y que se tienen también distribuciones de probabilidad subjetiva incondicionales para ambas variables. La dependen-

cia entre ambas variables podría darse tomando los valores de la cola de la distribución de  $X_1$  como estimaciones de la mediana de la distribución de  $X_2$ . El *software* “@ Risk” es capaz de aplicar el esquema de muestreo propuesto por Hull (1977) o uno que en nuestra opinión describa mejor la dependencia entre las variables.<sup>26</sup> Se podría hacer esto asignando una distribución de probabilidad paramétrica a cada variable crítica dependiente, de modo que por lo menos uno de los parámetros dependa de los valores simulados para la variable crítica independiente. Desafortunadamente, no hay ningún criterio para realizar esa asignación.

La tercera propuesta, que es la sugerida en este trabajo, consiste en el empleo de coeficientes de correlación entre los valores de la misma variable crítica a lo largo de los periodos y entre variables dentro de cada periodo. Sin embargo, esto plantea el problema de cómo estimar estos coeficientes de correlación. Afortunadamente, en la actualidad se cuenta con métodos de evaluación de la correlación, como el enfoque estadístico, la probabilidad de concordancia y las estimaciones condicionales fraccionadas.<sup>27</sup>

En el primer método, expertos en el análisis de datos estadísticos podrían examinar la gráfica de la dispersión de la relación entre dos variables y hacer una evaluación precisa del coeficiente de correlación entre las variables. Con el segundo método, los administradores determinan las probabilidades condicionales o las probabilidades conjuntas y relacionan esas estimaciones con una medida de la dependencia. En el último método, los administradores deben evaluar el coeficiente de correlación de Spearman con la información condicional dada por los expertos.

De acuerdo con la gráfica 4, tras la identificación de las dependencias en el modelo se determina si existe información histórica acerca de las variables críticas. Si se encuentra esta información en un proyecto similar, podría emplearse esta información para determinar la distribución de probabilidad de que muy posiblemente se ajuste a los datos con una prueba de bondad del ajuste y los coeficientes de la correlación entre las variables críticas y sus valores. En esta si-

<sup>26</sup> Véase mayores detalles del *software* @Risk en Palisade Corporation (1996).

<sup>27</sup> Gorkhale y Press (1982) analizan el primer método, mientras que Clemen y Reilly (1999) ofrecen una mirada general de los tres métodos.

tuación, no hay necesidad de emplear métodos de evaluación de la correlación porque se pueden utilizar los coeficientes históricos.

Es importante destacar que los parámetros subjetivos son los que optiman la bondad de ajuste y no los que pertenezcan a la distribución de la variable de crítica. En este caso, es necesaria la opinión de expertos para evaluar si las estimaciones históricas podrían considerarse también como valores esperados. Si los expertos están de acuerdo, se asignan las distribuciones de probabilidad ajustadas y los parámetros obtenidos para cada variable crítica tomando en cuenta sus dependencias. Si no están de acuerdo deberá repetirse el proceso. Si no hay información histórica, se debe estimar la distribución de probabilidad subjetiva acumulada para cada variable crítica empleando las opiniones de los administradores, los empresarios y los expertos. En este sentido, es importante señalar que cada distribución de probabilidad acumulada debe determinarse sin ninguna dependencia. Las dependencias entre las variables y los valores se insertarán en el modelo por medio de los coeficientes de correlación. Un problema importante en la obtención de las opiniones de expertos es la posibilidad de tener estimaciones sesgadas. Un sesgo es una diferencia consciente o subconsciente entre la opinión del experto y una descripción correcta de su conocimiento subyacente (Hull, 1980). Según Hull el sesgo puede clasificarse en dos tipos: motivacional y cognitivo.

El sesgo motivacional surge sobre todo cuando algunos de los expertos son también administradores de la empresa. En tal caso, los administradores podrían ser demasiado conservadores en sus estimaciones porque desean algunas que puedan superar. Además, los administradores tienden a dar estimaciones con una escasa dispersión (sesgo central) porque creen que de acuerdo con su experiencia deberían saber cuáles deben ser los valores. Se puede mitigar el sesgo motivacional incluyendo expertos que no pertenezcan a la empresa y que tengan experiencia en el mismo giro del proyecto y/o instruyendo a los participantes en el sesgo potencial en que podrían incurrir.

El sesgo cognitivo se relaciona con la manera en que los expertos perciben el valor de las variables críticas. Este sesgo podría tomar varias modalidades: otorgamiento de un peso excesivo a los hechos más recientes, el anclaje y el ajuste (los expertos otorgan un valor y

sólo lo ajustan poco), los expertos podrían formular supuestos no explícitos acerca de la variable crítica, etc. En este sentido, Spetzler y Von Holstein han sugerido un procedimiento para evitar en la medida de lo posible los sesgos motivacional y cognitivo.<sup>28</sup>

- i) *La fase de motivación*: en esta etapa, se informa a todos los participantes acerca de los sesgos potenciales que podrían surgir. Se trata de que los individuos cobren conciencia de su propio proceso de juicio.
- ii) *La fase de estructuración*: en esta etapa se definen claramente todas las variables críticas. No se trata sólo de entender la definición de cada variable crítica sino también de familiarizar al experto con esta definición.
- iii) *La fase condicionante*: el objetivo principal de esta etapa consiste en descubrir cuáles son los sesgos potenciales del grupo de expertos que se consulta. Se aplican algunos cuestionarios para descubrir los sesgos motivacionales y cognitivos en el grupo. Una vez detectados los sesgos se elabora una estrategia para evitarlos en la medida de lo posible. Por ejemplo, si se detecta que el grupo tiende a manifestar un problema de “sesgo central”, se puede preguntar primero por los valores extremos.
- iv) *La fase de codificación*: el objetivo principal de esta etapa es obtener los coeficientes de correlación entre las variables y la distribución de probabilidad subjetiva acumulada para cada variable crítica. Para la primera tarea se puede emplear cualesquiera de los métodos de evaluación de la correlación, mientras que para la segunda se puede emplear la “rueda de probabilidades”.

La “rueda de probabilidades” tiene dos partes. En la parte anterior de la rueda se trazan dos zonas de colores diferentes, y en la posterior se escriben los valores de la probabilidad. El procedimiento consiste en formular una serie de preguntas al experto a fin de comparar la probabilidad de que la variable crítica sea más pequeña que cierto valor y la probabilidad de que, al hacer girar la rueda, el puntero termine en cierta zona. El proceso acaba en el punto en que el experto considera que la probabilidad acumulada de ambos he-

<sup>28</sup> Hull (1977) y Salinas (1992) describen con más detalle el procedimiento de Spetzler y Von Holstein.



chos es la misma.<sup>29</sup> Este procedimiento para obtener las opiniones de los expertos es conveniente porque no es aconsejable preguntar directamente acerca de los valores que podrían asumir las variables críticas, o acerca de la probabilidad de cierto evento. De esta manera se intenta evitar sesgos potenciales en la medida de lo posible.

Una vez que se cuenta con la distribución de probabilidad subjetiva acumulada para cada variable crítica, se debe determinar qué distribución de la probabilidad paramétrica se ajusta mejor a la distribución de probabilidad subjetiva acumulada. Con el fin de realizar esta tarea se puede emplear el *software* Best-Fit.<sup>30</sup> Este *software*, mediante el uso de pruebas de la bondad del ajuste, permite descubrir la distribución de probabilidad paramétrica que podría reproducir los datos con cierto grado de confianza. Se define la bondad del ajuste como la probabilidad de los datos dados los parámetros, de modo que nos da la probabilidad de que una función de distribución paramétrica dada genere el conjunto de los datos subjetivos obtenidos.

Este *software* ofrece tres pruebas de bondad del ajuste: la  $\chi^2$ , la Kolmogorov-Smirnov y la Anderson-Darling. El *software* es capaz de estimar estas pruebas, pero su utilización dependerá de la manera en que los administradores tengan la información de la variable crítica (datos muestrales, de densidad o acumulación). La prueba  $\chi^2$  puede emplearse con cualquier tipo de datos de insumo (datos muestrales, de densidad o acumulados) y evalúa el ajuste a una distribución de probabilidad continua o discreta. La debilidad de esta prueba es que la conclusión varía con el número de clases (intervalos) que se estén considerando y no hay ninguna guía para seleccionar un número de clases adecuado.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov puede emplearse con cualquier tipo de datos de insumo (datos muestrales, de densidad o acumulados), pero sólo evalúa el ajuste a una distribución de probabilidad continua. No depende del número de intervalos de clase, pero no detecta muy bien las discrepancias entre las colas de las distribuciones. La prueba de Anderson-Darling es muy similar a la anterior,

<sup>29</sup> Véase una descripción más detallada de la rueda de probabilidad (*Wheel of Probabilities*) en Salinas (1992).

<sup>30</sup> Palisade Corporation (1997).

pero hace mayor hincapié en detectar las discrepancias entre las colas de las distribuciones de probabilidad. La única debilidad de esta prueba consiste en que sólo puede emplearse con datos muestrales. Dadas estas características se sugiere la prueba de Anderson-Darling siempre que se disponga de información histórica acerca de la variable crítica, porque usualmente en este caso se cuenta con datos muestrales históricos. De otro modo, resulta aconsejable la prueba de Kolmogorov-Smirnov porque así se obtiene información acerca de la variable crítica empleando las funciones de probabilidad subjetiva acumuladas que se obtienen mediante la “rueda de probabilidades”.

Los dos últimos pasos del procedimiento descrito en la gráfica 4 son los mismos que cuando se cuenta con información histórica. Sin embargo, debe estimarse los coeficientes de correlación empleando uno de los métodos de evaluación de la correlación. En la etapa de verificación se corrobora si los expertos aceptan los coeficientes de correlación del modelo, las formas generales de las distribuciones paramétricas y los parámetros subjetivos encontrados. Si los aceptan, se asignan las distribuciones de probabilidad paramétricas y los parámetros subjetivos a las variables críticas y se insertan las dependencias entre las variables y los valores de las variables empleando los coeficientes de correlación estimados. Si los expertos no están de acuerdo, es necesario repetir el proceso para las variables críticas con las que los expertos no concuerden.

### *3. El análisis de simulación*

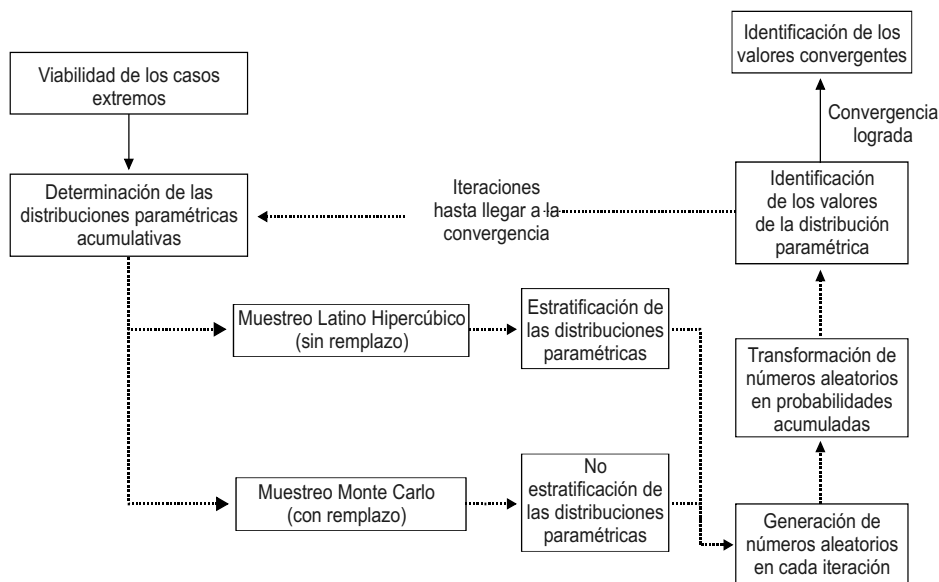
En términos generales, simulación significa la reproducción sencilla de situaciones reales. Pero la sencillez no significa que la tarea sea fácil de realizar porque se necesita tener cautela en muchas relaciones entre las variables críticas del modelo. El análisis de simulación recrea las distribuciones de probabilidad de las variables críticas mediante el muestreo aleatorio.<sup>31</sup> El proceso de simulación modifica simultáneamente todas las variables críticas dentro de los márgenes especificados de acuerdo con las distribuciones asignadas. Este proceso ayuda a determinar el riesgo total del proyecto. Debido a la na-

<sup>31</sup> Podría parecer que la simulación carece de objetividad, pero la validación de sus resultados reside finalmente en la ética del investigador (Kleindorfer, O'Neill y Ganeshan, 1998).

turalidad repetitiva del análisis de simulación, de nuevo resulta aconsejable el empleo de un *software* especializado para realizar esta tarea. El análisis de simulación es un instrumento útil, pero no perfecto. Si la caracterización y/o los enlaces entre las variables críticas están errados, el resultado será equivocado (se aplica el principio de la basura adentro, basura afuera). Por tanto, las etapas anteriores resultan decisivas para la obtención de resultados útiles.

La gráfica 5 describe el proceso de simulación. El proceso se inicia con la viabilidad de los casos extremos considerados dentro de la simulación. A menudo no se evalúa si las situaciones extremas consideradas en la simulación podrían ocurrir en realidad. Como señalan Robichek y Van Horne (1967), toda proyección del flujo de efectivo debe basarse en alguna estrategia de la administración que se supone válida dentro de un escenario específico. Por lo regular, cuando los administradores realizan un análisis de simulación, la estrategia de la administración subyacente corresponde al escenario en condiciones normales. Si los casos extremos no corresponden a este escenario, se debe considerar más de un escenario en el análisis. El paso siguiente consiste en la determinación de las distribuciones paramé-

GRÁFICA 5. *El proceso de simulación*



tricas acumuladas de las variables críticas. El *software @ Risk* ejecuta automáticamente ese paso que es el primero dentro del lazo representado por la línea punteada (véase la gráfica 5). El *software* efectúa repetidamente todos los pasos dentro del lazo hasta que converja la variable de salida.

La convergencia se caracteriza por la estabilidad de los parámetros en las distribuciones de probabilidad que pertenecen a la variable de salida (por ejemplo, el rendimiento del capital invertido por periodo). Estabilidad significa que las iteraciones adicionales no cambian mucho la forma y los estadísticos de cada distribución muestral de los FEL y RCI (una distribución por periodo a lo largo del horizonte explícito de inversión). Si se compara la media muestral con la media verdadera que corresponde a un ajuste perfecto con la distribución paramétrica, se puede medir el grado de convergencia. Por supuesto, también se podrían comparar otros estadísticos como la desviación estándar, la asimetría, entre otros.

El valor convergente por periodo es en efecto un valor esperado, en el que las diversas iteraciones tienen igual probabilidad de ocurrencia. Aunque el *software @Risk* efectúa automáticamente todos los pasos dentro del lazo, se debe entender lo que hace el *software*. En principio, no es necesario determinar las distribuciones de probabilidad acumuladas porque el *software* lo hace automáticamente, pero si se necesita especificar el esquema de muestreo por seguir. En particular, el *software* ofrece dos esquemas de muestreo: Monte Carlo y Latino Hipercúbico. Ambos esquemas se refieren a un muestreo artificial en el que cada valor muestreado podría caer en cualquier lugar dentro de los márgenes de la distribución acumulada dada. Ambos esquemas de muestreo generan por iteración un número aleatorio entre 0 y 100. Este número se transforma en una probabilidad acumulada dividiéndolo por 100. Luego se emplea la probabilidad acumulada para identificar el valor de la variable crítica. En seguida, el *software* estima el valor de la variable de salida combinando los valores simulados de las variables críticas de acuerdo con las relaciones especificadas en el modelo, mientras que se asignan valores constantes a las demás variables de entrada. Este proceso continúa hasta que converja en los términos ya descritos.

Es importante señalar que el muestreo Monte Carlo necesita más

iteraciones que el muestreo Latino Hipercúbico para lograr la convergencia. Si se efectúan unas cuantas iteraciones el muestreo Monte Carlo podría agrupar todas las iteraciones en una región particular de la distribución acumulada, porque este esquema de muestreo no divide la distribución acumulada de acuerdo con el número de iteraciones. El esquema de muestreo Latino Hipercúbico estratifica la distribución acumulada de acuerdo con el número inicial de iteraciones que se especifiquen al programa, y así obliga a que las iteraciones se realicen en una región diferente de la distribución acumulada. Esta característica, además del hecho de que se trata de un esquema de muestreo sin reposición, permite alcanzar la convergencia con un número menor de iteraciones.

Una vez que el proceso ha convergido, el *software* ofrece automáticamente un registro de todos los valores estimados para las variables críticas y las variables de salida. Los valores convergentes de la variable de salida son útiles para estimar una medida del riesgo total del proyecto en la siguiente etapa.

#### 4. *Estimación del riesgo total del proyecto*

El paso final consiste en estimar el riesgo total del proyecto. En principio, podría estimarse empleando dos medidas asociadas a los rendimientos del proyecto: la tasa interna de rendimiento (TIR) o el rendimiento del capital invertido (RCI). Se puede afirmar que es preferible medir el riesgo total del proyecto en términos de la desviación estándar del RCI del proyecto porque así se controla el tamaño del proyecto; es una mejor medida para entender el desempeño del proyecto por oposición a otras medidas del rendimiento, como el rendimiento de los activos (RDA) o el rendimiento del capital accionario (RCA) y puede estimarse por periodo y para un amplio conjunto de situaciones en comparación con la tasa interna de rendimiento del proyecto. Por todas estas razones, la explicación se centra en el RCI del proyecto como la variable de salida.

El riesgo total (RT) del proyecto puede medirse empleando dos medidas estadísticas: la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad. Estas son medidas aproximadas del riesgo del proyecto porque son medidas de variabilidad antes que el riesgo mismo. Sin embar-

go, es muy conocido que cuanto mayor sea la variabilidad mayor será el riesgo y viceversa. Se puede estimar el riesgo total del proyecto empleando una de las dos medidas siguientes:

i) Empleando la desviación estándar ( $DE$ )

$$RT_t^P = (RCI_t^P)$$

en la que  $(RCI_t^P)$  representa la desviación estándar del rendimiento del proyecto sobre el capital invertido en el periodo  $t$ .

ii) Empleando el coeficiente de variabilidad ( $CV$ )

$$RT_t^P = CV(RCI_t^P) \frac{(RCI_t^P)}{|E(RCI_t^P)|}$$

en la que  $E(RCI_t^P)$  denota el rendimiento esperado sobre el capital invertido en el periodo  $t$ .

¿Cuál es la mejor medida de riesgo total del proyecto? El  $CV$  expresa el riesgo por unidad de rendimiento, y la  $DE$  es una medida directa del riesgo total del proyecto. La  $DE$  es más flexible que el  $CV$  por que resulta más fácil incluirla en los modelos financieros (Bowlin, 1980). Sin embargo, ambas medidas deben llegar a la misma conclusión y ambas son convenientes cuando la distribución de probabilidad del  $RCI$  del proyecto es simétrica. Esto implica que la desviación estándar de una distribución asimétrica no basta para percibir el riesgo implicado. En tal caso, hay dos soluciones: estimar la semivarianza ( $SV$ ) o estimar los momentos más altos de la distribución. La primera solución es preferible porque resulta difícil implicar la asimetría y los momentos más altos de la distribución en los modelos financieros. La semivarianza se estima del mismo modo que la varianza, pero sólo se consideran los resultados menores que el valor esperado (Mao, 1970).<sup>32</sup>

$$RT_t^P = SV(RCI_t^P) [E((RCI_t^P - E(RCI_t^P)))^2]$$

Siempre que la diferencia que aparece dentro del paréntesis sea positiva, la expectativa será 0 y diferente de 0 de otro modo. En otras palabras, el operador de la expectativa se define sólo para valores

<sup>32</sup> La semivarianza puede estimarse fácilmente a partir de los resultados del @Risk.

negativos de la diferencia. Una vez que se ha determinado la semivarianza del RCI del proyecto, se puede emplearla como una medida del riesgo total de éste.<sup>33</sup>

#### IV. ESTIMACIÓN DE LOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO

Esta sección introduce expresiones formales que pueden emplearse para estimar los de efectivo o prospectivos para inversionistas imperfectamente diversificados y para los bien diversificados. De igual modo, se introduce una expresión formal para estimar la tasa de descuento del proyecto ajustada por el riesgo para los empresarios que no están bien diversificados. Por último, se analiza una aplicación numérica cuando todas las dimensiones del riesgo son relevantes y cuando la contribución del proyecto al riesgo interno de la empresa no es relevante.

##### 1. Cuando todas las dimensiones de riesgo del proyecto son relevantes

Toda empresa patrocinante puede considerarse como una cartera de proyectos y en este sentido tiene cierto grado de diversificación interna. Lo interesante consiste en conocer si el proyecto de inversión contribuirá o no a aumentar la diversificación de esta cartera de proyectos, lo cual para un inversionista imperfectamente diversificado tiene valor. Un procedimiento para evaluar el efecto que tendrá un proyecto en la empresa patrocinante (EP) consiste en estimar el riesgo total de la empresa con el proyecto ( $RCI_{CP}^{EP}$ ) en la forma siguiente (Mao, 1969):

$${}^2 RCI_{CP}^{EP} = 1 + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_{SP}^{EP}) + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_P) + 2 \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_{SP}^{EP})({}^2 RCI_P)({}_{RCI_P, RCI_{SP}^{EP}})$$
(2)

en la que:

<sup>33</sup> Mao (1970) defiende la semivarianza como una medida de riesgo en todos los casos, porque es congruente con el hincapié que administradores y empresarios hacen en el riesgo de pérdida del proyecto.

$CI_{CP}^{EP}$	capital invertido por la empresa patrocinante con el proyecto.
$CI_P$	capital invertido en el proyecto.
$(RCI_{SP}^{EP})$	riesgo total esperado de la empresa patrocinante sin el proyecto.
$(RCI_P)$	riesgo total esperado del proyecto.
$RCI_P, RCI_{SP}^{EP}$	coeficiente de correlación esperado entre los rendimientos del proyecto y los rendimientos de la empresa sin el proyecto.

El coeficiente de correlación que aparece en la expresión (2) indica si el proyecto contribuye o no a una mayor diversificación al interior de la empresa. En general, el riesgo total de la empresa con el proyecto depende del efecto de diversificación del proyecto al interior de la empresa (coeficiente de correlación), el tamaño relativo del proyecto (proporción de inversión), el riesgo total de la empresa patrocinante sin el proyecto y el riesgo total del proyecto. Si se multiplica y divide por  $(RCI_{SP}^{EP})$ , el último término de la expresión (2), se obtiene la siguiente expresión:

$${}^2 RCI_{CP}^{EP} = 1 + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_{SP}^{EP}) + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_P) \quad (3)$$

$${}^2 RCI_{CP}^{EP} = 1 + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}^2 RCI_{SP}^{EP}) \left(\frac{P}{I}\right)$$

Como se observa, existe una relación entre el  $\frac{P}{I}$  del proyecto al interior de la empresa y el riesgo total de la empresa patrocinante con el proyecto. Sin embargo, ¿cómo se puede evaluar tal efecto desde la perspectiva del mercado? Brigham y Gapenski (1993) han propuesto la siguiente expresión:<sup>34</sup>

$${}_{AM, CP}^{EP} = 1 + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}_{AM, SP}^{EP}) + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} ({}_{AM}^P)$$

en la que

<sup>34</sup> Si vemos el  $\frac{P}{I}$  de mercado de la empresa patrocinante como un promedio ponderado de los  $\frac{P}{I}$  de proyectos individuales.



- $\frac{EP}{AM, CP}$  apalancado de mercado de la empresa patrocinante con el proyecto.
- $\frac{EP}{AM, SP}$  apalancado de mercado de la empresa patrocinante sin el proyecto.
- $\frac{P}{AM}$  apalancado de mercado del proyecto.

La expresión anterior también se puede escribir suponiendo una empresa financiada sólo por capital propio. En este sentido, se deben emplear no apalancados (NA) en lugar de apalancados. Este cambio produce la expresión siguiente:

$$\frac{EP}{NA, CP} = 1 + \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} \left( \frac{EP}{NA, SP} \right) - \frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}} \left( \frac{P}{NA} \right)$$

Si en la expresión anterior se despeja el no apalancado del proyecto  $\left( \frac{P}{NA} \right)$  y si se expresa de manera prospectiva se obtiene la expresión siguiente:<sup>35</sup>

$$\frac{P}{NA} = 1 + \frac{CI_{CP}^{EP}}{CI_P} - \frac{(RCI_{SP}^{EP})}{(R_M)} - RCI_{SP, R_M}^{EP} - \frac{CI_{CP}^{EP}}{CI_P} - \frac{(RCI_{CP}^{EP})}{(R_M)} - RCI_{CP, R_M}^{EP} \quad (4)$$

Resulta interesante observar que el no apalancado de efectivo del proyecto y prospectivo se obtiene como un promedio ponderado del no apalancado de la empresa patrocinante sin el proyecto y el beta no apalancado de la empresa patrocinante con el proyecto. A fin de obtener el de efectivo del proyecto, primero se estima la expresión (3) y se introduce el resultado en la expresión (4).

Dado que los valores son prospectivos y no históricos, el riesgo total de la empresa patrocinante sin el proyecto y el riesgo total del proyecto deben estimarse con el empleo del procedimiento sugerido en la sección anterior. Esto implica que la expresión (4) producirá el de efectivo no apalancado del proyecto desde la perspectiva de los administradores y no desde la perspectiva del mercado. No obstan-

<sup>35</sup> Es posible argüir que esta expresión es una extensión del marco propuesto por Bierman y Hass (1973). Estos autores afirman que lo realmente importante en la evaluación de proyectos es el riesgo de mercado del proyecto, excepto en la situación en que haya un efecto en el riesgo de la restricción financiera, porque en tal caso debe considerarse también el efecto de la inversión en la empresa corporativa patrocinante. Los proyectos grandes y riesgosos pueden aumentar el riesgo de la restricción financiera de la empresa.

te, el rendimiento de mercado si se estima desde la perspectiva del mercado (analistas) y ello permite tener un  $\beta$  que aproxima el  $\beta$  no apalancado que se obtendría a partir del  $\beta$  apalancado de mercado. Es importante recordar que en una situación de mercados incompletos no hay información histórica útil acerca de la propuesta de inversión, de modo que sólo quedan los conocimientos de los administradores, expertos y analistas.

## 2. Cuando no es relevante la contribución del proyecto al riesgo interno de la empresa

En este caso el proyecto consiste en la creación de una nueva empresa patrocinada por un grupo de empresarios bien diversificados, de modo que sólo el riesgo total del proyecto y el riesgo de mercado son relevantes. El  $\beta$  de efectivo no apalancado y prospectivo del proyecto se estima directamente con la siguiente fórmula:

$$\beta_{NA} = \frac{(RCI_p)}{(R_M)} \beta_{RCI_p, R_M} \quad (5)$$

Como se observa, en este caso la estimación de los  $\beta$  de efectivo del proyecto resulta más fácil que en el caso anterior, porque es como si no hubiera ninguna empresa patrocinante del proyecto, de modo que no hay algún efecto de diversificación al interior de la empresa por considerar. Esto se debe a que el grupo de inversionistas mantiene una cartera de proyectos bien diversificada. Nuevamente, se debe emplear el procedimiento descrito en la sección III para estimar el riesgo total del proyecto.

En síntesis, para estimar los  $\beta$  de efectivo del proyecto, en el caso anterior y en este caso se necesita obtener: el rendimiento esperado de mercado y su volatilidad, la volatilidad del RCI del proyecto a lo largo del tiempo y los coeficientes de correlación entre los RCI de la empresa patrocinante y los rendimientos esperados del mercado o los coeficientes de correlación entre los RCI del proyecto y los esperados del mercado. Dado que las estimaciones referidas al rendimiento del mercado son difíciles de obtener en mercados emergentes, la mejor sugerencia es esperar antes de aplicar las ecuaciones (4) y (5)

hasta que las estimaciones del rendimiento de mercado sean más difundidas en estos mercados.<sup>36</sup>

### 3. Cuando el riesgo total del proyecto es la única dimensión relevante

En este caso se supone que los empresarios invierten todo su capital en su proyecto de inversión, de modo que no están diversificados. Como han demostrado Mongrut y Ramírez (2006), es importante establecer la proporción de rentabilidad por variabilidad apropiada a fin de obtener una expresión para la tasa de descuento o rendimiento requerido para el proyecto. Esta proporción, a su vez, depende de la elección óptima del empresario entre la inversión en el activo libre de riesgo y la inversión en el proyecto, su coeficiente de aversión al riesgo y el riesgo total del proyecto.

Si se supone que la elección óptima para el inversionista consiste en poner todo su capital en el proyecto (que es el caso del inversionista con menor aversión al riesgo), que posee un coeficiente de aversión al riesgo de 2 y que el riesgo total del proyecto igual o mayor a 50%, la proporción de rentabilidad por variabilidad será igual o mayor que 1.<sup>37</sup> Si se toma el valor unitario (1) para la proporción de rentabilidad por variabilidad, se establece que el límite inferior para la tasa de descuento o rendimiento requerido para el proyecto depende del rendimiento del activo libre de riesgo ( $R_f$ ) y del riesgo total del proyecto (Mongrut y Ramírez, 2006):

$$R_p = R_f + (RCI_p) \quad (6)$$

Como en los dos casos anteriores, se debe estimar la tasa de descuento o rendimiento requerido en cada periodo a lo largo del horizonte explícito de proyección. Sin embargo, en esta situación sólo se necesitan dos parámetros: la tasa libre de riesgo y el riesgo total del proyecto como insumos decisivos. En este caso, el valor agregado esperado del proyecto (VPN) será un límite superior porque se ha asumi-

<sup>36</sup> La base de datos I/B/E/S de los Estados Unidos ya ha empezado a recabar expectativas dadas por analistas para mercados emergentes. No obstante, la información aún es escasa y no está libremente disponible.

<sup>37</sup> El coeficiente de aversión al riesgo por lo general fluctúa entre 2 y 4 (Mongrut y Ramírez, 2006).

do el menor valor para la tasa de descuento. Es importante señalar que el valor estimado del proyecto será un valor requerido (subjetivo) y no un valor de mercado. Esto no puede ser considerado como una limitación, ya que incluso para los inversionistas bien diversificados el valor verdadero de mercado del proyecto se encontrará dentro de un intervalo de posibles valores en mercados incompletos.

#### 4. Aplicación numérica

A fin de entender los dos primeros casos, los dos cuadros siguientes proporcionan estimaciones de los de efectivo del proyecto sólo para un periodo cuando la empresa patrocinante es de accionariado difundido (por ejemplo, una empresa corporativa) y cuando la empresa patrocinante es de capital concentrado. En ambos casos, se

CUADRO 1. *no apalancados prospectivos para empresas de accionariado difundido*

Tipo de proyecto	ID	Expansión	Diversificación	Reemplazo
$\frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}}$	0.20	0.20	0.01	0.01
${}^2R_{SP}^{EP}$	0.25	0.25	0.25	0.25
${}^2R_{CP}$	0.23	0.25	0.30	0.25
$(R_{SP}^{EP}, R_{CP})$	0.75	1.00	0.80	1.00
$P^a$	0.72	1.00	0.88	1.00
${}^2R_{CP}^{EPb}$	0.23	0.25	0.25	0.25
${}^2R_M$	0.15	0.15	0.15	0.15
$(R_{CP}^{EP}, R_M)$	0.45	0.50	0.50	0.50
$(R_{SP}^{EP}, R_M)$	0.50	0.50	0.50	0.50
$P^c$	0.205	0.641	0.641	0.641
$(R_{CP}, R_M)$	0.17	0.50	0.46	0.50
${}^a_{NA, SP}$	0.641	0.641	0.641	0.641
${}^a_{NA, CP}$	0.554	0.641	0.641	0.641

<sup>a</sup> El al interior de la empresa y los no apalancados de la empresa se han estimado empleando las fórmulas prospectivas mostradas en la gráfica 2.

<sup>b</sup> El riesgo total de la empresa con el proyecto se ha estimado empleando la fórmula (3).

<sup>c</sup> Los de efectivo no apalancados del proyecto se han estimado empleando la fórmula (4).

CUADRO 2. *no apalancados prospectivos para empresas de accionariado concentrado*

Tipo de proyecto	ID	Expansión	Diversificación	Replazo
$\frac{CI_P}{CI_{CP}^{EP}}$	0.60	0.60	0.20	0.10
${}^2 RCI_{SP}^{EP}$	0.25	0.25	0.25	0.25
${}^2 RCI_P$	0.40	0.25	0.25	0.25
$(RCI_{SP}^{EP}, RCI_P)$	0.50	1.00	0.90	1.00
$P^a$	0.63	1.00	0.90	1.00
${}^2 RCI_{CP}^{EPb}$	0.23	0.25	0.28	0.25
${}^2 R_M$	0.15	0.15	0.15	0.15
$(RCI_{CP}^{EP}, R_M)$	0.90	1.00	0.85	1.00
$(RCI_{SP}^{EP}, R_M)$	1.00	1.00	1.00	1.00
$P^c$	0.991	1.282	0.607	1.282
$(RCI_P, R_M)$	0.61	1.00	0.47	1.00
$\frac{EP}{NA, SP}^a$	1.282	1.282	1.282	1.282
$\frac{EP}{NA, CP}^a$	1.108	1.282	1.147	1.282

<sup>a</sup> El  $\frac{EP}{NA}$  al interior de la empresa y los  $\frac{EP}{NA, SP}$  no apalancados de la empresa se han estimado empleando las fórmulas prospectivas mostradas en la gráfica 2.

<sup>b</sup> El riesgo total de la empresa con el proyecto se ha estimado empleando la fórmula (3).

<sup>c</sup> Los  $\frac{EP}{NA}$  de efectivo no apalancados del proyecto se han estimado empleando la fórmula (4).

supone que los proyectos se financian con capital propio, de modo que no se requiere ningún endeudamiento.<sup>38</sup> Cada cuadro presenta información acerca de perfiles de riesgo de cuatro proyectos de inversión: de investigación y desarrollo (ID), de expansión, de diversificación y de replazo.

En el caso del proyecto ID se supone que trae consigo un riesgo total [ ${}^2(RCI_P)$ ] diferente del de la empresa patrocinante [ ${}^2(RCI_{SP}^{EP})$ ]. Sin embargo, podría ser más o menos riesgoso dependiendo de diversos factores, como el giro del negocio, la ventaja competitiva, etc. En particular, Poterba y Summers (1995) ofrecen algunas pruebas de que ciertos proyectos de ID son menos riesgosos que el riesgo de la empresa patrocinante, mientras que Hodder y Riggs (1985) afirman

<sup>38</sup> De este modo, el riesgo total de la empresa patrocinante con el proyecto sólo refleja cambios en el riesgo económico del negocio.

que los proyectos de ID secuenciales son más riesgosos en sus primeras etapas. En ambos cuadros se observa que el proyecto de ID tiene un  $\beta$  de efectivo ( $\beta_{NA}^P$ ) diferente del de la empresa patrocinante sin el proyecto ( $\beta_{NA,SP}^{EP}$ ). En el caso de una empresa de accionariado difundido, tiene un  $\beta$  de efectivo no apalancado menor (0.205 contra 0.641) porque el proyecto es menos riesgoso (0.23 contra 0.25) y contribuye a la diversificación al interior de la empresa (0.72) y a la diversificación del mercado (de 0.50 a 0.45). En la situación de una empresa con capital concentrado se supone que el proyecto de ID trae consigo un riesgo total mayor (0.40 contra 0.25), pero también contribuye más a la diversificación al interior de la empresa (0.63) y a la diversificación del mercado (de 1.0 a 0.90), de modo que su  $\beta$  de efectivo no apalancado es también menor que el  $\beta$  de la empresa sin el proyecto (0.991 contra 1.282). Estos resultados implican que las fórmulas (3) y (4) resultan útiles siempre que un proyecto de ID grande ofrezca efectos de diversificación y traiga consigo un riesgo diferente que el riesgo promedio de la empresa patrocinante sin el proyecto.

En el caso del proyecto de expansión, se supone que no contribuye a la diversificación dentro de la empresa ( $\beta_I^P$ ). Según este supuesto, los tres  $\beta$  sin apalancamiento implicados en la expresión (4) son los mismos independientemente de si la empresa es de accionariado difundido o de accionariado concentrado (0.641 y 1.282, respectivamente).<sup>39</sup> Este resultado puede considerarse como la versión prospectiva del caso tradicional del riesgo promedio.

En el caso de empresas corporativas, el proyecto de diversificación intenta reducir el riesgo de insolvencia financiera de la empresa mediante la diversificación; mientras que en el caso de empresas con capital concentrado se intenta diversificar la cartera del propietario que se supone que está imperfectamente diversificado. En el primer caso, el proyecto de diversificación tiene el mismo  $\beta$  de efectivo que la empresa sin el proyecto (0.641), mientras que en el segundo caso tiene un  $\beta$  menor (0.607 contra 1.282). Esto se debe a que en el primer caso el proyecto no ayuda a diversificar la cartera de los accionistas que ya están bien diversificados y en el segundo caso sí ayuda

<sup>39</sup> Nótese que un proyecto de expansión se encuentra en el mismo giro del negocio, luego no ofrece un efecto de diversificación.

a diversificar la cartera de los propietarios imperfectamente diversificados. Este resultado también es afectado por el tamaño relativo del proyecto.<sup>40</sup> En el caso de la empresa con accionariado concentrado, el proyecto es relativamente grande, de modo que las repercusiones de la diversificación ejercen un efecto en la diversificación de la cartera de los accionistas. Por tanto, en el caso de las empresas con accionariado difundido es posible emplear el  $\beta$  de efectivo no apalancado de la empresa patrocinante sin el proyecto como  $\beta$  del proyecto, mientras que en el segundo caso es preferible emplear las expresiones (3) y (4).<sup>41</sup> Los proyectos de remplazo usualmente tienen el mismo riesgo que el de la empresa patrocinante y no contribuyen a una mayor diversificación de la cartera de proyectos de la empresa o del inversionista en el mercado, de modo que el  $\beta$  de efectivo del proyecto es igual al  $\beta$  de efectivo de la empresa patrocinante sin el proyecto en cualquier caso. Además, el tamaño relativamente pequeño de estos proyectos refuerza este resultado.

La fórmula (5) se puede emplear directamente en el caso de proyectos nuevos como en el caso de proyectos ID, sobre todo cuando la empresa patrocinante es de accionariado difundido. Si se supone que los coeficientes de la correlación mostrados en los cuadros son aplicables a empresas nuevas, se debería obtener los mismos  $\beta$  de efectivo del proyecto con la ayuda de la fórmula (5). En resumen, las expresiones (3) y (4) son útiles para las empresas de accionariado difundido en el caso de los proyectos relativamente grandes con un riesgo total diferente del riesgo promedio de la empresa y con o sin efectos de diversificación. En el caso de las empresas con accionariado concentrado la metodología propuesta también es útil para los proyectos de cualquier tamaño que ofrezcan una mayor diversificación para el propietario de la empresa, aunque los proyectos tengan el mismo riesgo promedio de la empresa patrocinante. Por último, es importante indicar que cuando se trata de inversionistas no diversificados y de un proyecto nuevo, no es necesario estimar ningún  $\beta$  de efectivo sino que directamente con la estimación del riesgo to-

<sup>40</sup> Dado su pequeño tamaño relativo, la diversificación que trae consigo el proyecto no se traduce en un beneficio para los accionistas que ya se encuentran bien diversificados.

<sup>41</sup> Adviértase que en el análisis se supone que los accionistas de una empresa con accionariado difundido están bien diversificados y los propietarios de una empresa con capital concentrado están imperfectamente diversificados.

tal del proyecto se estima su rendimiento requerido con ayuda de la fórmula (6).

## V. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO AJUSTADA POR RIESGO

A fin de estimar la tasa de descuento del proyecto ajustada por riesgo, es necesario verificar tres congruencias en el siguiente orden: con la estructura de capital del proyecto, con el riesgo total del mismo y con la proyección de precios. En esta sección se analiza de manera sucinta cada una de ellas.

### 1. *Congruencia con la estructura de capital del proyecto*

Para escoger la expresión apropiada para el costo del capital accionario, los administradores deberán considerar la estrategia financiera del proyecto.<sup>42</sup> Ello se debe a que resulta preferible aplicar el método VPA con la estrategia que establece un monto predeterminado de la deuda en unidades monetarias. Esto se debe a que con el VPA se puede tratar más fácilmente montos variables de deuda y de escudos fiscales que varían a lo largo del tiempo. En cambio, con la estrategia que establece una proporción constante de la deuda/valor de mercado, resulta más fácil el empleo del método CPPC.<sup>43</sup>

Para aplicar el método CPPC se utiliza un procedimiento de dos pasos: se estima el costo de capital accionario para un proyecto apalancado y luego se emplea este resultado para estimar el CPPC esperado para el proyecto. En este caso no es posible estimar directamente el costo del capital accionario y apalancado del proyecto, porque ello requiere estimar un  $\beta$  de efectivo apalancado prospectivo. No obstante, con las expresiones (4) y (5) se puede estimar el  $\beta$  no apalancado y prospectivo del proyecto. Luego, es necesario apalancar este  $\beta$  utilizando la estructura de capital prevista para el proyecto [expresión (7a)]. El conjunto de las fórmulas por utilizarse con el método CPPC son el costo de capital accionario apalancado y prospectivo para

<sup>42</sup> El costo de capital accionario requiere forzosamente la estimación de  $\beta$  prospectivos. El rendimiento requerido sólo necesita la estimación del riesgo total del proyecto.

<sup>43</sup> En realidad el método VPA y el método CPPC se pueden aplicar en ambas estrategias y obtener el mismo VPN, siempre que se utilice la fórmula de congruencia apropiada en ausencia de imperfecciones de mercado (Mongrut, 2001).



el proyecto [expresión (7a)], el apalancado y prospectivo del proyecto [expresión (7b)] y el CPPC del proyecto [expresión (8)].

$$R_p^A = R_f + \frac{P}{A}(R_m - R_f) \tag{7a}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{P}{NA} \cdot 1 + (1 - T) \frac{D}{CP} \tag{7b}$$

$$CPPC_p = R_d(1 - T) \frac{D}{V} + R_p \frac{CP}{V} \tag{8}$$

en las que:

- $\frac{P}{A}$  de efectivo apalancado y prospectivo del proyecto.
- $\frac{P}{NA}$  de efectivo no apalancado y prospectivo del proyecto.
- $R_d$  costo de la deuda.
- $T$  tasa impositiva sobre utilidades aplicable al proyecto.
- $D$  deuda atribuible al proyecto de inversión.
- $CP$  capital propio invertido en el proyecto de inversión.
- $V = D + CP$

En el caso del método VPA sólo se necesita estimar el costo de capital accionario para un proyecto financiado sólo con capital propio ( $R_{NA}^P$ ) [expresión (9)]. En esta situación se emplean directamente las expresiones (3) y (4) o la expresión (5) para obtener el de efectivo no apalancado y prospectivo del proyecto, el cual se utiliza en la expresión (9).

$$R_{NA}^P = R_f + \frac{P}{NA}(R_m - R_f) \tag{9}$$

En el caso de empresarios no diversificados se sugiere utilizar la expresión (6) para estimar el rendimiento requerido en función del riesgo total del proyecto. Como en la expresión (1) se ha definido un RCI antes de intereses e impuestos, el riesgo total del proyecto no incluirá el efecto de endeudamiento, luego el rendimiento requerido es no apalancado y se debe utilizar el método VPA.

## 2. Congruencia con el riesgo total del proyecto

La congruencia con el riesgo total del proyecto se reconoce implícitamente cuando se emplea el riesgo total del proyecto en las expre-

siones (3) y (4) o (5) para estimar el  $\beta$  de efectivo del proyecto y la expresión (6) para estimar el rendimiento requerido del proyecto. Este procedimiento garantiza una relación entre las tasas de descuento del proyecto y el riesgo total del proyecto, pero no garantiza la objetividad de las estimaciones. Por tanto, es necesario evitar permanentemente los sesgos potenciales. Además, es muy importante verificar que la evolución del riesgo total del proyecto concuerde con la evolución de las tasas de descuento estimadas a lo largo del horizonte explícito de proyección del proyecto.

### 3. *Congruencia con la proyección de los precios*

Como se dijo en la sección II la congruencia con la proyección de precios no implica que se deba obtener el mismo VPN estático independientemente de que utilicen precios constantes o nominales, porque esto implicaría una neutralidad hacia la inflación. En esta sección se analiza las consecuencias de la neutralidad hacia la inflación.

La neutralidad hacia la inflación significa que la tasa de inflación no tiene ningún efecto en el valor del proyecto. En particular, supone que no hay incertidumbre inflacionaria, impuestos a las empresas ni ajustes de precios específicos del proyecto.<sup>44</sup> Para entender la repercusión de la ausencia de incertidumbre inflacionaria definamos una especificación general que relacione los cambios de la tasa de interés nominal con los cambios de la tasa de interés real dentro del mercado financiero.<sup>45</sup>

$$R_f^n = L_1 R_f^r + L_2 \pi + L_3 \sigma \quad (10)$$

en la que:

- $R_f^n$  cambio de la tasa nominal libre de riesgo.
- $R_f^r$  cambio de la tasa real libre de riesgo.
- $\pi$  cambio en la tasa de inflación esperada.
- $\sigma$  desviación estándar de las estimaciones de la tasa inflacionaria.

<sup>44</sup> Nelson (1976) analiza el efecto de la inflación en la tasa de descuento ajustada por riesgo cuando hay impuestos a las empresas. Mehta, Curley y Fung (1984) estudian la misma influencia de la inflación cuando hay ajustes de precios específicos del proyecto y una incertidumbre inflacionaria.

<sup>45</sup> Véase Mehta, Curley y Fung (1984).

La neutralidad inflacionaria en la fórmula (10) implica que no hay incertidumbre inflacionaria ( $L_3 = 0$ ) o  $L_3 > 0$ , que la tasa real libre de riesgo es constante ( $R_f^r = 0$ ) o  $L_1 = 0$  y que  $L_2 = 1$ . En otras palabras, los cambios de la tasa nominal libre de riesgo sólo son impulsados por cambios de las expectativas inflacionarias. Desafortunadamente, existen pruebas de que la tasa real libre de riesgo tiene una relación negativa con la tasa de inflación esperada ( $R_f^r < 0$ ), que hay incertidumbre inflacionaria ( $L_3 > 0$ ) y que hay incluso un premio por la incertidumbre inflacionaria ( $L_3 > 0$ ). En esta situación no se cumple la neutralidad inflacionaria.

¿Cuál es la consecuencia de la neutralidad inflacionaria en la estimación de la tasa de descuento del proyecto? Si se cumple la neutralidad inflacionaria se puede emplear la siguiente relación entre la tasa de interés real y la tasa de interés nominal.<sup>46</sup>

$$(1 + R_f^n) = (1 + R_f^r)(1 + \pi) \quad (11)$$

en la que  $\pi$  es la tasa inflacionaria esperada a largo plazo.

En equilibrio y con ayuda de la expresión (11) se puede obtener el costo real del capital accionario apalancado o no y prospectivo ( $R_r^P$ ):

$$R_r^P = R_f^r + \pi^P (R_m^r - R_f^r) \quad (12)$$

En la fórmula (12) se supone que la tasa de interés real es constante. Por la expresión (10) se puede afirmar que la tasa de interés real no está libre de riesgo (debido a la presencia de incertidumbre inflacionaria), de modo que la expresión (11) no se cumple y no se puede obtener el costo real del capital accionario con ayuda de la expresión (12).<sup>47</sup> Este resultado implica también que no se puede convertir el costo nominal del capital accionario en un costo real del capital accionario empleando la fórmula (11), porque ésta no se cumple y si se usa introduciría un sesgo en la estimación del costo real del capital accionario. Supóngase ahora que no hay incertidumbre inflacionaria y que se pueden convertir las tasas nominales en tasas reales con ayuda de la expresión (11). Con el fin de determinar el efecto de los impuestos sobre utilidades ( $T$ ) en el VPN del proyecto,

<sup>46</sup> Nótese que sólo la tasa de interés nominal es observable, mas no la tasa real.

<sup>47</sup> En la expresión (12) también se supone que el premio real por riesgo de mercado no es afectado por la incertidumbre inflacionaria.

supóngase una inversión irreversible de un solo periodo, cuya inversión inicial ( $I$ ) se deprecia totalmente en un año.<sup>48</sup> En este caso el VPN estático, a precios constantes, es el siguiente:

$$VPN = I - \frac{FEL_o(1 - T)}{(1 - R_r^p)} - \frac{IT}{(1 - R_r^p)} \quad (13)$$

Si los flujos de efectivo libre (FEL) del proyecto están sujetos a expectativas inflacionarias constantes ( $\pi$ ), la expresión anterior, a precios nominales, se convierte en:

$$VPN = I - \frac{FEL_o(1 - \pi)(1 - T)}{(1 - R_r^p)(1 - \pi)} - \frac{IT}{(1 - R_r^p)(1 - \pi)} \quad (14)$$

Dado que la depreciación se basa en los costos históricos (del periodo 0) y no en los costos corrientes (del periodo 1), hay una distorsión generada por el escudo fiscal. Por tanto, el VPN del proyecto diferirá en términos nominales y reales.

El efecto de los ajustes de precios específicos del proyecto en el VPN del proyecto se puede analizar suponiendo que los ingresos ( $R$ ) y los costos ( $C$ ) del proyecto responden con diferente grado de sensibilidad ( $s_1$  y  $s_2$ , respectivamente) a las expectativas inflacionarias. En presencia de impuestos sobre utilidades y de ajustes de precios específicos del proyecto, el VPN estático puede formularse como sigue:

$$VPN = I - \frac{[(R_o)(1 - s_1) - (C_o)(1 - s_2)](1 - T)}{(1 - R_r^p)(1 - \pi)} - \frac{IT}{(1 - R_r^p)(1 - \pi)} \quad (15)$$

En este caso es mayor aún la distorsión de precios porque no sólo el escudo fiscal influye sino también la distinta sensibilidad de los ingresos y costos del proyecto con respecto a la inflación. Esto contribuye a aumentar la diferencia entre el VPN a precios nominales y el VPN a precios constantes. El hecho de que no se obtenga el mismo VPN estático significa precisamente que las expectativas inflacionarias no son neutrales respecto al valor del proyecto. En tal caso, los administradores deberán enfrentar la incertidumbre inflacionaria, el efecto distorsionador del escudo fiscal y los ajustes de precios específicos del proyecto.

<sup>48</sup> Véase Nelson (1976).

Dado el efecto asimétrico de las expectativas inflacionarias respecto al valor del proyecto, varios autores han aconsejado la estimación del VPN del proyecto a precios nominales o corrientes.<sup>49</sup>

Los principales argumentos en favor de esta sugerencia son los siguientes:<sup>50</sup>

- i)* Dado que las tasas nominales son observables y las reales no, resulta más sencilla la estimación del VPN del proyecto a precios corrientes.
- ii)* Las tasas nominales son más intuitivas que las tasas reales porque pertenecen al lenguaje habitual de administradores e inversionistas.
- iii)* Los pronósticos respecto al rendimiento del mercado y de las tasas de interés del mercado se hacen en términos nominales.
- iv)* Información financiera histórica, ajustada por inflación, puede resultar útil para pronosticar el flujo de efectivo del proyecto.

Dada la preferencia por la evaluación del proyecto a precios nominales o corrientes, se puede preguntar cómo estimar el costo de capital accionario de manera que se consideren los ajustes de precios específicos del proyecto y la incertidumbre inflacionaria. Friend, Landskroner y Losq (1976) han propuesto una versión modificada del MEAF para explicar los ajustes de precios específicos del proyecto agregando una relación entre la inflación esperada, los rendimientos esperados del proyecto y los rendimientos esperados del mercado.<sup>51</sup> Su enfoque puede aplicarse con la metodología propuesta, pero debe reunirse también información de las expectativas inflacionarias.<sup>52</sup>

## VI. ESTIMACIÓN DEL VALOR AGREGADO ESPERADO DEL PROYECTO

La última fase de la metodología propuesta consiste en la estimación del valor agregado del proyecto. La estimación del VPN estático puede hacerse empleando el método VPA o el método CPPC. Sin embargo,

<sup>49</sup> Véase Copeland, Koller y Murrin (1996) y Mehta, Curley y Fung (1984).

<sup>50</sup> Copeland, Koller y Murrin (1996) ofrecieron algunas de estas sugerencias.

<sup>51</sup> Mehta, Curley y Fung (1984) han extendido el trabajo de Friend, Landskroner y Losq (1976) incorporando la incertidumbre inflacionaria al análisis. Su fórmula puede aplicarse también dentro de la metodología propuesta, pero se necesita pronosticar las tasas de interés nominales.

<sup>52</sup> Nótese que estos efectos pueden ser incorporados en la tasa de descuento o en los flujos de efectivo del proyecto, pero no en ambos.

una diferencia importante entre ambos métodos es el tratamiento de los efectos financieros, específicamente el escudo fiscal. El método CPPC reconoce el escudo fiscal en el costo promedio ponderado del capital (CPPC); mientras que el método VPA incluye el escudo fiscal en el flujo de efectivo del proyecto. La estimación del valor agregado del proyecto, con el método CPPC, es como sigue:

$$E(VPN) = I - \sum_{t=1}^n \frac{FEL_t^{NA}}{(1 - CPPC_p)^t} - \frac{VR_n}{(1 - CPPC_p)^n} \quad (16)$$

Esta expresión descuenta los flujos de efectivo libres (FEL) no apalancados del proyecto ( $FEL_t^{NA}$ ) al costo promedio ponderado del capital ( $CPPC_p$ ). Además, reconoce la posibilidad de un valor residual (VR) al final del periodo  $n$ .

La estimación del valor agregado esperado del proyecto con el método VPA se enuncia como sigue:

$$E(VPN) = I - \sum_{t=1}^n \frac{FEL_t^{NA}}{(1 - R_{NA}^P)^t} - \frac{VR_n}{(1 - R_{NA}^P)^n} - \sum_{t=1}^n \frac{TR_d D_t}{(1 - K)^t} \quad (17)$$

En esta expresión también se descuentan los flujos de efectivo libres no apalancados del proyecto, pero con la tasa de descuento no apalancada del proyecto ( $R_{NA}^P$ ) estimada con la expresión (9) (para inversionistas bien diversificados) o con la expresión (6) (para empresarios no diversificados). Además, el escudo fiscal se trata como un flujo de efectivo igual a la tasa impositiva tributaria por el monto de la deuda ( $D$ ) y multiplicado por el costo de la misma ( $Rd$ ). El escudo fiscal debe ser descontado a una tasa de descuento ( $K$ ), dependiendo el riesgo asumido para éste.<sup>53</sup>

Resulta interesante observar que ambas expresiones [(16 y 17)] suponen un horizonte finito de  $n$  años y no incluyen ninguna imperfección del mercado tal como una ganancia por acceso (GA), costos de insolvencia financiera (IF) o costos de agencia (CA).<sup>54</sup> A pesar de que

<sup>53</sup> La elección de  $k$  depende de la incertidumbre asumida para los escudos fiscales. Por ejemplo, si los escudos fiscales son inciertos, serán tan riesgosos como el FEL no apalancado y deberán descontarse a la tasa de descuento no apalancada del proyecto. Si los escudos fiscales son seguros deberán descontarse a la tasa libre de riesgo, o al costo de la deuda si ésta se supone libre de riesgo.

<sup>54</sup> En el caso de los proyectos con vida infinita, se debe remplazar el valor residual del proyecto por el valor de continuidad del proyecto, el cual es el valor presente, al final del horizonte

resulta muy difícil estimar estas imperfecciones, el método VPA es el que brinda mayor flexibilidad para poder incorporarlas mediante la expresión siguiente:<sup>55</sup>

$$E(VPN) = I + \sum_{t=1}^n \frac{FEL_t^{NA}}{(1 + R_{NA}^P)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{VR_n}{(1 + R_{NA}^P)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{TR_d D_t}{(1 + K)^t} + GA + IF + CA$$

De los tres términos adicionales, el más fácil de estimar es la ganancia por acceso (GA), que ocurre cuando los inversionistas financian el proyecto con una tasa de interés subsidiada por debajo de la tasa de interés del mercado ( $R_d^m$ ). Por ejemplo, esto podría obtenerse mediante programas especiales ofrecidos por las instituciones de crédito internacionales. La tasa de descuento apropiada es la tasa activa de mercado, porque esta es la tasa a la que los administradores podrían obtener préstamos, en lugar de la tasa subsidiada que están recibiendo. La ganancia de acceso del proyecto puede estimarse mediante la expresión siguiente:

$$GA = D + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1 + R_d^m)^t}$$

en la que:

- $D$  monto de deuda inicial.
- $Q$  cuota de pago periódica.

Desafortunadamente, no existe ningún método exacto para medir los costos de insolvencia financiera, ni de agencia ni para incluir los tres efectos en la tasa de descuento con el método CPPC.

### VII. LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La principal limitación de la metodología propuesta se relaciona con la estimación de los flujos de efectivo no apalancados del proyecto sin considerar la contribución del proyecto al aumento del riesgo de insolvencia financiera de la empresa. Esta limitación se debe a la ausencia

explícito de proyección, de los flujos de efectivo libres del proyecto a perpetuidad (Copeland, Koller y Murrin, 1996).

<sup>55</sup> Para empresarios no diversificados la ganancia por acceso y los costos de agencia suelen ser muy pequeños (si existen). Sin embargo, los costos de insolvencia financiera pueden ser muy importantes.

de una relación entre el riesgo financiero del proyecto y el riesgo económico de la empresa con el proyecto. En efecto, establecer esta relación representa una investigación interesante y sería esclarecedor saber si tal relación podría incorporarse al marco propuesto. Otras limitaciones de la metodología son los supuestos de ausencia de sinergias entre los proyectos y la ausencia de flexibilidad gerencial o de opciones reales. Sin embargo, estas limitaciones podrían considerarse también como nuevas extensiones de la metodología propuesta.

La ausencia de sinergias entre los proyectos simplifica la explicación de la metodología, porque nos permite considerar cada proyecto independiente de modo aislado. Sin embargo, puede ser que esta situación no se dé para todos los proyectos en el caso de empresas corporativas y ciertamente no se da en el caso de los empresarios no diversificados que emprenden un segundo proyecto. Esto se debe a que los administradores de empresas corporativas podrían emprender proyectos porque prevén interesantes sinergias entre las propuestas de inversión y porque, en el caso de los empresarios no diversificados, es probable que el segundo proyecto esté relacionado con la empresa actual. En estos casos es útil también la metodología propuesta; en el primer caso puede emplearse la programación entera para seleccionar el conjunto de los proyectos complementarios que habrán de aceptarse; mientras que en el segundo caso es necesario considerar explícitamente las sinergias entre los proyectos y la diversificación lograda. La extensión más importante de la metodología propuesta es la introducción de la flexibilidad gerencial u opciones reales.

Como se señaló, el enfoque OR intenta estimar los flujos de efectivo seguros del proyecto suponiendo inversionistas neutrales al riesgo y empleando probabilidades neutrales al riesgo. Es más, hay algunos enfoques que intentan valorar OR en mercados de capitales incompletos. Podría afirmarse que también es posible obtener flujos de efectivo seguros restando el premio por riesgo estimado para el proyecto (sistemático o total) de los flujos de efectivo con riesgo del proyecto. Sin embargo, ¿cómo podrían los administradores evaluar el premio por riesgo apropiado para el proyecto? La metodología propuesta permite sugerir que el premio por riesgo del proyecto por periodo dependerá de la variabilidad de la RCI por periodo del proyecto para cada uno de los escenarios considerados. La metodología se



ha presentado suponiendo un escenario “libre de sorpresas” para simplificar el análisis, pero el mismo análisis podría repetirse para distintos escenarios. Según Wack (1985), se podrían elaborar escenarios mutuamente excluyentes y conjuntamente exhaustivos analizando hechos predeterminados (que han ocurrido o que están a punto de ocurrir, pero cuyas consecuencias son todavía inciertas) y elementos inciertos (posibles consecuencias). Luego, para cada escenario considerado, se realiza un análisis de riesgo identificando las variables críticas pertinentes.

La metodología propuesta ofrece también algunas contribuciones: establece una relación entre el riesgo sistemático del proyecto y el costo de capital accionario y entre el riesgo total del proyecto y el rendimiento requerido; constituye una opción cuando no puede emplearse el enfoque del atajo para inversionistas bien diversificados sobre todo en mercados emergentes; constituye una opción importante para empresarios no diversificados, integra diferentes instrumentos de análisis de riesgo; obliga a los administradores y empresarios a pensar acerca de los verdaderos determinantes del riesgo y la rentabilidad del proyecto, y ofrece una base congruente en la que administradores y empresarios pueden justificar su elección y en este sentido puede considerarse como óptima en comparación con otras metodologías que carecen de congruencia.

### CONCLUSIONES

En este artículo se propone una metodología que podrían aplicar administradores y empresarios para evaluar proyectos de inversión en mercados de capitales incompletos. Esta metodología integra el análisis de riesgo con la estimación de la tasa de descuento. En el caso de los inversionistas bien diversificados e imperfectamente diversificados se emplea un modelo de equilibrio (el MEAF) para estimar el costo del capital accionario ajustado por el riesgo sistemático prospectivo del proyecto. De igual modo, se utiliza una tasa de descuento basada en el riesgo total del proyecto para estimar el rendimiento requerido para el proyecto desde el punto de vista de los empresarios no diversificados.

Se ha explicado el proceso para realizar un apropiado análisis de

riesgo, cómo puede emplearse la información de administradores y expertos para obtener el riesgo total del proyecto y cómo puede diferir la estimación de la tasa de descuento según el grado de diversificación de los inversionistas. Más importante aún: la metodología va más allá del caso del riesgo promedio estableciendo una relación entre el riesgo del proyecto y la tasa de descuento del proyecto ajustada por el riesgo mediante la estimación de de efectivo o la estimación del riesgo total del proyecto.

Si bien aún no se cuenta con la disponibilidad de información de mercado para aplicar la metodología en el caso de inversionistas bien diversificados e imperfectamente diversificados, la metodología se puede aplicar directamente en el caso de los empresarios que no están diversificados en mercados emergentes. Puede aplicarse proyecto por proyecto y no requiere la existencia de un mercado de capitales. En el caso de mercados emergentes el riesgo país podría incorporarse mediante el análisis de escenarios, lo cual afectaría el riesgo total del proyecto por escenario y las tasas de descuento. Esto permite que la metodología propuesta se aplique para la gran mayoría de empresas que operan en economías emergentes.

La metodología tiene también algunas limitaciones, sobre todo relacionadas con el caso de inversionistas bien diversificados, pero es de esperarse que la mayoría de estas limitaciones puedan traducirse en extensiones con el tiempo. Algunas extensiones posibles son el tratamiento de la flexibilidad gerencial, las sinergias entre proyectos y la contribución del proyecto al riesgo de insolvencia financiera de la empresa. Todas estas extensiones son interesantes y deseables de intentar. En resumen, en este trabajo se ha bosquejado el marco teórico de un posible instrumento gerencial cuyas consecuencias prácticas están todavía por descubrirse.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bierman, H., y J. Haas (1973), "Capital Budgeting under Uncertainty: A Reformulation", *Journal of Finance*, pp. 119-129.
- Borison, A. (2005), "Real Option Analysis: Where are the Emperor's Clothes?", *Journal of Applied Corporate Finance* 17, núm. 2, pp. 17-31.
- Bower, R., y D. Lesser (1973), "An Operational Approach to Risk-Screening", *Journal of Finance* 28, núm. 2, pp. 321-337.

- Bowlin, O. (1980), *Guide to Financial Analysis*, McGraw Hill.
- Brigham, E., y L. Gapenski (1993), *Intermediate Financial Management*, Dryden Press.
- Chen, S., y W. Moore (1982), "Investment Decisions under Uncertainty: Application of Estimation Risk in the Hillier Approach", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 17, núm. 3, pp. 425-440.
- Clemen, R., y T. Reilly (1999), "Correlations and Copulas for Decision and Risk Analysis", *Management Science*, vol. 45, pp. 208-224.
- Copeland, T., T. Koller y J. Murrin (1996), *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, John Wiley & Sons Inc.
- Dixit, A., y R. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press.
- Fama, E. (1977), "Risk-Adjusted Discount Rates and Capital Budgeting under Uncertainty", *Journal of Financial Economics*, núm. 5, pp. 3-24.
- Ferson, W., y D. Locke (1998), "Estimating the Cost of Capital through Time: An Analysis of the Sources of Errors", *Management Science*, vol. 44, páginas 485-500.
- Friend, I., Y. Landskroner y E. Losq (1976), "The Demand for Risky Assets under Uncertain Inflation", *Journal of Finance*, pp. 1285-1297.
- Gorkhale, D., y J. Press (1982), "Assessment of a Prior Distribution for the Correlation Coefficient in a Bivariate Normal Distribution", *Journal of the Royal Statistical Society*, núm. 145, pp. 237-249.
- Hearings, J., y F. Kluber (2000), "The Robustness of CAPM-A Computational Approach", Ensayo de Trabajo METEOR, Holanda, Maastricht University.
- Hertz, D. (1964), "Risk Analysis in Capital Investment", *Harvard Business Review* 42, pp. 79-96.
- (1968), "Investment Policies that Pay Off", *Harvard Business Review* 1, pp. 96-108.
- (1976), "Risk Analysis in Capital Investment", S. Myers (comp.), *Modern Developments in Financial Management*, Praeger.
- Hodder, J., y H. Riggs (1985), "Pitfalls in Evaluating Risky Projects", *Harvard Business Review* 63, núm. 1, pp. 128-135.
- Hull, J. (1977), "Dealing with Dependence in Risk Simulation", *Operational Research Quarterly*, vol. 28, pp. 201-213.
- (1980), *The Evaluation of Risk in Business Investment*, Pergamon Press.
- Inselbag, I., y H. Kaufold (1997), "Two DCF Approaches for Valuing Companies under Alternative Financing Strategies and How to Choose Between Them", *Journal of Applied Corporate Finance*, vol. 10, núm. 2, pp. 114-122.
- Keeley, R., y R. Westerfield (1973), "A Problem in Probability Distribution Techniques for Capital Budgeting", *Journal of Finance*, núm. 4, pp. 703-709.
- Kleindorfer, G., L. O'Neill y R. Ganeshan (1998), "Validation in Simulation: Various Positions in the Philosophy of Science", *Management Science* 44, núm. 8, pp. 1087-1099.

- Lamont, O., y C. Polk (2000), "Does Diversification Destroy Value? Evidence from Industry Shocks", National Bureau of Economic Research, Ensayo de Trabajo 7803.
- Lerner, M., y A. Rappaport (1968), "Limit DCF in Capital Budgeting", *Harvard Business Review*, pp. 133-139.
- Mao, J. (1969), *Quantitative Analysis of Financial Decisions*, MacMillan.
- Mao, L. (1970), "Survey of Capital Budgeting: Theory and Practice", *Journal of Finance*, pp. 349-360.
- Meggison, W. (1997), *Corporate Finance Theory*, Addison-Wesley.
- Mehta, D., M. Curley y H. Fung (1984), "Inflation, Cost of Capital, and Capital Budgeting Procedures", *Financial Management*, pp. 48-53.
- Mongrut, S. (2001), "A General Framework to Risk-Adjust Hurdle Rates in Domestic Capital Budgeting", tesis de maestría inédita, Holanda, Maastricht University.
- , y D. Ramírez (2006), "Discount Rates in Emerging Capital Markets", *ICFAI Journal of Financial Economics*, vol. IV, núm. 2, pp. 35-55.
- Myers, S. (1976), "Postscript: Using Simulation for Risk Analysis", S. Myers (comp.), *Modern Developments in Financial Management*, Praeger.
- , y A. Robichek (1966), "Conceptual Problems in the Use of Risk-Adjusted Discount Rates", *Journal of Finance*, núm. 21, pp. 727-730.
- , y S. Turnbull (1977), "Capital Budgeting and the Capital Asset Pricing Model: Good News and Bad News", *Journal of Finance*, núm. 2, pp. 321-332.
- Nelson, C. (1976), "Inflation and Capital Budgeting", *Journal of Finance*, núm. 3, pp. 923-931.
- Palisade Corporation (1995), *Top-Rank: User's Guide*.
- (1996), *@Risk: User's Guide*.
- (1997), *Best-Fit: User's Guide*.
- Pettit, R., y R. Singer (1985), "Small Business Finance: A Research Agenda", *Financial Management*, pp. 47-59.
- Poterba, J., y L. Summers (1995), "A CEO Survey of U.S. Companies' Time Horizons and Hurdle Rates", *Sloan Management Review*, pp. 43-53.
- Robichek, A., y J. Van Horne (1967), "Abandonment Value and Capital Budgeting", *Journal of Finance*, pp. 577-590.
- Salinas, J. (1992), *Análisis de decisiones en entornos inciertos, cambiantes y complejos*, CIUP, Perú, Universidad del Pacifico.
- Schachter, B., y J. Butler (1989), "The Investment Decision: Estimation Risk and Risk-Adjusted Discount Rates", *Financial Management*, pp. 13-22.
- Sloan, R. (1996), "Using Earnings and Free Cash Flow to Evaluate Corporate Performance", *Journal of Applied Corporate Finance*, pp. 70-78.
- Smith, J., y R. Nau (1995), "Valuing Risky Projects: Option Pricing Theory and Decision Analysis", *Management Science* 41, núm. 5, pp. 795-816.
- Stein, J. (1996), "Rational Capital Budgeting in an Irrational World", *National Bureau of Economic Research*, Ensayo de Trabajo 5496.

- Taggart, R. (1989), "Consistent Valuation and Cost of Capital Expressions with Corporate and Personal Taxes", *National Bureau of Economic Research*, Ensayo de Trabajo 3074.
- Trigeorgis, L. (1996), *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press.
- Wack, P. (1985), "Scenarios: Shooting the Rapids", *Harvard Business Review*, núm. 6, pp. 139-150.