

MEDIDAS DE RENTABILIDAD EN PROJECT FINANCE DE INFRAESTRUCTURA

Pablo Federico Taborda Agudelo

Asesor

Juan Carlos Gutiérrez Betancur

Escuela de Economía y Finanzas

Universidad EAFIT

MEDELLÍN

2017

## **Resumen**

En este artículo se parte del estudio de diferentes medidas de rentabilidad: Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM), Tasa Interna de Retorno Promedio (AIRR), Tasa Interna de Retorno Promedio del Accionista (SAIRR) y el Retorno Sobre El Capital Promedio (AROIC), para determinar cuál es la verdadera rentabilidad de un Project Finance en infraestructura. En primer lugar, se definen las características que tiene un Project Finance. En segundo lugar, se identifican las cualidades y falencias que presentan las medidas de rentabilidad con respecto a los flujos de caja convencionales y no convencionales, se hace un contraste entre las perspectivas que tienen los deudores y acreedores para estimar las medidas de rentabilidad, puesto que los primeros no tienen en cuenta la probabilidad de incumplimiento frente a la deuda obtenida, mientras que los segundos son rigurosos y pesimistas en sus valoraciones. Por último, al evaluar el SAIRR y el AIRR como medidas de rentabilidad para el Project Finance de infraestructura, se encuentra que son adecuadas, puesto que toman en cuenta la información transitoria de la financiación, la inversión, sus costos y la variabilidad que se genera en los flujos de caja no convencionales. Adicionalmente, se descubre que los valores de las medidas de rentabilidad tradicionales se incrementan cuando el costo de capital crece, lo cual resulta contrario al sentido común y a la ortodoxia financiera. El AIRR es la única medida de rentabilidad que aumenta si aumenta el valor del proyecto (cuando se minimiza el WACC), y viceversa.

**Palabras clave:** medida de rentabilidad, Project Finance, TIR, TIRM, AIRR, AROIC.

## **Abstract**

This article begins with the study of different measures of return; Internal Rate of Return (IRR), Modified Internal Rate of Return (MIRR), Average Internal Rate of Return (AIRR), Shareholder Average Internal Rate of Return (SAIRR) and Average Return on Invested Capital (AROIC), to determine which it is the true profitability of a Project Finance in infrastructure. In the first place, the characteristics of a Project Finance are defined. Secondly, the qualities and shortcomings of the profitability measures with respect to conventional and non-conventional cash flows are identified, then a contrast is made between the perspectives that have debtors and creditors to estimate the measures of profitability, since the former do not take into account the probability of default against the debt obtained, while the latter are rigorous and pessimistic in their valuations. Finally, when evaluating the SAIRR and the AIRR as profitability measures for the Infrastructure Project Finance, it is found that they are adequate, since they take into account the transitory information of the financing, the investment, its costs and the variability that is generated in unconventional cash flows. Additionally, it is discovered that the values of traditional profitability measures increase when the cost of capital grows, which is contrary to common sense and financial orthodoxy. The AIRR is the only measure of profitability that increases if the value of the project increases (when the WACC is minimized), and vice versa.

**Key words:** measure of return, Project Finance, IRR, MIRR, AIRR, AROIC.

## Introducción

Los proyectos de inversión en infraestructura, financiados mediante la figura del Project Finance, son considerados como alternativas al momento de buscar una solución o mejora para la provisión de bienes públicos. Tanto los gobiernos como las instituciones privadas son los agentes más interesados en participar en ellos para propiciar el desarrollo económico, para incrementar su capital patrimonial y generar valor por medio de la puesta en marcha de grandes obras. En este sentido, entre los años 2007 y 2012 los bonos globales emitidos para apalancar los proyectos de infraestructura tuvieron un valor promedio de US\$7 billones de dólares, mientras que la inversión de capital privado fue de US\$40 billones de dólares, monto que pudo ser superior sin la fuerte caída que sufrió el mercado de Project Finance, debido a la crisis financiera de 2008.<sup>1</sup> Sin embargo, luego de ese periodo, en el año 2013, la emisión de bonos para la financiación de infraestructura llegó a una cuantía record de casi US\$19 billones de dólares en todo el mundo, y cerca de US\$60 billones de dólares en inversión de capital privado, representando esto una mayor confianza para los inversionistas institucionales y Gobiernos (Della Croce & Gatti, 2014). Posteriormente, el sector de infraestructura se mantuvo fuerte debido a la cantidad de licitaciones realizadas en todas las regiones, logrando de esta manera una inversión de capital total de US\$90 billones de dólares. Se estima que para el año 2020 Europa y Estados Unidos habrán invertido más de cuatro trillones de dólares en infraestructura. Asimismo, los países emergentes se verán favorecidos por el

vínculo entre las políticas públicas y el sector privado (Della Croce & Gatti, 2014).

## Project Finance

Los proyectos financiados a través de Project Finance tienen como característica la participación de varios agentes, entre ellos se encuentran: el promotor o sponsor, el operador, los inversionistas, los bancos y el gobierno (Gatti, 2013). La obtención de rendimientos futuros positivos es el interés en común que tienen estos participantes, y para ello buscan la manera más adecuada de estimar sus tasas de rentabilidad por medio de la correcta proyección de los flujos de caja que genera el proyecto y la estimación del costo de capital.

El Project Finance se puede definir como:

la creación de una empresa-proyecto legalmente independiente, financiada con capital de una o más entidades patrocinadoras y con deuda sin recurso,<sup>2</sup> con el propósito de invertir en bienes de capital (Esty, 2004, p. 213).

Durante el último siglo, el Project Finance se ha convertido en un método innovador para los países en vía de desarrollo. Su uso ha fomentado las alianzas público-privadas y la obtención de niveles apropiados de infraestructura básica de una forma rápida y eficiente (Gatti, 2013).

Para la ejecución de un Project Finance deben intervenir diferentes actores que realicen contribuciones específicas para cada fase del proyecto. En primer lugar, debe existir la necesidad, por parte de una compañía o gobierno, de llevar a cabo un proyecto. Estos iniciadores del proyecto son conocidos

---

<sup>1</sup> Datos reportados por la banca de inversión Thompson OneBanker (2013) y la empresa de consultoría Probitas Partners (2013).

<sup>2</sup> Deuda que usa como única garantía los flujos de caja y activos del proyecto.

dentro de esta estructura de financiación como patrocinadores o *sponsors*, los cuales pueden optar por separar el proyecto como un nuevo ente económico independiente, lo que se conoce como Vehículo de Propósito Especial (SPV), el cual es financiado sin tener un efecto directo sobre el Balance General de la compañía patrocinadora. Bajo esta modalidad, el SPV se convierte en el deudor del proyecto (Gatti, 2013).

En este sentido, la búsqueda de beneficios, por parte de ambos, el gobierno y los patrocinadores, hace que la valoración de los proyectos y la medición de sus rentabilidades sea más rigurosa en lo que se refiere a todos los complejos detalles de su estimación. El problema central radica en lograr una estimación acertada de las medidas de rentabilidad, teniendo en cuenta la incidencia de los diferentes factores que pueden alterar las variables a través del tiempo, así como su efecto en cada una de las etapas que puede llegar a presentar el proyecto según sus características. En el caso de los proyectos de infraestructura se dan las siguientes etapas o fases: la fase de desarrollo, la fase de construcción y la fase de operación del proyecto.

En términos generales, existen patrones de flujos de caja convencionales y patrones de flujos de caja no convencionales. Los flujos de caja convencionales son aquellos que contemplan una o más salidas de dinero en efectivo, seguidos de una o más entradas positivas del mismo (Bussey & Eschenbach, 1992, p. 188; Bierman & Smidt, 1993 y Hartman & Schaftrick, 2004, p. 142). En otras palabras, después de realizar las inversiones iniciales necesarias el inversionista, o los agentes participantes, solo esperan flujos de caja positivos en la fase de operación del proyecto. No obstante, como se observa en la tabla 1 este tipo de conducta en los flujos de caja se presenta por lo general en condiciones donde el proyecto no afronta varias etapas

durante su vida útil y solo concibe una inversión inicial con/sin deuda.

**Tabla 1.** Flujos de caja convencionales

FC0	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
-1000	-3000	120	840	360	5000

Fuente: elaboración propia

En contraste a lo anterior, los flujos de caja no convencionales se generan cuando los proyectos demandan reinversiones, refinanciaciones y presentan cambios abruptos en los resultados de operación, ocasionados por los efectos de la competencia y la regulación. Asimismo, algunos teóricos definen el comportamiento no convencional como “una inversión que entremezcla los flujos positivos y negativos” (Bierman & Smidt, 1993; Bussey & Eschenbach, 1992, p. 188 y Hartman & Schaftrick, 2004, p. 142). Este tipo de patrones de flujos de caja (tabla 2) es característico en los proyectos de inversión en infraestructura de largo plazo, que involucran gran cantidad de tipos de riesgos y que además se componen de diferentes ciclos, los cuales por su naturaleza exigen más inversión o refinanciación para cumplir su propósito. Asimismo, luego de que el inversionista logra identificar el patrón de flujo de caja esperado, obtiene una información relevante para establecer qué tipos de medidas de rentabilidad utilizará al momento de evaluar el proyecto.

**Tabla 2.** Flujos de caja no convencionales

FC0	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5
-2000	460	-1000	1500	-580	5220

Fuente: elaboración propia

Tradicionalmente, la medida de rentabilidad de mayor uso por parte de los gobiernos e inversionistas es la Tasa Interna de Retorno (TIR), medida que resulta correcta desde el punto de vista matemático solo en el caso de

los flujos de caja de inversión convencionales, en los cuales los flujos de caja negativos del proyecto preceden a los flujos de caja positivos, o viceversa. En los proyectos de infraestructura, generalmente, este no es el caso. Berk y Demarzo (2014, p. 218) afirman que la TIR, en un contexto de mercados de capitales, proporcionará información relacionada con el margen de error en la estimación del costo de capital. Sin embargo, en los flujos de caja no convencionales pueden existir múltiples TIR, o incluso no existir, y no sabríamos cuál comparar con el costo del capital. En este sentido, tomar decisiones basados solamente en la TIR es riesgoso, por lo que debe replantearse. Debido a esto, en el presente artículo se expondrá y medirá la eficacia relativa comparativa de diferentes medidas de rentabilidad como la Tasa Interna de Retorno Promedio, conocida como AIRR, la Tasa de Interna de Retorno Modificada (TIRM o MIRR) y el Retorno Promedio Sobre la Inversión AROIC, para determinar cuál es la medida más adecuada al momento de evaluar el rendimiento de un Project Finance.

De hecho, por un lado, los inversionistas buscan frecuentemente fondear los proyectos con deuda bancaria o bonos proyecto, demostrando su capacidad de pago con los flujos de caja del proyecto y la estimación de la mínima tasa de rentabilidad prometida. Por otro, el sistema bancario y el mercado de deuda bursátil evalúan el proyecto para obtener una mínima tasa de rentabilidad esperada ajustada por riesgo, y de esta manera gestionar el pago oportuno de la deuda. Por lo tanto, para que se presente un acuerdo benéfico entre ambas partes lo ideal sería que la estimación diera como resultado un valor similar para los dos. Es decir, que el valor esperado coincidiera con el valor prometido. Sin embargo, en la vida real esto no sucede, ya que por un lado los promotores del proyecto tienden a ser optimistas en la

valoración del mismo y pueden llegar a sesgar el valor resultante de las medidas de rentabilidad, mientras que los bancos y el mercado de bonos proyecto están en la obligación de gestionar el riesgo de crédito de sus inversores, especialmente los inversionistas institucionales (fondos de pensiones, aseguradoras, bancos, etc.), y por lo tanto considerarán un rango más amplio de escenarios para invertir en el proyecto y posteriormente monitorearlo. Es por esta razón que, en este artículo se abordará también la estimación de la tasa de rendimiento desde ambas perspectivas para determinar la diferencia entre los valores resultantes y su incidencia en las medidas de rentabilidad y valor del proyecto.

## Medidas de rentabilidad

Desde una perspectiva contable, para conocer la rentabilidad de una inversión los agentes interesados deben realizar la estimación de la tasa de retorno del proyecto. Esta medida se puede obtener mediante la relación existente entre la Utilidad Operativa Después de Impuestos (NOPAT) del periodo (t) y el Capital Invertido (CI) en el periodo (t-1) (Magni, 2016), siendo definido este último como:

$$CI_t = AFN_t + CTN_t \quad (0)$$

Donde:  $AFN_t = \text{Activos Fijos Netos}$   
 $CTN_t = \text{Capital de Trabajo Neto}$

$$ROIC_t = \frac{NOPAT_t}{CI_{t-1}} = \frac{EBIT_t(1 - T_c)}{CI_{t-1}} \quad (1)$$

Donde:  $ROIC_t = \text{Retorno Sobre el Capital Invertido}$   
 $T_c = \text{Tasa impositiva}$

Cuando los proyectos son de larga duración y atraviesan varias fases durante su vida útil, la tasa de retorno cambia periódicamente y, en este caso, es necesario contar con la sumatoria de los retornos esperados, ponderados por su capital previo divididos

entre la sumatoria de los capitales invertidos (Magni, 2016), esto con el fin de conocer la tasa de rendimiento de todo el proyecto durante su existencia, Retorno Sobre el Capital Promedio (AROIC):

$$AROIC_t = \frac{ROIC_1CI_0 + ROIC_2CI_1 + \dots + ROIC_tCI_{t-1}}{CI_0 + CI_1 + \dots + CI_{t-1}} \quad (2)$$

Sin embargo, financieramente, y para el accionista, en el caso de los Project Finance de infraestructura, la estimación cambia debido a la dependencia que tiene la tasa de retorno con respecto a la deuda, la inversión, la evolución del mercado de capitales y los riesgos de las múltiples fases que pueda llegar a atravesar el proyecto. Es en este punto donde la TIR suele ser usada por los agentes interesados en el proyecto para tomar en cuenta las variables que afectan, positiva o negativamente, la inversión. Según Ross, Westerfield y Jordan (1998), la TIR es definida matemáticamente como la tasa de interés que iguala el valor presente de una serie de flujos de caja a cero. Además de definir la rentabilidad obtenida por la inversión, la TIR es usada ampliamente como un criterio de decisión para aceptar o rechazar un proyecto. Esta puede ser comparada con factores financieros que determinan el valor actual de un pago futuro como las tasas de descuento (costo de capital, tasa de rentabilidad mínima requerida, tasa de crecimiento marginal), para llegar a un resultado decisivo. La TIR es una opción adecuada para valorar la rentabilidad de una inversión cuando la tasa de descuento es única, los flujos de caja son convencionales y cuando el proyecto concibe solo una inversión. No obstante, generalmente en los Project Finance de infraestructura estas condiciones cambian, ya que son múltiples las tasas de descuento que se presentan a través del tiempo, ya sea por el cambio en la estructura del capital aplicado al proyecto o

por los cambios en variables exógenas, macroeconómicas y de riesgo endógeno al proyecto. Es decir, los flujos de caja son, por lo general, no convencionales, pues durante la ejecución de la obra se debe hacer reinversión y refinanciación para cumplir los objetivos trazados inicialmente. Magni (2013) señala algunas falencias que pueden llegar a afectar el indicador de rentabilidad, dentro de las cuales resalta el surgimiento de valores múltiples cuando los flujos de caja tienen cambios periódicos en sus signos, lo cual puede llevar a los participantes a desconocer la tasa de rendimiento correcta para evaluar el proyecto. Además, en caso de que el último flujo sea un desembolso o salida de efectivo, el valor de la TIR podría ser cero y no habría forma de valorar la inversión. Por ejemplo, la TIR de una inversión es una solución positiva,  $r=TIR$ , de la siguiente ecuación:

$$0 = VPN(r) = -FC_0 + \frac{FC_1}{(1+r)} + \frac{FC_2}{(1+r)^2} \dots + \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (3)$$

La ecuación (3) es equivalente a un polinomio real, del cual interesan sus raíces positivas. Generalizando, un polinomio real con grado (k) es de la siguiente forma:

$$a_k r^k + a_{k-1} r^{k-1} + \dots + a_1 r + a_0 = 0 \quad (4)$$

El resultado general más conocido para el número de posibles soluciones de (4) es la Regla de los Signos de Descartes<sup>3</sup>, en donde  $N_{sgn}$  es el número de cambios de signo de la secuencia ordenada de coeficientes de (4):

$$a_k, a_{k-1}, \dots, a_1, a_0 \quad (5)$$

Por ejemplo: el polinomio  $r^5 - r^2 + r - 1 = 0$  tiene tres cambios de signo, y de acuerdo con la Regla de los Signos de Descartes posee tres o una solución positiva.

<sup>3</sup> Regla de los Signos de Descartes: el número  $N_+$  de soluciones positivas de un polinomio real de grado k es el número  $N_{sgn}$  de cambios de signo de sus coeficientes ordenados, (a) es  $N_{sgn}$  menos un entero positivo par.

En un segundo ejemplo considérese un proyecto con el siguiente perfil de flujos de caja (\$ Millones):

**Tabla 3.** Flujos de caja

FC <sub>0</sub>	FC <sub>1</sub>	FC <sub>2</sub>	FC <sub>3</sub>	FC <sub>4</sub>
-1.008	5.724	-12.140	11.400	-4.000

Fuente: elaboración propia

Según la Regla de los Signos de Descartes este proyecto equivale a un polinomio de cuarto grado, que podría tener hasta cuatro soluciones (cuatro TIR), las cuales efectivamente son; 25%, 33,33%, 42,86% y 66,66%. Se configura el fenómeno de las múltiples TIR.

De la misma manera, otra de las falencias es que, en el caso de presentarse volatilidad cambiante en el costo de capital, la TIR no podría compararse con el costo de oportunidad cambiante y, nuevamente, no habría manera de obtener un valor de referencia para la decisión. En estas circunstancias, la TIR no responde de la misma forma y por ello no debe ser empleada como criterio de decisión acertado para el Project Finance de infraestructura. Por ende, es importante analizar e indagar otras alternativas para medir la rentabilidad y que tengan como característica la capacidad de resolver aquellas dificultades que surgen en los flujos de caja.

Por otra parte, la Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM) es otra opción para medir el rendimiento de un proyecto. Se considera que su estimación es más ajustada que la de la TIR, ya que supone una tasa de interés (costo del capital) para reducir a uno los cambios de signo que pueden experimentar los flujos de caja, lo cual genera una única tasa de retorno (Ng & Beruvides, 2015). Al mismo tiempo, se reconoce que la principal desventaja de la TIR consiste en que esta utiliza la misma tasa de descuento tanto para los flujos de caja de financiación como

para los flujos de caja de inversión (Volkman 1997). En este sentido, Lin (1976) sugirió emplear diferentes tasas de descuento para los flujos de caja de salida y de entrada, conduciendo esto al remplazo de la TIR con la TIRM para todo tipo de proyectos (Brigham & Daves, 2012; Kierulff, 2008, 2012 y Kulakov & Kastro, 2015). Según Kulakov y Kastro (2015), la TIRM no es una medida recomendada para el Project Finance, ya que presenta el mismo inconveniente que tiene la TIR, y es que no puede distinguir los flujos de caja de inversión con los de financiación (Bierman & Smidt, 1975; Lin, 1976 y Volkman, 1997). Además, cuando las salidas de efectivo no ocurren de manera única al principio del proyecto, la TIRM se incrementa a medida que el costo marginal de la deuda sube; por tanto, la evaluación por el método TIRM será errónea. Asimismo, de acuerdo con la regla TIRM, un mayor costo de capital hace que el proyecto sea más rentable, pero esto es inconsistente con la teoría financiera. El error fundamental de la TIRM y algunos otros índices, como las Tasas Globales de Retorno (TGR) (Shull, 1994), es que estos índices dependen de una tasa de financiación.

En términos matemáticos, una primera variante de la TIRM asume que los flujos de caja positivos del proyecto se reinvierten al costo del capital propio apalancado (re), y que los flujos de caja negativos se descuentan al costo marginal de la deuda (rd), y que además estos últimos se suman a la inversión inicial:

$$TIRM_1 = \left[ \frac{\sum_{j=1}^t FCE_j * (1 + re)^{t-j}}{FC_0 + \sum_{j=1}^t \frac{FCS_j}{(1 + rd)^j}} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (6)$$

Donde:  $FCE_t$  = Flujos de caja de entrada  
 $FCS_t$  = Flujos de caja de salida

Esto conduce a una tasa promedio geométrica que iguala el valor futuro de ingresos con el valor presente de costos:

$$TIRM_1 = \left[ \frac{\text{Valor Futuro de Ingresos}}{\text{Valor presente de Costos}} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (7)$$

La segunda variante de la TIRM consiste en reinvertir los flujos de caja positivos al costo del capital apalancado, y a la vez capitalizar los flujos de caja negativos al costo marginal de la deuda, y sumar ambos para obtener un valor futuro de fondos acumulados. Posteriormente, se divide dicho valor futuro entre la inversión inicial, y a este cociente se le calcula la raíz t-ésima:

$$(8) TIRM_2 = \left[ \frac{\sum_{j=1}^t FCE_j (1+re)^{t-j} + \sum_{j=1}^t FCS_j (1+rd)^{t-j}}{FC_0} \right]^{\frac{1}{t}}$$

La cual conduce análogamente a una tasa promedio geométrica que iguala el valor futuro acumulado de todos los flujos con el valor presente de la inversión inicial:

$$(9) TIRM_2 = \left[ \frac{\text{Valor Futuro de Flujos Acumulados}}{\text{Valor presente de Inversión Inicial}} \right]^{\frac{1}{t}} - 1$$

Debido a que la ecuación (6) supone que los flujos de caja de salida o desembolsos se financian con deuda, esto implica que a medida que sea mayor la tasa marginal de costo de la deuda contratada para financiar dichos desembolsos, menor será el valor presente de la corriente de flujos de caja de salida traídos a valor presente que se sumarían al capital invertido inicial, lo cual induce un aumento en la TIR Modificada. Esto significaría que la rentabilidad del proyecto se maximizaría contratando deuda marginalmente más costosa, lo cual no es realista en un mercado financiero imperfecto, en el cual las empresas, y los proyectos deben

elegir una estructura de capital razonable que no comprometa su solvencia y la continuidad futura. Es decir, esta forma de estimar la rentabilidad del proyecto no refleja ni incluye el riesgo de crédito de la deuda.

Por otra parte, la ecuación (8) en lugar de descontar con el costo marginal de la deuda los flujos de caja de salida los capitaliza hasta el futuro con dicha tasa, con el fin de estimar un valor terminal que se compara únicamente con el capital invertido inicialmente. Esta forma de calcular la rentabilidad supone que todas las necesidades de desembolso de inversiones futuras en Activos Fijos y Capital de Trabajo del proyecto se financian íntegramente con deuda, lo cual distorsiona el propósito de medir, de una manera dinámica y evolutiva, la rentabilidad del capital invertido en el proyecto de inversión no convencional o de infraestructura, a medida que este avanza en sus diversas fases.

En síntesis, este par de ecuaciones comúnmente utilizadas para medir la rentabilidad “verdadera” de los proyectos de inversión, son incompletas e inexactas para el propósito de medir la rentabilidad de flujos de caja no convencionales, debido a que no incorporan correctamente el riesgo de crédito de la deuda, su efecto sobre el costo del patrimonio y el costo del capital total, y no hacen evidente la evolución del capital invertido en el proyecto, base para medir correctamente la rentabilidad.

Ante estas falencias, los inversionistas que tienen interés en adquirir alguna participación en el proyecto requieren considerar medidas alternativas de rentabilidad, como la Tasa Interna de Retorno Promedio AIRR, que surge de la necesidad de encontrar un valor único acertado cuando la madurez del proyecto es amplia e implica tomar en cuenta los cambios de los

rendimientos durante cada periodo. El AIRR se define como el promedio de las tasas de retorno periódicas, derivadas de una corriente de flujos de inversión que son libremente medidos por el analista (Magni, 2010 p.175).

Es decir, para el proyecto no convencional, independientemente de cómo se financia, la rentabilidad se mide así:

$$(10) \quad AIRR = \frac{r_1 CI_0 + r_2 VP(V_1) + \dots + r_t VP(V_{t-1})}{CI_0 + VP(V_1) + \dots + VP(V_{t-1})}$$

Donde:  $r_t$  = la tasa de retorno del periodo  $t$   
 $CI_0$  = el capital inicial invertido  
 $VP(Vt)$  = valor presente del proyecto en el momento  $t$

$$(11) \quad r_t = \frac{I_t}{V_{t-1}}$$

$$(12) \quad I_t = FCL_t + (V_t - V_{t-1})$$

$$(13) \quad V_t = \frac{FCL_{t+1} + V_{t+1}}{(1 + WACC_t)}$$

Donde:  $V_t$  = Valor del proyecto  
 $I_t$  = Ingreso en el periodo  $t$

La Tasa Interna de Retorno Promedio se destaca entre las demás medidas de rentabilidad debido a que tiene la capacidad de diferenciarse en el tiempo; es decir, que toma en cuenta la información transitoria de las variables que interactúan en el proyecto, así como los cambios en el Capital Invertido (CI) y la extensión del proyecto (Magni, 2013). Desde el punto de vista estándar de las finanzas corporativas, el SAIRR (Shareholder AIRR) podría ser una medida de rentabilidad apropiada, ya que permite obtener la tasa de retorno para cada unidad de capital propio invertido y captar la variabilidad temporal asociada a la estrategia de financiación, sin incluir dividendos y otras transferencias a accionistas. Se define el SAIRR como:

$$(14) \quad SAIRR = \frac{re_1 E_0 + re_2 VP(E_1) + \dots + re_t VP(E_{t-1})}{E_0 + VP(E_1) + \dots + VP(E_{t-1})}$$

Donde:  $re_t$  = Rentabilidad periódica del accionista  
 $E_0$  = Capital propio inicialmente invertido  
 $VP(E_t)$  = Valor Presente del Capital propio en el momento  $t$

$$(15) \quad re_t = \frac{IA_t}{E_{t-1}}$$

$$(16) \quad IA_t = FCA_t + (E_t - E_{t-1})$$

$$(17) \quad E_t = \frac{FCA_{t+1} + E_{t+1}}{(1 + re_t)}$$

Donde:  $E_t$  = Valor del patrimonio  
 $IA_t$  = Ingreso del Accionista en el periodo  $t$

Ahora, desde el punto de vista de la transacción de Project Finance es necesario considerar tanto los desembolsos de capital propio como las transferencias de efectivo que afectan a los propietarios (dividendos y otros pagos a accionistas). De acuerdo con Jackowicz, Mielcarz y Wnuczak (2017), el FCAPF para todos los periodos  $t$ , excluyendo la proyección financiera del último año, se calcula así:

$$(18) \quad FCA_{PF,t} = P_F - P_I$$

Donde  $P_F$  son las transferencias efectivo recibidas por los accionistas en la forma de dividendos y otros pagos, y  $P_I$  son los desembolsos de capital hechos por los accionistas.

El valor del  $FCA_{PF}$  para el último periodo de proyección (R), se calcula así:

$$(19) \quad FCA_{PF,R} = P_F - P_I + FC_{LIQ}$$

Donde:  $FC_{LIQ}$  = valor del saldo de efectivo en el año de liquidación del SPV.

Finalmente, el VPN de la transacción del Project Finance para el accionista se calculará como:

$$(20) \quad VPN_{PF} = \sum_{t=0}^n \frac{FCA_{PF,t}}{(1+re)^t} + \frac{FCA_{PF,R}}{(1+re)^{n+1}}$$

Desde esta perspectiva, el SAIRR (Shareholder AIRR con Dividendos) se calculará como:

$$(21) \quad SAIRR = \frac{re_1 E_0 + re_2 VP(E_1) + \dots + re_t VP(E_{t-1})}{E_0 + VP(E_1) + \dots + VP(E_{t-1})}$$

Donde:  $re_t$  = Rentabilidad periódica del accionista  
 $E_0$  = Capital propio inicialmente invertido  
 $VP(E_t)$  = Valor Presente del Capital propio en el momento  $t$

$$(22) \quad re_t = \frac{IA_{PF,t}}{E_{t-1}}$$

$$(23) \quad IA_{PF,t} = FCA_{PF,t} + (E_t - E_{t-1})$$

$$(24) \quad E_t = \frac{FCA_{PF,t+1} + E_{t+1}}{(1+re_t)}$$

Por otro lado, existe la necesidad de abordar el AIRR desde la perspectiva del financiador del proyecto o suministradores de capital de deuda. Puede definirse el DAIRR como la tasa de rentabilidad promedio de la deuda durante la duración de la transacción del Project Finance y se calcularía según la siguiente expresión:

$$(25) \quad DAIRR = \frac{rd_1 D_0 + rd_2 VP(D_1) + \dots + rd_t VP(D_{t-1})}{D_0 + VP(D_1) + \dots + VP(D_{t-1})}$$

Donde:  $rd_t$  = Rentabilidad periódica del financiador  
 $D_0$  = Deuda otorgada inicialmente  
 $VP(D_t)$  = Valor Presente de la Deuda en el momento  $t$

$$(26) \quad rd_t = \frac{ID_t}{D_{t-1}}$$

$$(27) \quad ID_t = (rd_t * D_{t-1}) + (1 - t_i) + \text{Crédito Neto}$$

Donde:  $t_i$  = Impuesto personal a los rendimientos financieros de la deuda

Crédito Neto = (+Amortizaciones de la deuda - Colocaciones de deuda)

En general, para tener un criterio de decisión acertado sobre el AIRR, este se debe comparar también con un costo promedio ponderado de capital comprehensivo ( $\overline{WACC}$ ), el cual incorpora los datos periódicos a la estimación.

$$(28) \quad \overline{WACC} = \frac{WACC_1 CI_0 + WACC_2 CI_1 + \dots + WACC_t CI_{t-1}}{CI_0 + CI_1 + \dots + CI_{t-1}}$$

$$(29) \quad WACC_t = \frac{D_t}{D_t + E_t} * rd(1 - T_c) + \frac{E_t}{D_t + E_t} * re$$

Donde:  $D_t$  = Deuda Total en el momento  $t$   
 $E_t$  = Capital Propio en el momento  $t$   
 $rd$  = Costo de la deuda  
 $re$  = Costo del Capital propio

Análogamente, desde el punto de vista del accionista, el Costo del Capital propio comprehensivo se define como:

$$(30) \quad \overline{re} = \frac{re_1 E_0 + re_2 E_1 + \dots + re_t E_{t-1}}{E_0 + E_1 + \dots + E_{t-1}}$$

Y desde el punto de vista del financiador del proyecto:

$$(31) \quad \overline{rd} = \frac{rd_1 D_0 + rd_2 D_1 + \dots + rd_t D_{t-1}}{D_0 + D_1 + \dots + D_{t-1}}$$

Sin embargo, existe un procedimiento computacional simplificado equivalente para el AIRR del proyecto (Ecuación 10), para el SAIRR del Accionista (Ecuación 14), y el

DAIRR del Financiado (Ecuación 25), y es el siguiente:

(32)

$$AIRR = \overline{WACC} + \frac{VPN \text{ del FCL} * (1 + \overline{WACC})}{VPN \text{ del Capital Invertido}}$$

(33)

$$SAIRR = \overline{re} + \frac{VPN(1 + \overline{re})}{VPN \text{ del Patrimonio Invertido}}$$

(34)

$$DAIRR^4 = \overline{rd} + \frac{VPN(1 + \overline{rd})}{-D}$$

En consecuencia, se define la existencia de creación de valor del proyecto de infraestructura en sí cuando

$(AIRR - \overline{WACC}) > 0$ , y análogamente se crea valor para el accionista cuando  $(SAIRR - \overline{re}) > 0$ .

Por consiguiente, estas medidas de rentabilidad tienen un vínculo estrecho con el costo de capital propio, el WACC, y por ende con los cambios periódicos de la estructura de capital, como se evidencia en el siguiente ejemplo:

Supóngase el siguiente flujo de caja convencional:

**Tabla 4.** Flujos de caja

(\$Millones)

FC <sub>0</sub>	FC <sub>1</sub>	FC <sub>2</sub>	FC <sub>3</sub>	FC <sub>4</sub>	FC <sub>5</sub>
-12.000	1.168	5.308	5.695	7.853	5.466

Fuente: elaboración propia

Este proyecto cuenta con una Prima de Riesgo de Mercado (ERP) de 6%, una Tasa Libre de Riesgo (rf) de 4%, una Beta desapalancada ( $\beta_u$ ) de 1,15%, una Beta de la deuda ( $\beta_d$ ) de 0,70 y una Tasa Impositiva (Tc) de 30%. Estas variables permiten

obtener el costo del capital propio desapalancado y apalancado para cada periodo. Adicionalmente, si se valora este proyecto con estructuras de capital (D/V) alternativas, en un rango entre 0,00% y 80,00%, se encuentra lo siguiente:

**Tabla 5.** Rentabilidades y estructura de capital

D/V	rd(1-T)	re	WACC DI	TIR	TIRM	AIRR	AIRR - WACC
0,00%	3,15%	10,90%	10,90%	25,85%	20,26%	47,84%	36,94%
2,86%	3,40%	11,08%	10,86%	25,85%	20,33%	47,88%	37,02%
7,62%	3,81%	11,35%	10,78%	25,85%	20,43%	47,95%	37,18%
11,54%	4,06%	11,56%	10,70%	25,85%	20,51%	48,02%	37,32%
14,31%	4,23%	11,71%	10,64%	25,85%	20,56%	48,07%	37,42%
20,00%	4,55%	12,00%	10,51%	25,85%	20,67%	48,18%	37,67%
30,00%	5,09%	12,45%	10,25%	25,85%	20,84%	48,39%	38,15%
40,00%	5,66%	12,78%	9,93%	25,85%	20,96%	48,65%	38,72%
46,20%	6,04%	13,61%	10,12%	25,85%	21,27%	48,50%	38,38%
50,00%	6,30%	14,36%	10,33%	25,85%	21,54%	48,32%	38,00%
54,65%	6,64%	15,40%	10,61%	25,85%	21,93%	48,09%	37,48%
60,00%	7,09%	16,82%	10,98%	25,85%	22,46%	47,77%	36,79%
66,14%	7,69%	18,90%	11,49%	25,85%	23,24%	47,32%	35,84%
74,67%	8,81%	23,16%	12,44%	25,85%	24,83%	46,42%	33,98%
80,00%	9,80%	27,39%	13,32%	25,85%	26,43%	45,53%	32,21%

Fuente: elaboración propia

Al realizar un análisis de sensibilidad de las diferentes medidas de rentabilidad, para evidenciar sus movimientos ante cambios en la estructura de capital D/V, se hace evidente que a medida que aumenta o disminuye el peso de la deuda en la estructura de capital la TIR no tiene cambios, ya que es independiente del nivel relativo de la deuda y el capital aplicados al proyecto. Por otro lado, a medida que la deuda contratada se incrementa la TIRM también lo hace. No obstante, cuando el apalancamiento financiero (D/V) sobrepasa la estructura óptima de capital del proyecto, la TIRM continúa en aumento, lo que no tiene sentido

<sup>4</sup> Si el Project Finance es un vehículo de financiación D es negativo y este será el DAIRR desde la perspectiva del financiador.

lógico financiero, pues a mayor exceso de deuda menor debería ser la rentabilidad esperada. Desde esta perspectiva, el criterio TIRM incentivaría a los inversionistas a endeudarse más allá de lo razonable. En contraste, el criterio AIRR ofrece un comportamiento más racional y lógico, puesto que el AIRR se aumenta en niveles de deuda sub-óptimos, alcanzado un máximo en la estructura óptima de capital (mínimo WACC), y decreciendo cuando hay exceso de apalancamiento financiero. Adicionalmente, después de tener una estructura óptima de capital, el AIRR incentiva a los agentes a no obtener más deuda, puesto que el hacerlo empezaría a destruirse valor para el proyecto y sus accionistas,

### **Rendimiento Prometido vs. Rendimiento Esperado**

Los mercados de deuda resultan esenciales por su tamaño para acometer el fondeo de grandes obras con la emisión de bonos proyecto. Esto necesariamente implica para los patrocinadores del proyecto, que deberán definir un ratio de apalancamiento objetivo, según la etapa de desarrollo en la que se encuentre el proyecto. Este ratio de apalancamiento  $D/V_L$  debe ser suficiente para obtener el fondeo y las condiciones de financiación necesarias y correctas, sin que se genere un sustancial riesgo de insolvencia o quiebra. En términos generales, a mayor  $D/V_L$  mayor será la diferencia entre el rendimiento prometido de la deuda o TIR del bono crédito (rd prometido) y el rendimiento esperado de la deuda; debido a que mayor cantidad marginal de deuda implica un aumento conjunto de la probabilidad de incumplimiento en el servicio de la deuda, y de la tasa de pérdida intertemporal de capital e intereses dado el evento de incumplimiento (default). En esencia, los agentes

patrocinadores de un proyecto de infraestructura, financiado con deuda, prometen un rendimiento en la forma convencional de TIR, rendimiento que supone que la probabilidad de incumplimiento en el pago del capital y los intereses es de cero en cualquier momento del tiempo. Por otro lado, los mercados de deuda bursátil y bancaria saben que tienen que medir el riesgo de incumplimiento y su probabilidad de ocurrencia dada una calificación específica para el crédito del proyecto o para el bono proyecto. Es decir, ellos intuyen que el rendimiento esperado puede ser menor que la TIR del bono/crédito, y que las tasas de pérdida y probabilidades de incumplimiento son evolutivas en el tiempo y dependientes del ciclo económico (expansión, recesión) (Welch, 2016). Esta distinción entre rd prometido y esperado se operacionaliza con las siguientes ecuaciones:

(35)

*rd Prometido = TIR del título de deuda del proyecto*

(36)

$$rd \text{ esperado} = rd \text{ Prometido}(1 - Pb) + (rd \text{ prometido} - L)Pb$$

Simplificando:

$$rd \text{ esperado} = rd \text{ prometido} - (Pb * L)$$

*Donde: Pb = Probabilidad de quiebra del proyecto  
L = Tasa de no recuperación de la deuda en caso de incumplimiento*

En consecuencia, resulta importante identificar los efectos (Tabla 6) que el binomio de rendimiento prometido versus esperado de la deuda tiene sobre las rentabilidades del proyecto y del accionista.

**Tabla 6.** Tipos de medidas de rentabilidad

Tipo de rd	Medida de Rentabilidad
rd Prometido	TIR, TIRM, SAIRR, AIRR, AROIC
rd Esperado	E(TIR), E(TIRM), E(SAIRR), E(AIRR), AROIC

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, Huang & Huang (2012) encuentran que los riesgos de crédito explican una pequeña fracción de los rendimientos de la deuda con grado de inversión, pero explican una gran fracción de dichos rendimientos cuando el título de deuda (contrato) es de alto riesgo o sin grado de inversión.

Cuando un proyecto tiene una deuda que se amortiza totalmente, el valor presente del escudo fiscal tiene un riesgo igual a (rd):

(37)

$$V_{ITS} = VP(\text{Escudo Fiscal por Intereses}) = T_c * rd * D_{t-1}$$

Por lo tanto, en dicho escenario, el WACC se calcularía de la siguiente manera:

(38)

$$WACC_t = ru - rd * T_c * \frac{D}{V_L} - (ru - rd) * \frac{V_{ITS}}{V_L}$$

y para el accionista el costo del capital propio sería:

(39)

$$re = ru + (ru - rd) * \frac{(D_t - V_{ITS})}{E_t}$$

Donde:  $ru$  = costo del capital propio desapalancado

Alternativamente, si la deuda del proyecto se refinancia anualmente, el valor presente del

escudo fiscal asociado a esta estrategia se calcularía así (Miles & Ezzell, 1980):

(40)

$$V_{ITS} = \frac{T_c * Int_t}{(1 + ru)^t} * \left( \frac{1 + ru}{1 + rd} \right)$$

Lo que implica que el WACC se calcularía como sigue:

(41)

$$WACC = ru - (1 + ru) * \frac{T_c * rd}{(1 + rd)} * \frac{D}{V_L}$$

Esto equivale a:

$$WACC = ru - \frac{D}{V_L} * T_c * rd * \left( \frac{1 + ru}{1 + rd} \right)$$

Y el costo del patrimonio re sería:

(42)

$$re = ru + (ru - rd) * \left( 1 - \frac{rd * T_c}{(1 + rd)} \right)$$

## Evidencia empírica

Para evidenciar la estimación y los resultados de las diferentes medidas de rentabilidad en un Project Finance de infraestructura, se expone la valoración del caso Autopistas del Centro de España<sup>5</sup>. Esta fue una compañía creada con el objetivo de construir y operar una autopista en el norte de Madrid. El Gobierno español, teniendo en cuenta las ventajas que le daba el uso de una alianza público-privada para este tipo de proyectos, dio la concesión de la construcción de esta vía a Autopistas del Centro (AC). El proyecto se financia bajo las siguientes características:

<sup>5</sup> Caso Harvard Business Publishing número NA0266-PDF-ENG publicado el 1 de julio de 2013 y realizado por Francisco J. López Lubián.

**Tabla 7.** Autopistas del centro de España

Características del Proyecto Autopistas del Centro			
<b>Datos Generales</b>			
Tipo de Concesión:	Autopista		
Cliente:	Gobierno Español		
Plazo:	20 Años		
<b>Estructura Accionaria</b>			
Accionista	Participación %		
Infraestructuras del Futuro	40%		
Coinfrasa	25%		
Infrainvest	35%		
Estructura de Financiación			
Estructura (Euros €)	Previsión Actual	Porcentaje %	Costo %
Fondos Propios	9.619.388 €	16%	
Deuda Subordinada	12.024.234 €	20%	10%
Deuda Senior	35.471.491 €	59%	6%
	3.006.059 €	5%	5%
Inversión Inicial en Euros	60.121.172 €	100%	8%
Tasa de Impuestos	35%		
Capital Propio	16,84%		
Deuda	83,15%		
Tipo de Financiamiento	Project Finance		
Entidad Financiera	Bankinvest S.A		

Fuente: López 2013

El proyecto inicia en el año 2004 y sus flujos finitos se proyectan hasta el año 2026. Adicionalmente, todos los flujos de caja y las variables macroeconómicas incluyen el efecto generado por la gran crisis financiera de 2008, la cual indujo mayores riesgos sobre todos los proyectos de largo plazo iniciados durante esa época.

Para la valoración de este proyecto, en primer lugar, se hace la estimación del costo de la deuda ( $rd$ ) adquirida por la empresa o el proyecto. En este sentido, existen dos perspectivas del costo de la deuda, uno considerado desde el punto de vista del emisor y el otro desde el punto de vista del inversionista. Siendo el primero el rendimiento prometido por el título de deuda del proyecto ( $rd=8\%$ ), y el segundo el rendimiento esperado, el cual tiene en cuenta el riesgo de default o incumplimiento que conduce a una probabilidad de quiebra en cualquier proyecto. Para el presente caso se utiliza el promedio general de las probabilidades de incumplimiento (default)

<sup>6</sup> Agencia de calificación de riesgo que realiza la investigación financiera internacional y el análisis de las entidades comerciales y gubernamentales. Informe: Moody's Investors Service, Mayo 12, 2014, Infrastructure Default and Recovery Rates, 1983-2013.

<sup>7</sup> Porcentaje del capital de deuda que el tenedor de bonos podría recuperar dado un default.

de los proyectos de infraestructura vial calificados como Ba (Calificación de AC), dados por Moody's<sup>6</sup>, siendo esta de 5,1%. Se debe tener en cuenta que proyectos con mayor o menor calificación crediticia tendrán diferentes probabilidades de quiebra o default. Además, se establece una tasa de recuperación<sup>7</sup> para este tipo de proyectos del 76%, dejando una posible tasa de pérdida del 24%, como se evidencia en la siguiente tabla.

**Tabla 8.** Probabilidades de riesgo

<b>Probabilidad de Incumplimiento</b>	<b>5,10%</b>
<b>Tasa de Recuperación</b>	<b>76%</b>
<b>Tasa de Pérdida</b>	<b>24%</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Moody's

Haciendo uso de la Ecuaciones 35 y 36 se obtiene:

$$rd \text{ prometido} = 8\%$$

$$rd \text{ esperado} = 8\% * (1 - 5.10\%) + (5.10\% * (8\% - 24\%)) \\ = 6.7760\%$$

Para cualquier proyecto que sea financiado con deuda es indispensable saber el riesgo que ello significará dentro del mismo ( $\beta_d$ ). No se puede asumir que un proyecto con *sponsor* privado y financiado con deuda tenga un  $\beta_d = 0$  debido a que siempre existirá un riesgo de crédito (riesgo de incumplimiento). Con el costo esperado y el costo prometido de la deuda es posible calcular los factores betas<sup>8</sup> respectivos, como se presenta en las siguientes fórmulas:

(43)

$$\beta_{d \text{ prometido}} = \frac{rd_{\text{prometido}} - R_f}{ERP} = \\ \frac{8\% - 3,2741\%}{8,9355\%} = 0,5289$$

<sup>8</sup> Factor de Riesgo Beta: es la medida del riesgo sistemático inherente al proyecto, y será diferente para cada proyecto. La beta es la medida de la varianza del rendimiento del proyecto comparado con los retornos de todos los proyectos existentes en el mercado.

(44)

$$\beta d \text{ esperado} = \frac{rd \text{ esperado} - Rf}{ERP} =$$

$$\frac{6,7760\% - 3,2741\%}{8,9355\%} = 0,3919$$

En segundo lugar, se valora el costo del capital propio desapalancado ( $r_u$ ). Este se puede hallar utilizando la fórmula del modelo CAPM<sup>9</sup> (Modelo de Valoración de Activos Financieros) o como el WACC (Costo del Capital Promedio Ponderado) antes de impuestos.

(45)

$$r_u AC = r_f + \beta_u \text{ Comparable} * ERP$$

$$r_u AC = 3,2741\% + 0,4970 * 8,9355\% = 7,7147\%$$

Donde:  $r_f$  = tasa libre de riesgo  
 $ERP$  = prima de riesgo del mercado  
 $\beta_u$  = beta desapalancada

Para este proyecto, se identificaron los comparables válidos pertenecientes al sector de infraestructura en Europa Occidental, cuyas betas se desapalancaron para hallar una beta desapalancada ( $\beta_u$ ) del Peer Group igual a 0,4970.

La beta des-apalancada ( $\beta_u$ ) de cada uno de los comparables válidos se halla haciendo uso de la siguiente fórmula para refinanciación continua de la deuda:

(46)

$$\beta_u = \frac{\beta_e + \beta_d * \frac{D}{E}}{\left(1 + \frac{D}{E}\right)}$$

Donde:  $\beta_e$  = beta apalancada  
 $\beta_d$  = beta de la deuda

**Tabla 9.** Comparables válidos

Name	D/E	$\beta_e$	$rd(1-T)$	$\beta_d$	$\beta_u$
ABERTIS INFRAESTRUCTURAS SA	1,2131	0,8717	0,0424	0,1076	0,4529
ADP	1,3562	0,6875	0,0390	0,0702	0,3322
FRAPORT AG FRANKFURT AIRPORT	0,3236	0,9222	0,0426	0,1106	0,7237
SIAS SPA	0,5540	0,4798	0,0437	0,1227	0,3525
BBA AVIATION PLC	1,0197	1,2364	0,0552	0,2508	0,7388
ANSALDO STS SPA	1,1134	0,4873	0,0357	0,0332	0,2480
SAVE SPA	1,4678	0,5274	0,0330	0,0029	0,2154
PIRAEUS PORT AUTHORITY SA	0,0843	1,0063	0,0745	0,4676	0,9644
SOCIETA AEROPORTO TOSCANO SP	0,0671	0,4697	0,0337	0,0109	0,4409
AEROPORTO DI FIRENZE SPA	0,0821	0,5362	0,0388	0,0677	0,5007
				Promedio $\beta_u$	0,4970

Fuente: Bloomberg

Seguidamente, se apalanca la  $\beta_u$  del Peer Group con la estructura de capital objetivo del proyecto para posteriormente hallar el costo del capital propio ( $r_e$ ). Para esto se utilizaron las siguientes ecuaciones:

(47)

$$\beta_e \text{ prometido} = \beta_u \text{ Comparable}$$

$$+ \frac{D}{E} AC * (\beta_u \text{ Comparable} - \beta_d \text{ prometido})$$

$$\beta_e \text{ prometido} = 0,4970 + \frac{0,83}{0,17} * (0,4970 - 0,5289)$$

$$= 0,3393$$

(48)

$$\beta_e \text{ esperado} = \beta_u \text{ Comparable}$$

$$+ \frac{D}{E} AC * (\beta_u \text{ Comparable} - \beta_d \text{ esperado})$$

$$\beta_e \text{ esperado} = 0,4970 + \frac{0,83}{0,17} * (0,4970 - 0,3919)$$

$$= 1,0156$$

(49)

$$r_e = r_f + \beta_e * ERP$$

$$r_e \text{ prometido} = 3,2741\% + 0,3393 * (8,9355\%) = 6,3059\%$$

<sup>9</sup> “El CAPM fue propuesto por William Sharpe como un modelo del riesgo y rendimiento en un artículo de 1964, (...) este se ha

convertido en el modelo más importante de la relación que hay entre el riesgo y el rendimiento.

$$r_{e \text{ Esperado}} = 3,2741\% + 1,0156 * (8,9355\%)$$

$$= 12,3494\%$$

El incremento en el factor de riesgo esperado, asociado al capital propio, aumenta la sensibilidad que tiene el capital del accionista frente al mercado en contraste con la beta prometida. El incluir el riesgo de incumplimiento reduce el riesgo frente a la deuda, pero lo aumenta con respecto al capital, esto es una señal para que el accionista limite el capital que piensa invertir, puesto que sería riesgoso exponerlo en un proyecto muy sensible a fluctuaciones del mercado por eso como advertencia, el costo del capital propio esperado se incrementa más de lo que lo hace el costo de capital propio prometido.

Alternativamente, para examinar la validez de las medidas de rentabilidad y fortalecer los criterios de decisión, es conveniente estimar los valores comprensivos del  $\overline{WACC}$  y del  $\overline{re}$ , a través de las Ecuaciones 28 y 30.

**Tabla 10.** Costos de capital comprensivos

Valores Comprensivos	Valores Esperados	Valores Prometidos
$\overline{WACC}$	6,86%	6,79%
$\overline{re}$	7,23%	7,06%

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a estos resultados, se percibe el efecto diferencial que tienen los valores esperados con respecto a los prometidos sobre las tasas de descuento del proyecto y del capital propio del accionista.

Por otro lado, los flujos de caja finitos de operación del proyecto (2004-2026) y el valor terminal del mismo, se proyectan para estimar tanto el Flujo de Caja Libre (FCL) como el Flujo de Caja del Accionista (FCA), teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$FCL_t = (Ingresos_t - Costos_t - Dep_t) * (1 - Tc)$$

$$+ Dep_t - \Delta CapEx - \Delta CTN$$

$$Donde: \Delta CTN = CTN_t - CTN_{t-1}$$

$$FCA_t = FCL_t - (1 - Tc) * (rd * D_{t-1})$$

$$+ (Crédito Neto)$$

$$V_t^L = \frac{FCL_{t+1}}{WACC - g}$$

$$FCL_{T+1} = NOPAT_{T+1} * (1 + g) - Saldo en CTN_T * g$$

$$- Saldo de AFN_T * g$$

**Tabla 11.** Valor terminal (euros)

Estimación del Valor Terminal:	2026
NOPAT <sub>T</sub>	\$ 7.224.290
Saldo en CTN <sub>T</sub>	\$ 1.206.313
Saldo en Activos Fijos Netos <sub>T</sub>	\$ 18.921.898
FCL <sub>T+1</sub>	\$ 6.825.469
WACC para V <sub>T</sub>	5,39%
g Nominal	3,09%
VL <sub>T</sub>	\$ 297.333.544

Fuente: elaboración propia

Los Flujos de Caja Libres de este proyecto son convencionales, en tanto que los Flujos de Caja del Accionista son no convencionales como se evidencia en la siguiente tabla, la cual muestra datos proyectados hasta el año 2026;

**Tabla 12.** Flujos de caja (euros)

AÑO	FCL	FCA
2004	-\$ 6.526.811,00	-\$ 6.526.811,00
2005	-\$ 50.230.077,00	-\$ 5.473.190,00
2006	-\$ 1.636.502,00	\$ 6.608.698,00
2012	\$ 5.232.476,00	-\$ 867.524,00
2013	\$ 5.581.274,00	-\$ 298.726,00
2014	\$ 7.103.075,00	\$ 1.443.075,00
2020	\$ 6.634.987,00	\$ 2.763.987,00
2021	\$ 6.919.708,00	\$ 3.191.708,00
2022	\$ 7.237.218,00	\$ 4.652.218,00
2026	\$ 8.430.602,00	\$ 1.157.602,00

Fuente: elaboración propia

Según Gatti (2013, p.2) los flujos de caja generados por el Vehículo de Propósito Especial (SPV) deben ser suficientes para cubrir los costos operativos y reembolsar la deuda con sus intereses. La prioridad de los flujos de caja es cubrir los costos operativos y servir la deuda. Sólo en el caso de que haya excedentes en el FCA se le pagará dividendos a los patrocinadores. En la tabla anterior los términos negativos son pagos a la deuda y al patrimonio, y los términos positivos son producto de la inversión distribuidos como dividendos. No obstante, en el Project Finance se estipulan cláusulas restrictivas<sup>10</sup> (covenants financieros) entre el prestamista y los acreedores, esto con el fin de garantizar que los flujos de efectivo puedan sobrellevar la deuda adquirida durante la vida del préstamo. Los más conocidos son el Ratio de Cobertura del Servicio a la Deuda<sup>11</sup> (DSCR)

<sup>10</sup> En Project Finance pueden definirse cláusulas que limitan la entrega de dividendos, la propiedad accionaria, la venta de activos y los gastos administrativos, incluso si hay flujos de caja positivos.

<sup>11</sup> Los bancos necesitan que este indicador sea superior a 1 para todos los años en los que el préstamo no es reembolsado y el nivel mínimo deseado de este indicador dependerá de la aversión al riesgo del prestamista. Por ejemplo, en los proyectos del sector de transporte y telecomunicaciones, donde los contratos tipo “off-take” no pueden ser implementados en el largo plazo, solo pueden ser financiados si su ratio de cobertura de la deuda se encuentra entre 1.5x y 1.7x. (Baker, English, 2011, p.271-272) citado de (Gatti, Caselli, 2011).

y el Ratio de Cobertura de la Vida del Crédito<sup>12</sup> (LLCR):

(54)

$$DSCR = \frac{FCLD_t}{(K + GF)_t}$$

Donde:  $FCLD_t$  = Flujo de Caja Libre Desapalancado

$K_t$  = Aporte al Capital en el momento  $t$

$GF_t$  = Pago de intereses en el momento  $t$

(55)

$$LLCR = \frac{\sum_{t=s}^{s+n} \frac{FCLD_t}{(1+rd)^t} + RD_t}{O_t}$$

Donde:  $RD_t$  = Reserva de la Deuda disponible en  $t$

$O_t$  = Deuda Pendiente en el momento  $t$

Por medio de las ecuaciones anteriores se obtiene:

**Tabla 13.** Ratios de Cobertura

AÑO	DSCR	LLCR
2005	2,6	1,5
2006	-0,5	1,1
2007	0,1	1,3
2011	1,7	1,6
2012	1,7	1,7
2013	1,9	1,8
2018	2,0	2,3
2019	2,1	2,5
2023	3,8	3,3
2025	1,2	3,6

Fuente: elaboración propia

En consecuencia, a partir de la valoración realizada sobre los flujos de caja de Autopistas del Centro y por medio de las ecuaciones 2, 3, 6, 10 y 14, se hallan los valores esperados y prometidos de las medidas de rentabilidad:

<sup>12</sup> El numerador es el valor presente de todos los flujos de caja disponible para servir la deuda durante la restante vida del préstamo. El denominador es la cantidad de dinero pendiente que se tiene con el banco en el momento  $t$ . Cuando el numerador es mayor que el denominador, significa que el SPV puede reembolsar toda la deuda pendiente con los flujos de caja generados durante la vida restante del préstamo. En otras palabras, un LLCR mayor a 1 significa que existe un excedente en el flujo de caja libre que permite que los sponsors puedan anticipar el pago total de la deuda (Baker, English, 2011, p.272), (Gatti, 2013, p.156).

**Tabla 14.** Medidas de rentabilidad

<b>ACCIONISTA</b>		
<b>Medida de Rentabilidad</b>	<b>Valores Esperados</b>	<b>Valores Prometidos</b>
<b>TIR</b>	<b>17,13%</b>	<b>17,13%</b>
	<b>11,09%</b>	<b>11,09%</b>
	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>
<b>TIRM</b>	<b>13,86%</b>	<b>13,94%</b>
<b>SAIRR</b>	<b>7,24%</b>	<b>7,06%</b>
<b>PROYECTO</b>		
<b>Medida de Rentabilidad</b>	<b>Valores Esperados</b>	<b>Valores Prometidos</b>
<b>AROIC</b>	<b>10,59%</b>	<b>10,59%</b>
<b>TIR</b>	<b>12,38%</b>	<b>12,38%</b>
<b>TIRM</b>	<b>10,68%</b>	<b>10,70%</b>
<b>AIRR</b>	<b>6,86%</b>	<b>6,84%</b>

Fuente:elaboración propia

Después de obtener los valores resultantes, se puede observar que las medidas de rentabilidad son muy similares entre sí. Sin embargo, los valores de la TIRM prometida son mayores a los esperados, tanto para el proyecto como para los accionistas. Por otro lado, el AIRR y el SAIRR además de ser los valores más bajos, tienen un comportamiento inverso, esto debido a que sus estimaciones incluyen el grado en el cual el proyecto genera valor para sí y para los patrocinadores, lo que quiere decir que incluir los cambios periódicos en costos y capitales puede reducir sustancialmente el rendimiento que se genera. Adicionalmente, los inversionistas podrían incrementar sus expectativas debido a la confianza que tienen sobre el proyecto y a la no inclusión de la probabilidad de default en sus estimaciones. Lo que quiere decir, que el efecto sobre la rentabilidad de los suministradores de la deuda al incorporar el riesgo de incumplimiento de la misma ocasiona un leve aumento en la rentabilidad

verdadera esperada del proyecto en sí con respecto a la prometida. Asimismo, el SAIRR esperado es mayor al prometido, ya que el accionista transfiere el riesgo de default al mercado de deuda, por ende aumenta su rentabilidad esperada ajustada por riesgo.

**Tabla 15.** Valor prometido vs. Valor esperado de AIRR y SAIRR

<b>Margen entre Valor Esperado y Valor Prometido</b>	<b>Valor</b>
<b>E(SAIRR) - SAIRR:</b>	<b>0,19%</b>
<b>E(AIRR) - AIRR:</b>	<b>-0,02%</b>

Fuente: elaboración propia

En síntesis, las medidas de rentabilidad emergentes toman importancia respecto de las tradicionales. En primer lugar, el AROIC valora la gestión operativa del proyecto desde una perspectiva de desempeño contable. En segundo lugar, la TIR es independiente de las tasas de descuento de los accionistas y acreedores. En tercer lugar, la TIRM solo tiene en cuenta una única tasa de financiación y de reinversión. En cuarto lugar, el SAIRR considera el cambio periodo a periodo de cada una de las tasas de reinversión. Y finalmente, el AIRR incluye los cambios periódicos de la reinversión y la refinanciación integrando de mejor manera la rentabilidad propia del accionista y del proyecto mismo.

Por otra parte, la diferencia que surge entre los resultados esperados y prometidos se debe a la inclusión del riesgo de crédito en la estimación de los valores esperados. No incluir el efecto del riesgo de crédito sobre el costo del capital, puede conducir a los analistas a tomar decisiones erróneas.

Asimismo, es usual reconocer la creación de valor a partir de la diferencia entre la medida de rentabilidad y costo de capital respectivo. Para el proyecto AC, los márgenes entre las

medidas de rentabilidad (esperadas y prometidas) y los costos comprensivos (esperados y prometidos) son los siguientes;

**Tabla 16.** Margen entre el rendimiento prometido y el costo comprensivo

Creación de Valor Prometido	
Margen	%
AIRR - WACC Comprensivo	0,07%
SAIRR - re Comprensivo	0,00%
TIR FCL - WACC Comprensivo	5,58%
TIR FCA - re Comprensivo	10,07%
TIRM FCL - WACC Comprensivo	3,91%
TIRM FCA - re Comprensivo	6,88%

Fuente: elaboración propia

**Tabla 17.** Margen entre el rendimiento esperado y el costo comprensivo

Creación de Valor Esperado	
Margen	%
E(AIRR) - E(WACC Comprensivo)	-0,02%
E(SAIRR) - E(re Comprensivo)	0,01%
E(TIR FCL) - E(WACC Comprensivo)	5,52%
E(TIR FCA) - E(re Comprensivo)	9,90%
E(TIRM FCL) - E(WACC Comprensivo)	3,83%
E(TIRM FCA) - E(re Comprensivo)	6,63%

Fuente: elaboración propia

Dicho esto, la Tabla 16 refleja creación de valor desde la perspectiva de todas las medidas de rentabilidad. El mayor margen lo representa la TIR, creando valores de 5,58% y 10,07% para el proyecto y el accionista respectivamente. No obstante, las medidas de rentabilidad que no crearon valor fueron el AIRR para el proyecto con 0,07% y el SAIRR para el accionista con 0,00%. Mientras que las medidas de rendimiento tradicional crean valor para el proyecto y el

accionista, el AIRR y el SAIRR no muestran creación de valor, debido a que son tasas más dinámicas y ajustadas al riesgo, y directamente vinculadas a la evolución del valor del proyecto a través del tiempo. Por otro lado, la Tabla 17 demuestra la discrepancia real de los datos; mientras que la TIR y la TIRM informan creación de valor para el proyecto y para el accionista, el AIRR informa destrucción de valor para el proyecto y no lo crea para el accionista, demostrando nuevamente que aceptar este proyecto es riesgoso.

## Conclusiones

La incorporación del riesgo de incumplimiento en las estimaciones, por parte de los acreedores, hace que las decisiones que se toman frente a un Project Finance de Infraestructura sean más ajustadas con respecto a las expectativas que tienen los agentes participantes. Los valores esperados incluyen las probabilidades de que el proyecto entre en quiebra y que los deudores no cumplan con su compromiso.

La medida de rentabilidad AROIC resulta ser una medida del desempeño del proyecto de infraestructura en su ejecución, en términos promedio ponderados, y sobresale por su capacidad de identificar los cambios sobre la rentabilidad, inducidos por los cambios periódicos de la operación. En este sentido, el AROIC le permite al analista identificar si el proyecto está en capacidad de sostenerse con el nivel de inversión que utiliza en la operación.

Por otra parte, la TIR es una medida de rentabilidad tradicional que es independiente de los niveles de capital y de deuda que sean aplicados al proyecto de infraestructura, por ello es conveniente usar otras alternativas

para estimar la verdadera rentabilidad de un proyecto, ya que es una medida inconveniente para flujos de caja no convencionales.

En los proyectos de inversión no convencionales pueden existir múltiples TIR o incluso no existir. Usualmente se ha tratado de corregir este problema con la TIR Modificada, la cual contiene en su estimación los costos asociados al capital y a la deuda. No obstante, además de suponer un costo de reinversión y de refinanciación constantes, la TIRM es una medida de rentabilidad que incentiva a obtener niveles de deuda superiores a los sugeridos por la estructura óptima de capital del proyecto y en dicha situación estaría poniendo en riesgo el capital invertido en el mismo.

Finalmente, se encuentra que la medida de rentabilidad más adecuada para ser usada en un Project Finance de infraestructura, tanto para el proyecto como para el accionista, es la Tasa Interna de Retorno Promedio (AIRR) del flujo de caja libre y SAIRR del flujo de caja del accionista respectivamente. Estas tasas tienen la capacidad para absorber los problemas derivados de las reinversiones y refinanciaciones periódicas, ya que incluyen en su valoración la información transitoria y cambios en la estructura de capital, y además hacen explícito el vínculo con el WACC y el  $\overline{re}$  re comprensivos; lo que permite tomar decisiones más ajustadas al riesgo teniendo en cuenta que estas medidas limitan la obtención de deuda más allá de la estructura óptima.

Para la toma de decisiones, las medidas de rentabilidad deben ser comparadas con el costo promedio ponderado de capital, sin embargo, se asume que el WACC es único y constante en el tiempo, y por ello no recoge

la información periódica de sus cambios, por lo tanto, para la toma de decisiones acertadas en un proyecto de gran magnitud que tiene las características de un Project Finance, deben generarse costos comprensivos a partir de los capitales y WACC periódicos, los cuales incluyen la información temporal para cada etapa del proyecto.

Análogamente, existirá creación (destrucción) futura de valor en el proyecto de infraestructura cuando el AIRR prometido o esperado sea mayor (menor) que el WACC comprensivo ( $\overline{WACC}$ ).

Similarmente, existirá creación (destrucción) futura de valor para el accionista del proyecto de infraestructura, cuando el SAIRR prometido o esperado sea mayor (menor) que el  $\overline{re}$  re comprensivo ( $\overline{re}$ ).

Por otro lado, diferenciar entre rentabilidades prometidas y esperadas de la deuda y medir su efecto sobre el AIRR y el SAIRR, representa un avance en la incorporación del riesgo de crédito sobre la verdadera rentabilidad de los proyectos de inversión con flujos de caja no convencionales.

## Referencias

- Altshuler, D., & Magni, C. A. (2012). Why IRR is not the rate of return for your investment: Introducing AIRR to the real estate community. *Journal of Real Estate Portfolio Management*, 18(2), 219-230.
- Baker, H. K., & English, P. (Eds.) (2011). *Capital budgeting valuation: financial analysis for today's investment projects*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.

- Barney, L. D., & Harvey, K. D. (2009). Using Corporate Inflation Protected Securities to Hedge Interest Rate Risk. *Journal of Applied Corporate Finance*, 21(4), 97-103.
- Berk, J. B., & DeMarzo, P. M. (2008). *Corporate finance*. Londres: Pearson Education.
- Bierman, H., & Smidt, S. (1975). Application of the Capital Asset Pricing Model to Multi-period Investments. *Journal of Business Finance & Accounting*, 2(3), 327-340.
- Bierman, H., & Smidt, S. (1993). *The Capital Budgeting Decision: Economic Analysis of Investment Projects*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Bosch-Badia, M. T., Montllor-Serrats, J., & Tarrazon-Rodon, M. A. (2014). Capital budgeting and shareholders' value: Investment projects versus courses of action. *The Engineering Economist*, 59(3), 207-230.
- Brealey, R. A., Cooper, I. A., & Habib, M. A. (1996). Using project finance to fund infrastructure investments. *Journal of Applied Corporate Finance*, 9(3), 25-39.
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Marcus, A. J. (2007). *Fundamentals of Corporate Finance*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Brigham, E., & Daves, P. (2012). *Intermediate Financial Management*. Mason: Nelson Education.
- Bussey, L. E., & Eschenbach T. (1992). *The economic analysis of industrial projects*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Della Croce, R., & Gatti, S. (2014). Financing infrastructure—International trends. *OECD Journal: Financial Market Trends*, 2014(1), 123-138.
- Esty, B. C. (2004). Why study large projects? An introduction to research on project finance. *European Financial Management*, 10(2), 213-224.
- García-Sánchez, J., Preve, L., & Sarria-Allende, V. (2010). Valuation in emerging markets: a simulation approach. *Journal of Applied Corporate Finance*, 22(2), 100-108.
- Gatti, S. (2013). *Project finance in theory and practice: designing, structuring, and financing private and public projects*. Cambridge: Academic Press.
- Gatti, S., Caselli, S., Baker, H. K., & English, P. (2011). Risk Management in Project Finance. *Capital Budgeting Valuation: Financial Analysis for Today's Investment Projects*, 13, 259.
- Graham, J. R., & Harvey, C. R. (2001). The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, 60(2), 187-243.
- Hartman, J. C., & Schafrick, I. C. (2004). The relevant internal rate of return. *The Engineering Economist*, 49(2), 139-158.
- Holthausen, R. W., & Zmijewski, M. E. (2012). Pitfalls in leveraging and unlevering

- beta and cost of capital estimates in DCF valuations. *Journal of Applied Corporate Finance*, 24(3), 60-74.
- Huang, J. Z., & Huang, M. (2012). How much of the corporate-treasury yield spread is due to credit risk? *The Review of Asset Pricing Studies*, 2(2), 153-202.
- Jackowicz, K., Mielcarz, P., & Wnuczak, P. (2017). Fair value, equity cash flow and project finance valuation: ambiguities and a solution. *Managerial Finance*, 43(8), 914-927.
- Kierulff, H. (2008). MIRR: A better measure. *Business Horizons*, 51(4), 321-329.
- Kierulff, H. (2012). IRR: a blind guide. *American Journal of Business Education (Online)*, 5(4), 417.
- Kulakov, N. Y., & Kulakova, A. N. (2013). Evaluation of nonconventional projects. *The Engineering Economist*, 58(2), 137-148.
- Kulakov, N. Y., & Blaset Kastro, A. (2015). Evaluation of Nonconventional Projects: GIRR and GERR vs. MIRR. *The Engineering Economist*, 60(3), 183-196.
- Li, S., Abraham, D., & Cai, H. (2017). Infrastructure financing with project bond and credit default swap under public-private partnerships. *International Journal of Project Management*, 35(3), 406-419.
- Lin, S. A. (1976). The modified internal rate of return and investment criterion. *The Engineering Economist*, 21(4), 237-247.
- López, F. (2013). *Project Finance for Autopistas del Centro*. Boston: Harvard Business Publishing.
- Magni, C. A. (2010). Average internal rate of return and investment decisions: a new perspective. *The Engineering Economist*, 55(2), 150-180.
- Magni, C. A. (2011). Aggregate Return On Investment and investment decisions: A cash-flow perspective. *The Engineering Economist*, 56(2), 140-169.
- Magni, C. A. (2013). The internal rate of return approach and the AIRR paradigm: a refutation and a corroboration. *The Engineering Economist*, 58(2), 73-111.
- Magni, C. A. (2015a). Aggregate Return On Investment for investments under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 165, 29-37.
- Magni, C. A. (2015b). Investment, financing and the role of ROA and WACC in value creation. *European Journal of Operational Research*, 244(3), 855-866.
- Magni, C. A. (2016). An average-based accounting approach to capital asset investments: The case of project finance. *European Accounting Review*, 25(2), 275-286.
- Maquieira, C. P., Preve, L. A., & Sarria-Allende, V. (2012). Theory and practice of corporate finance: Evidence and distinctive features in Latin America. *Emerging markets review*, 13(2), 118-148.
- Martín, M. (2011). *Mercado de capitales: una perspectiva global*. Boston: CENGAGE Learning.
- Miles, J. A., & Ezzell, J. R. (1980). The weighted average cost of capital, perfect capital markets, and project life: a clarification. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 15(3), 719-730.

Mukhlynina, L., & Nyborg, K. G. (2016). The Choice of Valuation Techniques in Practice: Education versus Profession. *Swiss Finance Institute Research Paper*, (16-36), 1-31.

Ng, E. H., & Beruvides, M. G. (2015). Multiple Internal Rate of Return Revisited: Frequency of Occurrences. *The Engineering Economist*, 60(1), 75-87.

Global Project Finance Review (2014). Recuperado de [http://dmi.thomsonreuters.com/Content/Files/4Q2016\\_Global\\_Project\\_Finance\\_Review.pdf](http://dmi.thomsonreuters.com/Content/Files/4Q2016_Global_Project_Finance_Review.pdf)

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Bradford, D. (1998). *Fundamental PF Corporate Finance*. Nueva York: McGraw-Hill.

Ross, S. A. W., Jaffe, R. W., Ross, J. F. S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. F. (2009). *Finanzas corporativas/Corporate finance*. México: McGraw-Hill.

Shull, D. M. (1994). Overall rates of return: investment bases, reinvestment rates and time horizons. *The Engineering Economist*, 39(2), 139-163.

Treasury, H. M. (2004). Guidance Note: The use of internal rates of return in PFI projects. Recuperado de [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/225363/02\\_pfi\\_internalratesguidance1\\_210307.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/225363/02_pfi_internalratesguidance1_210307.pdf)

Volkman, D. A. (1997). A consistent yield-based capital budgeting method. *Journal of Financial and Strategic Decisions*, 10(3), 75-88.

Vallejo, H. (2003). Bases para la elaboración de un artículo publicable como tesis en economía. Recuperado de

[https://economia.uniandes.edu.co/component/com\\_booklibrary/ebooks/D2003-16.pdf](https://economia.uniandes.edu.co/component/com_booklibrary/ebooks/D2003-16.pdf)

Welch, I. (2011). *Corporate finance*. Boston: Pearson Education.