
Informe Final

“Metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y para la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red”

Preparado para Comisión Nacional de Energía



por

E y G Consultores

Equipo de Trabajo

Carlos Maquieira (Jefe de Proyecto)

Fernando Mejido (Integrante I)

José Arias (Integrante II)

Contenido

1	Antecedentes	5
2	Revisión Literaria	8
2.1	Tasa de descuento de empresa eficiente de Transmisión Eléctrica y Costo de Capital de Distribución de Gas en Red	8
2.2	CAPM (Modelo de Valoración de Activos de Capital)	9
2.2.1	Críticas al CAPM	10
2.2.2	Análisis del CAPM en Chile	12
3	Objetivo Específico N°1: Premio por Riesgo de Mercado y Riesgo Sistemático	13
3.1	Premio por Riesgo de Mercado	14
3.1.1	Premio por Riesgo de Mercado Histórico (PRH)	14
3.1.2	Premio por Riesgo de Mercado Esperado (PRE)	17
3.1.3	Premio por Riesgo de Mercado Implicado (PRI)	17
3.1.4	Premio por Riesgo de Mercado Requerido (PRR)	21
3.1.5	Estimaciones para Chile y Modelos propuestos en la literatura para estimar PRM en un país emergente como Chile22	
3.2	Revisión y análisis crítico de diversas metodologías para estimar el riesgo sistemático, con énfasis en la discusión generada entre académicos y diversos autores	32
	Resumen de las ventajas y desventajas de cada metodología analizada para estimar el riesgo sistemático	32
3.2.1	Metodología para estimar el Beta Patrimonial	32
3.2.2	Metodología Estimación Tradicional	33
3.2.3	Método Estimación de Betas Estocásticos	35
3.3	Metodología para Estimar el Beta de Activos	37
3.3.1	Selección Muestral	37
3.3.2	Beta de los activos	38
3.3.3	Betas reportados por terceros	40
4	Objetivo Específico N°2: Análisis de Estudios anteriores y Discrepancias	40
4.1	Estudios Energéticos Consultores, titulado “Metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y para la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red”	41
4.1.1	Tasa Libre de Riesgo	41
4.1.2	Premio por Riesgo de Mercado (PRM)	42
4.1.3	Riesgo Sistemático (Beta)	43
4.1.3.1	Industria de Distribución de Gas de red	43
4.1.3.2	Industria de transmisión eléctrica	44
4.2	Revisión y análisis de las observaciones y discrepancias formuladas al Informe Técnico que fija la tasa de costo de capital a que se refiere el artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas, que se aplicará en el cuatrienio 2022–2025 para los fines establecidos en dicha ley	45
4.2.1	Tasa Libre de Riesgo	46
4.2.2	Premio por Riesgo de Mercado	47
4.2.3	Riesgo Sistemático	60
4.3	Revisión y análisis crítico a las observaciones relativas a la tasa de descuento formuladas a las Bases Técnicas y Administrativas para la realización de los Estudios de Valorización de las Instalaciones de los Sistemas de Transmisión para el período 2024– 2027	64
4.4	Revisión y análisis crítico del estudio “Metodología de cálculo para la tasa de actualización de una empresa eficiente de distribución eléctrica”, realizado por Inversiones Maquieira Caro Ltda.	72
4.4.1	Antecedentes	72

4.4.2	Determinación del costo de capital	73
4.4.3	Consideraciones.....	73
4.5	Revisión y análisis crítico de las observaciones y discrepancias relativas a la tasa de actualización formuladas a las Bases para el Cálculo de las Componentes del Valor Agregado de Distribución, cuatrienio noviembre 2024 – noviembre 2028. En particular, se deberá analizar críticamente los argumentos esgrimidos por las partes (CGE, Edelmag y CNE) y por el Panel de Expertos en relación a la determinación del premio por riesgo de mercado.....	74
4.5.1	CGE/EDELMAG	74
5	Revisión de estudios que determinan tasas de costos de capital utilizadas en procesos tarifarios internacionales de servicios públicos, señalando y analizando las metodologías utilizadas para determinar los parámetros que la componen.....	78
5.1	Canadá	78
5.1.1	Determination of the Cost-of-Capital Parameters in 2024 and Beyond.....	78
5.2	Estudios del Reino Unido.....	82
5.2.1	El costo de capital para RIIO-ED2. Oxera Consulting LLP.....	82
5.2.2	Problemas de costo de capital para el control de precios H7. Estudio realizado en contexto COVID-19.	84
5.2.3	The cost of equity for RIIO-ED2 Prepared for Energy Networks Association, 4 June 2021.	87
5.3	Australia	90
5.3.1	Australian Energy Regulator (2022, amendments 2023) – Rate of Return Instrument + Explanatory Statement.	91
5.4	Nueva Zelanda	94
5.4.1	Commerce Commission (2024) – Guidelines for WACC determinations under the cost of capital input methodologies.....	94
5.5	España.....	97
5.5.1	Acuerdo por el que se aprueba la propuesta de metodología de cálculo de la tasa de distribución financiera de las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica para el segundo período regulatorio 2020 – 2025.....	97
5.6	Brasil	100
6	Resumen con los valores determinados y criterios aplicados en los estudios analizados para las tasas de costo capital y sus componentes. 105	
7	Metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y tasa de costo de capital para una empresa eficiente de distribución de gas de red en Chile.	106
7.1	Metodología y Estimación Tasa Libre de Riesgo	108
7.1.1	Descripción de los Datos.....	110
7.1.2	Tasa libre de riesgo para las industrias de transmisión eléctrica y de distribución de gas de red.....	116
7.2	Metodología y Estimación Premio por Riesgo de Mercado.....	117
7.2.1	Premio por riesgo de mercado con datos nacionales.....	118
7.2.2	PRM chileno con datos internacionales.....	118
7.2.3	Premio por Riesgo de Mercado.....	124
7.3	Metodología y Estimación del Beta de Activo del Sector de Distribución de Gas en Red.....	125
7.3.1	Selección de la muestra de Empresas de Referencia	125
7.3.2	Estimación del Beta de Activos	128
7.3.3	Estimación de Betas Estocásticos para Distribución de Gas en Red.....	132
7.4	Metodología y Estimación del Beta de Activo del Sector de Transmisión Eléctrica.....	135
7.4.1	Selección de la muestra de Empresas de Referencia	135
7.4.2	Estimación de Betas Estocásticos para Transmisión Eléctrica.....	139
7.5	Resumen Final: Tasa de descuento de una empresa eficiente de Transmisión eléctrica y Tasa de Costo de Capital de Distribución de Gas de Red.	142

Índice de cuadros y gráficos

Cuadro 1: Premio por Riesgo de Mercado Implícito.....	20
Cuadro 2. Fortalezas y Debilidades de Métodos de Estimación del PRM.....	31
Cuadro 3: Factor individual por zona de concesión	46
Cuadro 4: Discrepancias respecto a la Tasa Libre de Riesgo	58
Cuadro 5: Discrepancias respecto a la Tasa Libre de Riesgo, Premio por Riesgo de Mercado y Riesgo Sistemático	65
Cuadro 6: Resumen de discrepancias sobre Tasa libre de Riesgo	71
Cuadro 7: Resumen de discrepancias y observaciones sobre Tasa libre de Riesgo.....	71
Cuadro 8: Discrepancias respecto al riesgo Sistemático	72
Cuadro 9: Estimaciones parámetros del modelo para estimar ROE	82
Cuadro 10: Beta de los activos para redes energéticas europeas	83
Cuadro 11: Resumen valores CAPM.	83
Cuadro 12: Betas en base a la frecuencia de ocurrencia de pandemias.	85
Cuadro 13: Comparativa betas diarios.	85
Cuadro 14: Comparativa betas semanales.....	86
Cuadro 15: Principales críticas de Oxera a estimaciones de Ofgem en UK	88
Cuadro 16: Parámetros estimados por Oxera 2021	89
Cuadro 17: Comparativo entre los resultados de OFGEM y OXERA 2021.....	90
Cuadro 18: Cambios de los input de entrada antes y después del año 2023	95
Cuadro 19: Empresas comparables	99
Cuadro 20: esquema del cálculo tasa de costo de capital definido por Aneel	101
Cuadro 21: Parámetros del modelo que estima la tasa WACC por ANEEL	103
Cuadro 22: Tasa de remuneración sobre el capital (WACC) para Generación	104
Cuadro 23: Tasa de remuneración sobre el capital (WACC) para Distribución.....	104
Cuadro 24: Valores y criterios definidos en los estudios internacionales analizados	105
Cuadro 25: Plazos residuales de Instrumentos de Renta Fija (Benchmark)	111
Cuadro 26: Presencia bursátil de instrumentos libres de riesgo	111
Cuadro 27: Presencia bursátil de instrumentos libres de riesgo	112
Cuadro 28: Representatividad de los instrumentos libres de riesgo	112
Cuadro 29: Estabilidad de Bonos de Gobierno basado en coeficiente de variación	113
Cuadro 30: Testeo estadístico entre instrumentos para criterio de estabilidad (BTU 7, BTU 4 y BTU 10)	114
Cuadro 31: Testeo estadístico entre instrumentos para criterio de estabilidad (BTU 10, BTU 7, BTU 2, BTU 4).	114
Cuadro 32: Ranking de criterios de estabilidad.....	115
Cuadro 33: Puntaje para Ranking de Estabilidad	115
Cuadro 34: Ranking Liquidez, Estabilidad y Representatividad	115
Cuadro 35: Resumen de criterios establecidos por la ley	116
Cuadro 36: Puntaje para criterios establecidos por la ley	116
Cuadro 37: Tasa libre de riesgo.....	116
Cuadro 38: Estimación de PRM de Chile (Modelo de Goldman & Sachs).....	122
Cuadro 39: Estimación de PRM (Modelo Damodaran)	123
Cuadro 40: Resumen PRM para Chile bajo distintas Metodologías.....	125
Cuadro 41: Betas patrimoniales y Betas patrimoniales ajustados	127
Cuadro 42: Betas de Activos estimados para Gas en Red (promedio, mediana, max y min)	130
Cuadro 43: Beta de Activos estimado a través de MCO para el Sector de Gas en Red.....	131
Cuadro 44: Fortalezas y Debilidades de Métodos de Estimación del Riesgo Sistemático	132
Cuadro 45: Beta patrimonial y beta de activos estocásticos (filtro de Kalman)	134
Cuadro 46: Betas patrimoniales y Betas patrimoniales ajustados (Transmisión Eléctrica)	137
Cuadro 47: Beta de activos estimado usando MCO (promedio, mediana, max y min)	137
Cuadro 48: Beta de Activos estimado a través de MCO para el Sector de Transmisión Eléctrica	138
Cuadro 49: Beta patrimonial y beta de activos estocásticos para Transmisión Eléctrica (filtro de Kalman).....	141

Cuadro 50: Tasa de Descuento y Tasa de Costo de Capital del negocio industria de transmisión eléctrica y distribución de gas de red respectivamente.....	142
Gráfico 1: Puntaje para criterios establecidos por la ley.....	124

1 Antecedentes

Conforme al artículo 103° de la Ley General de Servicios Eléctricos, la anualidad del valor de inversión de las instalaciones se calcula en función de su vida útil y de la tasa de descuento definida en el artículo 118° de la misma ley. Este último artículo especifica que la Comisión es responsable de determinar esta tasa de descuento cada cuatro años, aplicable después de impuestos, específicamente para las instalaciones de transmisión. Para su cálculo, se deben considerar tres factores clave: el riesgo sistemático inherente a las actividades de las empresas de transmisión, la tasa de rentabilidad libre de riesgo y el premio por riesgo de mercado. Es importante destacar que la ley impone un límite a esta tasa: no podrá ser inferior al 7% ni superior al 10%.

El mencionado artículo 118° agrega que:

- *“La tasa de rentabilidad libre de riesgo corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile o la Tesorería General de la República para un instrumento reajutable en moneda nacional. El tipo de instrumento y su plazo deberán considerar las características de liquidez, estabilidad y montos transados en el mercado secundario de cada instrumento en los últimos dos años a partir de la fecha de referencia del cálculo de la tasa de descuento, así como su consistencia con el horizonte de planificación de la empresa eficiente. El período considerado para establecer el promedio corresponderá a un mes y corresponderá al mes calendario de la fecha de referencia del cálculo de la tasa de descuento.*
- *El riesgo sistemático se define como un valor que mide o estima la variación en los ingresos de una empresa eficiente de transmisión eléctrica con respecto a las fluctuaciones del mercado.*
- *El premio por riesgo de mercado se define como la diferencia entre la rentabilidad de la cartera de inversiones de mercado diversificada y la rentabilidad del instrumento libre de riesgo antes definida.*
- *La información nacional o internacional que se utilice para el cálculo del valor del riesgo sistemático y del premio por riesgo deberá permitir la obtención de estimaciones confiables desde el punto de vista estadístico”.*

De este modo, la tasa de descuento será la tasa de rentabilidad libre de riesgo más el premio por riesgo de mercado multiplicado por el valor del riesgo sistemático.

Finalmente, el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos, establece que la Comisión debe licitar un estudio que defina la metodología de cálculo de la tasa de descuento

y los valores de sus componentes, conforme a lo señalado en el artículo 118° y que fue reseñado en los párrafos anteriores.

Los artículos 30° y siguientes de la Ley de Servicios de Gas permiten a las empresas del rubro fijar libremente los precios de sus servicios de transporte, suministro de gas y servicios relacionados, ya sea entre ellas o para clientes finales. Sin embargo, cuando se trata del servicio público de distribución de gas por red, las empresas concesionarias están sujetas a un límite de rentabilidad económica. Este límite no puede exceder los tres puntos porcentuales por encima del promedio simple de los últimos tres años de la tasa de costo de capital que haya determinado la Comisión, según lo estipulado en el artículo 32° de la misma ley.

En este sentido, la Comisión debe efectuar anualmente un chequeo de rentabilidad de las empresas concesionarias por zona de concesión a objeto de determinar si exceden el límite máximo de rentabilidad mencionado, y en caso de que alguna concesionaria lo exceda, dar inicio a un proceso de fijación de tarifas del servicio de gas y servicios afines aplicables a los consumidores o clientes de dicha empresa en una determinada zona de concesión.

Lo anteriormente señalado no se aplica al servicio de gas que las empresas distribuidoras de gas de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena efectúen a sus consumidores, el cual siempre estará sujeto al régimen de fijación tarifaria, de acuerdo a lo señalado en el artículo 34° de la Ley de Servicios de Gas.

El artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas define un proceso estructurado y participativo para establecer la tasa de costo de capital anual de las empresas que distribuyen gas como servicio público. Esta tasa, calculada por la Comisión cada cuatro años, considera el riesgo sistemático de estas empresas en el mercado, la tasa de rentabilidad libre de riesgo, el premio por riesgo de mercado y un factor individual para cada zona de concesión. En esencia, la tasa de costo de capital resulta de la suma del factor individual por zona, la tasa de rentabilidad libre de riesgo y el premio por riesgo multiplicado por el valor del riesgo sistemático. Cabe destacar que esta tasa no puede ser inferior al 6%.

El mismo artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas agrega que:

- *“La tasa de rentabilidad libre de riesgo corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile o la Tesorería General de la República para un instrumento reajutable en moneda nacional. La elección del tipo de instrumento y su plazo deberán considerar las características de liquidez, estabilidad y montos transados en el mercado secundario de cada instrumento en los últimos dos años contados desde su mes de cálculo. El período considerado para establecer el promedio corresponderá a seis meses.*

- *El riesgo sistemático se define como un valor que mide o estima la variación en los ingresos de una empresa eficiente de distribución de gas con respecto a las fluctuaciones del mercado.*
- *El premio por riesgo de mercado se define como la diferencia entre la rentabilidad de la cartera de inversiones de mercado diversificada y la rentabilidad del instrumento libre de riesgo definida.*
- *La información nacional o internacional que se utilice para el cálculo del valor del riesgo sistemático y del premio por riesgo debe permitir la obtención de estimaciones confiables desde el punto de vista estadístico.”*

Finalmente, la Ley de Servicios de Gas señala que antes de cuatro meses del término de vigencia de la tasa de costo de capital, la Comisión emitirá un informe técnico preliminar con la tasa de costo de capital para el cuatrienio siguiente.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario realizar un estudio que defina la metodología de cálculo de la tasa de descuento que se va a utilizar para determinar la anualidad del valor de inversión de las instalaciones de transmisión y los otros fines establecidos en la Ley General de Servicios Eléctricos, para el cuatrienio 2028-2031; la metodología de cálculo de la tasa de costo de capital que se va a aplicar en el cuatrienio 2026-2029 para el proceso de fijación tarifaria del valor agregado de distribución de gas de red de la empresa distribuidora de gas de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena; y en el chequeo anual de rentabilidad de las empresas concesionarias de gas de red.

El presente Informe Final, contiene el desarrollo de todas las actividades para dar cumplimiento a los objetivos específicos N°1,2, 3, 4, 5, 6 y 7 del trabajo, que consiste en determinar la metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y para la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red.

2 Revisión Literaria

2.1 Tasa de descuento de empresa eficiente de Transmisión Eléctrica y Costo de Capital de Distribución de Gas en Red

Conforme a lo establecido por la ley en cuanto a ambas tasas entonces es claro que los tres parámetros indicados anteriormente llevan a la utilización del CAPM (Modelo de Valoración de Activos de Capital) para una empresa financiada 100% con patrimonio (sin interferir el riesgo financiero), tal como se establece en los cuerpos legales que regulan otros sectores en Chile (Telefonía, Sanitario, Distribución de Gas en Red y Transmisión Eléctrica).

Por lo tanto, la tasa de descuento o el costo de capital, se expresan de la siguiente forma:

$$\rho = R_f + [E(R_m) - R_f] \cdot \beta_p^{S/D}$$

Donde:

ρ :	Tasa de descuento o costo de capital de la empresa
R_f :	Tasa de interés libre de riesgo
$[E(R_m) - R_f]$:	Premio por riesgo de mercado
$\beta_p^{S/D}$:	Riesgo sistemático de los activos (beta del negocio), denominado usualmente en inglés " <i>unlevered beta</i> "

El CAPM establece una relación lineal entre el retorno exigido de un activo o instrumento riesgoso y el retorno exigido de un portafolio de instrumentos o activos riesgosos, bien diversificado y eficiente (denominado portafolio de mercado). La tasa exigida de rentabilidad de los activos es equivalente a la tasa libre de riesgo más un premio por riesgo sistemático asociado al negocio realizado por la empresa. En otras palabras, se requiere contar con una medida de la tasa libre de riesgo, el premio por riesgo de mercado y el beta patrimonial sin deuda (*unlevered beta*) o beta de activos.

En ciertas ocasiones se produce una confusión conceptual entre los conceptos de beta de activos y el promedio ponderado de los betas de deuda y patrimonio. Se puede demostrar sin mayor dificultad que el beta patrimonial sin deuda corresponde al beta de activos, y es muy claro que este último debe ser un promedio ponderado del beta del patrimonio y el beta de la deuda. Para realizar esto consideremos la relación entre el beta patrimonial con deuda y el beta patrimonial sin deuda que fue confirmada por Fernández (2004) y que corresponde al que se infiere del modelo planteado por Rubinstein (1973).

La fórmula establece la siguiente relación:

$$\beta_p^{S/D} = \frac{\beta_p^{C/D} + \beta_b \cdot (1 - t_c) \cdot \frac{B}{P}}{\left[1 + (1 - t_c) \cdot \frac{B}{P}\right]}$$

Donde:

$\beta_p^{S/D}$: Beta patrimonial sin deuda o *unlevered beta*.

$\beta_p^{C/D}$: Beta patrimonial con deuda o *equity beta*.

β_b : Beta de la deuda (*debt beta*) o riesgo de la deuda

t_c : Tasa de impuesto a las corporaciones o impuesto de primera categoría en el caso de Chile.

$\frac{B}{P}$: Razón de endeudamiento, valor presente de la deuda financiera dividido por valor bursátil del patrimonio (*market capitalization*).

Reordenando los términos de la ecuación y utilizando la primera proposición de Modigliani y Miller (1963)¹ se obtiene lo siguiente:

$$\beta_p^{S/D} = \beta_p^{C/D} \cdot \alpha + \beta_b \cdot (1 - \alpha)$$

Donde el ponderador α es igual a la relación entre el patrimonio de la empresa endeudada y el valor de la empresa sin deuda $\frac{P}{V^{S/D}}$. Por su lado $(1 - \alpha)$ corresponde a $\frac{B(1-t_c)}{V^{S/D}}$. Esto muestra que claramente el riesgo del negocio o riesgo del activo (*unlevered beta*) es compartido por ambas fuentes de financiamiento (deuda y patrimonio). Por lo tanto, para determinar el beta de activos basta con calcular el beta del patrimonio sin deuda (*unlevered beta*).

2.2 CAPM (Modelo de Valoración de Activos de Capital)

Este modelo fue desarrollado por Sharpe (1964) y Lintner (1965) en un contexto de mercado de capitales perfecto y en un mundo de dos períodos. El modelo se basa en la teoría de portafolio media-varianza desarrollada por Markowitz (1952,1959).

El modelo establece que el retorno exigido de un activo riesgoso es equivalente a la tasa libre de riesgo R_f más un premio por riesgo que a su vez corresponde al premio por riesgo de

¹ La primera proposición de MM establece que el valor de una empresa endeudada es equivalente al valor de una empresa sin deuda (100% patrimonio) más el valor presente del ahorro tributario debido a los gastos financieros ($V^{C/D} = V^{S/D} + t_c \cdot B$).

mercado $[E(R_m) - R_f]$ multiplicado por el riesgo sistemático del activo riesgoso (β_i) es decir:

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \cdot \beta_i$$

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{\sigma_{R_m}^2}$$

2.2.1 Críticas al CAPM

La formulación del CAPM en si mismo no tiene críticas. Las críticas sugen cuando se realizan estimaciones empíricas del CAPM.

La estimación del riesgo sistemático se puede realizar estimando el modelo de mercado en excesos de retorno, especialmente cuando se desea testear si α_i es significativamente distinto de 0.

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i \cdot (R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it}$$

Si el CAPM es el modelo que explica los retornos entonces en el modelo anterior no se debería rechazar la hipótesis nula de que α_i es igual a cero. Sin embargo, en test de corte transversal de este modelo realizado por: Douglas (1968), Black, Jensen y Scholes (1972), Miller y Scholes (1972), Blume y Friend (1973), Fama y MacBeth (1973) quienes rechazan la hipótesis de que α_i sea igual a cero. En general, el promedio de α_i es positivo para portafolio de bajo riesgo sistemático y negativo para portafolios de alto riesgo sistemático. En la década de los 90 se encuentran resultados similares [Fama y French (1992)]. Finalmente, en análisis de series de tiempo se encuentra algo similar [Friend y Blume (1970), Black, Jensen y Scholes (1972) y Stambaugh (1982)].

A estos resultados se suman las llamadas anomalías detectadas en la literatura. El primero de estos es la evidencia detectada por Basu (1977). Él encuentra que acciones con alta relación utilidad precio tienen retornos mayores que los predichos por el CAPM y lo contrario ocurre con acciones que tienen baja relación utilidad precio. Posteriormente, Banz (1981) encuentra que empresas con baja capitalización de mercado tienen retornos mayores que los pronosticados por el CAPM. Statman (1980), Rosenberg, Reid, y Lanstein (1985) muestran que empresas con alta relación valor bursátil a valor libro tienen retornos más altos que los retornos asociados a su betas y viceversa. Evidencia de Dimson, Marsh y Staunton (2002) muestra que el efecto tamaño, una de las anomalías más conocidas —que sostiene que las empresas pequeñas obtienen rendimientos superiores a lo normal— y su relacionado efecto enero (la mayor parte de ese rendimiento extra se produce en enero), no solo han desaparecido, sino que se han invertido. Esto ha ocurrido en Estados Unidos y en casi todos

los mercados a nivel mundial, especialmente después de que su existencia fue ampliamente difundida.

Merton (1973) desarrolla un CAPM intertemporal. En este modelo los inversionistas no sólo están preocupados del pago al final del período sino también de las oportunidades de consumo o de invertir aquel pago en un contexto intertemporal. Fama (1996) plantea que el modelo de Merton es una generalización del CAPM. Fama y French (1993,1996) proponen un modelo de tres factores en que se incluye además de retorno de mercado, el tamaño de las empresas y la relación valor de mercado a valor libro de la acción. Lo interesante es que desaparecen las anomalías que se habían detectado previamente. Lamentablemente, este modelo no es capaz de eliminar la anomalía, detectada por Jegadeesh y Titman (1993) llamada momento. Las acciones que han tenido buenos retornos con respecto al mercado en los últimos tres a doce meses tienden a continuar haciéndolo bien por pocos meses en adelante y lo mismo ocurre con acciones que les ha ido mal.

La evidencia provista por Novy-Marx (2013), Titman, Wei, y Xie (2004), y otros plantean que el modelo de tres factores es incompleto puesto que no considera la variación de los retornos promedios que se deben a la rentabilidad y la inversión. Fama y French (2015) extienden el modelo original de tres factores a uno de cinco factores donde se incluye la rentabilidad y la inversión. El principal problema de este nuevo modelo es que no captura los bajos retornos promedios de acciones de bajo valor cuyos retornos se comportan como aquellas firmas que invierten mucho a pesar de la baja rentabilidad.

En resumen, el CAPM en su versión más tradicional no tiene buen respaldo empírico y por lo tanto tiene limitaciones en su aplicación. Sin embargo, hay estudios empíricos, generalmente de encuestas a analistas y ejecutivos, que muestran claramente que el CAPM es el modelo preferido para estimar tasas de descuento (Maquieira, Preves y Sarria, 2012; Pinto, 2019; Graham y Harvey 2016) a nivel internacional. Este modelo tiene la ventaja de ser fácil de entender y aplicar. Su fórmula sólo requiere de tres datos claves: tasa libre de riesgo, el premio por riesgo de mercado y el beta del instrumento. El modelo diferencia entre riesgo sistemático (el riesgo de mercado no se puede diversificar) y riesgo no sistemático (el riesgo específico de un activo, que puede eliminarse diversificando). Al centrarse solo en el riesgo sistemático, el modelo subraya un principio fundamental de la inversión. Es más, el beta se convirtió en la medida estándar para cuantificar la sensibilidad de un activo a los movimientos del mercado, un concepto que sigue siendo crucial en la valoración de activos y la gestión de carteras.

2.2.2 Análisis del CAPM en Chile

Para el mercado accionario chileno también existe evidencia empírica que no permite validar el CAPM. De La Cuadra y García (1987) investigan las anomalías empíricas del CAPM, sugiriendo que el Beta no captura todo el riesgo sistemático asociado con el nivel de endeudamiento de una firma. Cuando se incluye como variable explicativa, además del beta, el ratio Patrimonio/Total Activo, los retornos anormales desaparecen.

Posteriormente, Zúñiga (1994) realiza una investigación exploratoria respecto al efecto tamaño en los retornos accionarios chilenos, usando datos mensuales en el periodo 1989-1991. Zúñiga concluye que "los resultados en definitiva sugieren un efecto tamaño, pero éstos no son significativos en ninguna de las submuestras, probablemente debido al bajo número de títulos transados en Chile y a la baja presencia bursátil del promedio de las acciones usadas".

Rubio (1997) trata de replicar el trabajo de Fama y French (1992) para el mercado chileno, evaluando el rol conjunto de la Beta de mercado, el tamaño, la razón Utilidad/Precio, el leverage y la razón Libro/Bolsa, en el periodo 1981-1994, usando los retornos mensuales de las acciones y datos contables trimestrales y anuales. Cuando los datos contables tienen una frecuencia trimestral, la variable más importante, y que absorbe el poder explicativo de las restantes, es la razón Utilidad/Precio. En cambio, cuando la frecuencia de los datos contables es anual, la combinación más adecuada es la razón Libro/ Bolsa y la Beta de mercado.

Marshall y Walker (2000), estudian el llamado efecto del día de la semana (day-of-the week effect) para el período comprendido entre 1989 y 1996 usando retornos diarios (calculados en forma logarítmica) y encuentran que el día Lunes los retornos de las acciones son significativamente menores a los retornos promedios diarios de la semana. Lo contrario ocurre el día Viernes. Por otro lado se detecta un efecto negativo del tamaño el día Lunes y positivo el día Viernes.

Por otro lado, Fuentes, Gregoire y Zurita (2006), usando rentabilidades mensuales de 60 acciones, en el periodo 1991-2004, tratan de determinar los factores macroeconómicos que permiten explicar el rendimiento accionario en Chile. Si bien este trabajo es sobre el APT (Teoría de Precios por Arbitraje), dentro de las conclusiones los autores señalan: "Nuestros resultados son: i) las sorpresas en la tasa de crecimiento del índice mensual de actividad económica (Imacec), en el precio del cobre y del petróleo aparecen como factores con premios por riesgo estadísticamente distintos de cero en los rendimientos accionarios chilenos; mientras que las sorpresas en inflación no aparecenpreciadas en la muestra, y ii) el modelo CAPM es fuertemente rechazado por los datos, en favor del APT".

Díaz e Higuera (2012) realizan un contraste empírico del CAPM, empleando las metodologías de serie temporal y de eficiencia media-varianza, basada en la estimación por el método generalizado de momentos (MGM). El contraste se llevó a cabo usando rentabilidades mensuales de títulos individuales para el periodo 1997-2007 y usando una cartera de igual ponderación como proxy para la cartera de mercado. Los resultados de todas las metodologías empleadas muestran que el CAPM explica satisfactoriamente el corte transversal de retornos esperados en Chile.

Duarte, Ramírez y Sierra (2014) analizan los principales mercados bursátiles de la región (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú), mediante el análisis de la rentabilidad histórica de las empresas que cotizan en cada bolsa de valores, para el período entre enero de 2002 y mayo de 2012. Los resultados obtenidos revelan que en general el efecto tamaño propuesto por Banz (1981) no se presenta en los principales mercados bursátiles de Latinoamérica, no obstante se evidencia la presencia de un efecto invertido en Brasil, México, Chile y Colombia.

Por último es importante señalar que dado el pequeño tamaño del mercado accionario chileno (en términos de número de empresas y grado de liquidez) no es posible contrastar los modelos propuestos por Fama y French (tres y cinco factores).

3 Objetivo Específico N°1: Premio por Riesgo de Mercado y Riesgo Sistemático.

En esta sección, conforme a las bases del estudio, se considerarán los siguientes aspectos:

- Revisión y análisis crítico de diversas metodologías para estimar el premio por riesgo de mercado, con énfasis en la discusión generada entre académicos y diversos autores, y señalando cuáles de ellas son aplicables para estimar el premio por riesgo para Chile.
- Se entregará un resumen de las ventajas y desventajas de cada metodología analizada en el punto anterior, para estimar el premio por riesgo para Chile.
- Se revisarán con un análisis crítico las diversas metodologías para estimar el riesgo sistemático, con énfasis en la discusión generada entre académicos y diversos autores.
- Se entregará un resumen de las ventajas y desventajas de cada metodología analizada en el punto anterior, para estimar el riesgo sistemático de la industria de distribución eléctrica.

3.1 Premio por Riesgo de Mercado

La estimación del premio por riesgo de mercado (PRM) ha sido un tema de intenso debate entre los investigadores económico-financieros. La disparidad en las estimaciones, que varían significativamente según la metodología empleada, ha impulsado esta discusión.

El punto de partida de este debate se remonta al influyente artículo de Mehra y Prescott (1985). Ellos demostraron que el PRM histórico en Estados Unidos era notablemente superior a lo que la teoría económica estándar predecía, sugiriendo que el premio no debería exceder el 0,35% anual sobre las letras del tesoro. Este hallazgo desató una ola de investigaciones, con economistas desarrollando diversos modelos que ajustaban supuestos sobre preferencias, aversión al riesgo, separabilidad de estados, ocio, formación de hábitos, conductas de ahorro, mercados incompletos, distribuciones de probabilidad y explicaciones conductuales.

A pesar de los avances en la estimación, una crítica recurrente es que para replicar los premios históricos se requieren niveles de aversión al riesgo excesivamente altos. Como señalaron Dimson, Marsh y Staunton (2002), es posible que los inversionistas estadounidenses simplemente hayan tenido la fortuna de experimentar retornos excepcionalmente altos durante un siglo, un fenómeno que ellos denominaron el "triunfo de los optimistas".

Para comprender mejor este campo de estudio, es fundamental diferenciar entre las distintas conceptualizaciones del PRM que se han propuesto:

- **Premio por Riesgo de Mercado Histórico (PRH):** Basado en datos pasados de retornos de mercado.
- **Premio por Riesgo de Mercado Esperado (PRE):** La estimación del premio futuro que esperan los inversionistas.
- **Premio por Riesgo de Mercado Implicado (PRI):** Derivado de precios de activos actuales y modelos de valoración.
- **Premio por Riesgo de Mercado Requerido (PRR):** El premio mínimo que exigen los inversionistas para asumir el riesgo de mercado.

Fernández (2006) argumenta que, si bien el PRH es el mismo para todos los inversionistas, los otros tipos de premios varían entre ellos. No obstante, incluso la estimación del PRH presenta diferencias entre estudios, principalmente debido a las variaciones en el período de estimación, la metodología utilizada y la definición del *proxy* para el portafolio de mercado. En primer lugar, revisaremos la literatura considerando estas diferencias conceptuales para poder luego concentrarnos en metodologías aplicables en países emergentes como Chile.

3.1.1 Premio por Riesgo de Mercado Histórico (PRH)

En esta área de la literatura diversos autores se han preocupado de calcular el promedio geométrico y el promedio aritmético de la diferencia entre el retorno de mercado y la tasa de un bono emitido por el Estado. Los primeros en realizar este tipo de estimación fueron

Ibbotson y Associates, reportando en forma anual ambos valores considerando una serie histórica para Estados Unidos que tiene como punto de partida el año 1926.

Wilson y Jones (2002) toman el período 1871-1999 y reconstruyen el S&P 500 para el período 1926-1956 debido a cambios en la definición del mismo en ese período, encontrando un PRH promedio aritmético de 5,8%. La estimación provista por Siegel (2005) es de un PRH de 6,1%.

Goetzman e Ibbotson (2005) encuentran un PRH promedio histórico de 3,76% para el período 1792 -1925 y 6,57% para el período 1926-2004. Esta vez utilizan las acciones transadas en el NYSE. Sin embargo, el retorno de mercado estaría subestimado en el período 1792-1871 pues la serie de dividendos no está completamente disponible.

Un estudio muy interesante es el de Mayfield (2004) quien toma la idea de Merton (1980) en cuanto a los cambios que se producen en las oportunidades de inversión a través del tiempo y el impacto que tiene esto en el premio por riesgo de mercado. Mayfield considera un proceso de Markov para describir la volatilidad cambiante. Analiza Estados Unidos tomando una amplia definición del portafolio de mercado como son NYSE, AMEX y NASDAQ para el portafolio ponderado por valor. Los datos van desde 1926 hasta 2000 y encuentra que para períodos de baja volatilidad el premio por riesgo de mercado es de 5,2% y para períodos de alta volatilidad es de 32,5%. Adicionalmente el autor reporta que existe una probabilidad de 39% que la economía entre en un estado de alta volatilidad previo a 1940 mientras que esta probabilidad es sólo de 5% para después de 1940. Entonces considerando esto, el premio por riesgo de mercado cae de 20,1% antes del 40 a 7,1% después del 40. Es decir, hay evidencia contundente de un cambio en el proceso de volatilidad sugiriendo de inmediato que el PRH no es un buen estimador del PRE. Si el mercado espera que la volatilidad caiga entonces el precio de las acciones subirá con lo cual los retornos calculados ex post serán más altos y por lo tanto automáticamente no serán un buen estimador de los retornos ex antes. Entre otras cosas ésta es una de las razones fundamentales por qué en finanzas nos encontramos con períodos de altos retornos en el mercado y bajas volatilidades y viceversa. Sin embargo, Mayfield corrige este sesgo de volatilidad y encuentra un PRE de 5,6% para Estados Unidos en el período posterior a 1940.

Dimson, Marsh y Staunton (2006) estiman el PRH para un grupo de 17 países y encuentran para Estados Unidos un PRH promedio histórico para el período 1900-2005 de 6,49%. La gran limitación de este estudio está en la imposibilidad de contar con la serie completa de datos para todos los países. Entre otros aspectos señalan que para los niveles de índices de mercado obtenidos para Alemania desde 1943 a 1947, Japón para 1945 y España desde 1936 a 1938 no se puede decir que sean valores determinados por el mercado. Finalmente, al observar los resultados no se observa la relación esperada que a mayor riesgo (volatilidad) mayor el retorno del mercado. Nos encontramos con Bélgica por ejemplo con retorno promedio de 4,58% y una desviación estándar de 22,10% mientras que Irlanda para el mismo nivel de desviación estándar tiene un retorno de mercado de 7,02%. Por su lado, Sudáfrica con 9,46% y Suecia 10,07% de retorno de mercado y con desviaciones estándar levemente

más altas de 22,57% y 22,62% respectivamente. Esto lleva a cuestionarse seriamente los retornos históricos como estimadores de los retornos esperados.

Es importante destacar las principales críticas que se han hecho al promedio histórico del premio por riesgo de mercado (PRH):

- *Cambio en la volatilidad del mercado:* Esto fue inicialmente propuesto por Merton (1973) y luego Mayfield (2004) realiza una estimación para el caso de Estados Unidos. El problema consiste en que cuando hay crisis financieras el precio de las acciones cae y con ello el retorno mientras que la volatilidad del retorno sube. Esto va en sentido contrario a lo que plantea el modelo de Markowitz (1952), en que mayor retorno esperado está asociado a mayor riesgo (volatilidad). Mayfield, al corregir este problema, determina un PRM para Estados Unidos de 5,6% para después de 1940. El retorno de mercado como promedio simple de la serie 1940-2016 es 11,18% en términos nominales. Es claro que requiere ser ajustado para tomar en cuenta los cambios de volatilidad porque de otra forma el PRM estaría lejos del valor corregido por Mayfield de 5,6%.
- *Grado de Aversión al Riesgo y otros:* Mehra y Prescott (1985) fueron quienes por primera vez mostraron que el premio por riesgo de mercado histórico en Estados Unidos era bastante más alto que el premio que se obtendría al usar teoría estándar. A pesar del esfuerzo de los investigadores, variando supuestos sobre: preferencias, aversión al riesgo, separabilidad de estados, ocio, formación de hábitos y conductas de ahorro, mercados incompletos, distribución de probabilidades, y explicaciones conductuales, la crítica normal es que se requieren altos niveles de aversión al riesgo para poder obtener consistencia con los premios históricos.
- *Sesgo de Sobrevivencia:* Se utiliza la variación del Índice Accionario S&P 500 que incluye sólo las 500 acciones más transadas en el Mercado Accionario de Nueva York o NASDAQ. Las empresas incluidas son las de mayor capitalización de Mercado. Es decir, se está cometiendo el error de sesgar hacia arriba los retornos. Esto lo discute Damodaran (2019).
- *Error Estándar:* Si se calcula el PRM en forma histórica se puede demostrar que el nivel de error estándar no sólo es alto sino que crece mientras menor es el intervalo de tiempo usado para calcularlo. Damodaran (2025) muestra que el error estándar para una serie de 10 años es 6,32% y para una serie de 97 años este error baja a 2%.

Las tres estimaciones más recientes del PRH para Estados Unidos son la de Damodaran (2025), Dimson, Marsh y Staunton (2025) y Duff & Phelps (2025). En el primer caso, tomando las series de retornos del S&P 500 y retornos de los bonos del tesoro con vencimiento a 10 años para el período 1928 a 2024, la estimación del PRH promedio aritmético es de 7,00% y un PRH promedio geométrico de 5,44%. Por su lado, Dimson et al. utilizando datos similares, pero para el período 1900 a 2024, obteniendo un PRH aritmético de 5,1%. El promedio aritmético reportado por Kroll (ex Duff & Phelps) es 5,5% para el período 2008 a 2025.

Existen evidentemente más artículos escritos en relación a PRH pero podemos concluir que actualmente (con series de retornos que llegan hasta fines del 2024) el PRH se encuentra entre 5,1% (Dimson et al. promedio geométrico) y 7,00% (promedio aritmético de Damodaran).

3.1.2 Premio por Riesgo de Mercado Esperado (PRE)

En este aspecto lo que fundamentalmente se ha hecho es usar el método de encuestas para obtener las expectativas. Sin embargo, debemos tener claro que desde un punto de vista conductual lo que se está obteniendo a través de las encuestas son las expectativas de retornos y no los retornos exigidos o requeridos en equilibrio [ver Ilmanen (2003)].

Welch (2000) realiza dos encuestas a profesores de finanzas en 1997 y 1998 para lo esperado en los próximos 30 años y encuentra un promedio sobre bonos del tesoro de largo plazo de 7% con un rango entre 1% y 15%. El mismo autor realiza un nuevo estudio el 2001 encontrando esta vez un promedio de 5,5%.

Graham y Harvey (2005) realizan una encuesta para Gerentes de Finanzas en Estados Unidos y encuentra que en septiembre 2000 la expectativa era de 4,65% mientras que a septiembre 2005 era de 2,93%.

Evidentemente han existido intentos de predecir el premio por riesgo de mercado esperado a través de regresiones. Sin embargo, Goyal y Welch (2007) encuentran que usando las diversas variables que podrían ayudar a proyectar el PRE no son capaces de obtener estimaciones robustas y esto se debe a que las variables no son estables en el tiempo. Graham y Harvey (2016) realizan una encuesta entre Gerentes de Finanzas (alrededor de 400), los cuales creen que el premio por riesgo de mercado para EEUU es un 4,02%, el cual es un poco más alto que los promedios obtenidos para los 16 años anteriores en que se realizó la encuesta.

Fernández et al. (2024) realiza una encuesta para 96 países obteniendo 4.064 respuestas de académicos, analistas y administradores financieros. Aun cuando el documento tiene estos valores para 96 países, queremos destacar las expectativas de PRM para Chile y Estados Unidos. En el primer caso, el PRM esperado para Chile es 6,3% (promedio) con un mínimo de 5,2% y un máximo de 7,4%. En el caso de Estados Unidos el promedio es 5,5% con un mínimo de 3,0% y un máximo de 16,0%.

La principal desventaja de las encuestas es que las respuestas de los encuestados están fuertemente influenciadas por el comportamiento reciente del precio de las acciones. Esta encuesta la viene realizando el profesor Pablo Fernández desde el año 2010.

3.1.3 Premio por Riesgo de Mercado Implicado (PRI)

En esta línea de estudios se encuentran todos aquellos enfoques que suponen que las acciones se valoran bajo un cierto modelo simplificador de la realidad. El modelo más comúnmente

usado ha sido el de Gordon (1962) que asume crecimiento al infinito a través de las oportunidades de inversión de las empresas y por lo tanto el precio de una acción se puede expresar de la siguiente forma:

$$P_0 = \frac{div_1}{k_p - g}$$

Donde: P_0 es el precio actual de la acción; div_1 es el dividendo por acción del próximo período; k_p es la tasa de descuento o retorno exigido por los accionistas y g es la tasa de crecimiento esperada de los dividendos.

Tomando la ecuación de arriba, entonces el retorno exigido por el mercado se podría estimar de la siguiente forma:

$$E(R_m) = \frac{div_1}{P_0} + g$$

Por lo tanto, si contamos con el retorno de dividendos del mercado y con la tasa de crecimiento esperada de los dividendos para el mismo, entonces se puede deducir el retorno exigido por el mercado y luego al sustraer la tasa libre de riesgo tendríamos el estimador del premio por riesgo de mercado. Se han propuesto estimaciones basadas en la relación utilidad/precio así como flujos de caja. Esta consiste en realizar una estimación utilizando flujos de caja asociados al índice y crecimiento de ellos durante un período finito, regularmente cinco años, para luego tomar un valor terminal del índice de mercado asociado a una tasa de crecimiento del flujo a una tasa constante al infinito. Normalmente los flujos crecen en promedio a una tasa mayor en el período finito y luego converge el crecimiento a una tasa menor de largo plazo.

Jagannathan, McGrattan y Scherbina (2000) usan el modelo de Gordon suponiendo que g es la tasa de crecimiento del producto geográfico neto y obtienen una estimación del premio por riesgo de mercado para Estados Unidos de 3,04%.

Clauss y Thomas (2001) estiman el modelo de Gordon suponiendo una razón de pago de dividendos de 50% con datos desde 1985 a 1998 y encuentran un premio esperado de 3% para Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido.

Fama y French (2002) encuentran para el período 1951-2000 un PRI entre 2,55% y 4,32%, para el período 1872-1950 estiman un 4,17%.

Harris, Marston, Mishra y O'Brien (2003) hacen el mismo ejercicio pero para empresas asumiendo que g es igual a tasa de crecimiento esperada por los analistas. Ellos encuentran un premio por riesgo de mercado de 7,3%.

La nueva teoría del ciclo de dividendos también lleva a cuestionar la rentabilidad de los dividendos pues De Angelo, De Angelo y Stulz (2006) señalan que consistente con la teoría del ciclo de vida de los dividendos, la proporción de empresas industriales que pagan dividendos es alto cuando las ganancias retenidas son una alta proporción del patrimonio y

esa proporción baja cercano a cero cuando el patrimonio es contribuido más que ganado. Los autores documentan que para empresas que transan sus acciones se observa un fuerte incremento en la proporción de firmas con ganancias retenidas negativas entre 1978 (11,8%) y 2002 (50,2%). Esto lleva a pensar automáticamente que la tasa de crecimiento de los dividendos no es estable a través del tiempo, sino que tiene ciclos y el modelo de Gordon tampoco sería el apropiado para estimar el precio de una acción y por lo tanto el retorno del mercado.

Como se podrá observar en esta literatura el gran problema en la estimación es el supuesto que se haga en relación a la tasa de crecimiento esperada de los dividendos (g).

En la literatura nos encontramos con al menos tres formas de estimar el retorno de mercado (retorno de dividendos, utilidad/precio y flujos de caja). Damodaran (2020) analiza los tres métodos y opta por el de flujos de caja, por ser más generalista. Se obtiene el $E(R_m)$ que en la ecuación corresponde a k_p , resolviendo la siguiente ecuación:

$$\text{Valor del Patrimonio} = \sum_{t=1}^n \frac{E(FCLP)_t}{(1 + k_p)^t} + \frac{E(FCLP)_n}{(k_p - g_n) \cdot (1 + k_p)^n}$$

En que:

FCLP: Flujos de Caja de Largo Plazo asociado al índice accionario de mercado.

k_p : Tasa de retorno exigido por el mercado.

g_n : Tasa de crecimiento de los flujos de caja de largo plazo

En la aplicación Damodaran considera el valor de un índice de mercado (S&P 500) y luego hace una estimación de los flujos de caja que generará en los próximos períodos y estima la tasa de crecimiento de los flujos de caja de largo plazo (g_n). Finalmente, se usa como supuesto que los flujos de caja seguirán creciendo a esa tasa hasta el infinito. A partir de todo esto se deduce la tasa (k_p) que iguale el valor del mercado del S&P 500 con el valor presente de los flujos de caja futuros. Luego se sustrae la tasa libre de riesgo corriente (T Bond de largo plazo) para obtener el PRM.

Damodaran ha estimado el PRM para Estados Unidos de esta forma y para los últimos tres años ha encontrado un PRM estimado de 5,94% para el 2022, 4,60% para el 2023 y 4,33% para 2024, respectivamente. Lamentablemente este método genera cambios en el PRM que no son explicables desde un punto de vista de fundamentos económicos-financieros.

En el cuadro que sigue se muestran las estimaciones sin suavizar desde 2011 a 2024.

Cuadro 1: Premio por Riesgo de Mercado Implícito

Año	PRM Implícado
2011	6,01%
2012	5,78%
2013	4,96%
2014	5,78%
2015	6,12%
2016	5,69%
2017	5,08%
2018	5,96%
2019	5,20%
2020	4,72%
2021	4,24%
2022	5,94%
2023	4,60%
2024	4,33%

Fuente: Página web de Damodaran

Llaman la atención los PRM estimados para el 2020 y 2021. En el año 2020 la economía norteamericana se ve fuertemente afectada por la aparición de la pandemia COVID. Entre otras consecuencias, la pandemia conllevó un incremento en la volatilidad del mercado accionario. Esto se aprecia observando el comportamiento del VIX², tal como se muestra en el gráfico siguiente. En el período considerado (2015-2021) la mediana del VIX es 15,7, sin embargo, los valores de VIX fluctuaron entre 40,11 y 66,04 (25/02/2020 y 15/03/2020) y se mantuvo sobre 25 hasta julio 2020. A esto se suma el aumento de la demanda por bonos del Tesoro dado la mayor aversión al riesgo de los inversionistas lo que lleva a una caída en las tasas de rendimiento (YTM) de los mismos. Todo esto debiese llevar a un incremento en el premio por riesgo de mercado. Sin embargo, esto no se ve reflejado por Damodaran en el PRM implícado tanto el 2020 como el 2021. En este caso ocurre todo lo contrario pues se observa una caída importante en el PRM tanto en el 2020 como el 2021. El PRM estimado por Damodaran el 2019 es de 5,20% y luego cae casi 50 puntos base desde ese año al 2020. Por otro lado, KPMG International Corporate Finance tiene una estimación de 5,0% para el 2021 usando la metodología de PRM implícado. Esto hace difícil confiar en la estimación que realiza Damodaran del PRM implícado para Estado Unidos.

² El VIX (Cboe Volatility Index), a menudo llamado "índice del miedo", es un indicador clave en el mercado accionario que mide la expectativa del mercado sobre la volatilidad futura. El VIX no mide la volatilidad pasada (histórica), sino la volatilidad futura esperada a 30 días del mercado de valores de Estados Unidos. Se calcula a partir de los precios de las opciones de compra y venta sobre el índice S&P 500 (SPX).

3.1.4 Premio por Riesgo de Mercado Requerido (PRR)

Este es el premio por riesgo de mercado que nos interesa para efectos de poder determinar el costo de capital de una empresa o de un proyecto. Sin embargo, lo que se ha hecho en la literatura es tratar de usar PRH, PRE y PRI como estimadores del PRR. Lamentablemente, los estudios están sujetos a diversas críticas y los estimadores han sido variados. Nos referimos fundamentalmente a supuestos que se deben hacer sobre el período de tiempo, la tasa libre de riesgo, la tasa de crecimiento esperada de los dividendos y la rentabilidad de dividendos. A esto se suma la inestabilidad de los parámetros en el tiempo lo cual lleva a un problema importante al tratar de predecir cuál es el mejor estimador del premio por riesgo de mercado requerido.

Como señalan Dimson, Marsh y Staunton (2006) “desde una perspectiva de largo plazo histórica y global, el premio por riesgo de mercado es más pequeño de lo que fue alguna vez. El premio por riesgo sobrevive como un puzzle, sin embargo, y no tenemos dudas al respecto seguirá intrigando a los académicos en finanzas en el futuro.”

¿Cómo estimar el premio por riesgo de mercado requerido? En primer lugar, entre los distintos métodos usados vemos claramente que el PRH es el que entrega el menor rango de diferencia en la estimación, pues son datos objetivos. Sin embargo, se debe tener muy claro que Estados Unidos es el único país en que se ha hecho el trabajo de estimar un PRH corrigiendo por el gran problema de cambio en la volatilidad. Todos los otros trabajos no hacen este ajuste por lo cual no corrigen este importante sesgo. Lamentablemente no existe hoy una estimación como la realizada por Mayfield que tiene la virtud de considerar los valores históricos de los retornos y a su vez permitir a través de la teoría financiera cambios en la volatilidad del mercado.

En resumen, luego de analizar la abundante literatura, el premio por riesgo de mercado ha caído con respecto a lo que fue en el pasado. Este hallazgo tiene sentido tanto desde un punto de vista financiero como económico. En primer lugar, estamos bajo una realidad financiera de mercados de capitales más integrados, lo cual lleva a mejores oportunidades de diversificación del portafolio de mercado con lo que la volatilidad se reduce y por lo tanto el premio por riesgo de mercado también se reduce. Bajo una perspectiva económica Lettau, Ludvigson y Wachter (2004) encuentran una baja sustancial en la volatilidad del consumo a comienzos de los 90s y por lo tanto esto explicaría un premio por riesgo de mercado más bajo. Ellos plantean que no saben exactamente cuán más bajo será en el futuro, pero creen razonable usar un PRR para Estados Unidos de un 5,1% suponiendo que el estimado por Mayfield a futuro es 50 puntos bases inferior al histórico corregido por cambios en volatilidad.

3.1.5 Estimaciones para Chile y Modelos propuestos en la literatura para estimar PRM en un país emergente como Chile

- Estimaciones realizadas para Chile

Una de las primeras estimaciones del premio por riesgo de mercado para Chile, usando datos históricos, y publicada en una revista científica corresponde a Fuentes y Zurita (2005). Los autores encuentran que el valor histórico promedio es de 14,9% al usar una muestra de datos desde 1977 a 2001. Como proxy del retorno de mercado utilizan la variación del IGPA ajustado por inflación, haciendo alusión a su menor sesgo de selección, mientras que como activos libres de riesgo consideran, alternativamente los Pagarés Reajustables del Banco Central (PRBC), disponibles desde 1986 en adelante, y los depósitos a plazo bancarios reajustables. Los resultados de premio por riesgo de mercado obtenidos, fluctúan entre 17,3% para el período 1977- 2001 usando depósitos a plazo como tasa libre de riesgo y 20,5% para el período 1986 -2001 usando PRBC como tasa libre de riesgo. Sin embargo, el PRM estimado, según los autores resulta ser inestable y no sirve como estimador del valor esperado del PRM para Chile.

En el documento de trabajo del Banco Central de Lira y Sotz (2011) se trabaja fundamentalmente con tres metodologías para estimar el premio por riesgo de mercado (PRM) para Chile (promedio histórico, rentabilidad de mercado implícita y premio por riesgo de un mercado maduro más un premio por riesgo país). La estimación se realiza usando datos mensuales entre enero de 1993 y mayo del 2010. La primera estimación fue a través del diferencial histórico de rentabilidad real entre índices accionarios e instrumentos libres de riesgo, obteniendo un PRM que fluctuó entre 2,8 y 6,7% dependiendo del indicador accionario elegido y las tasas libres de riesgo empleadas. En segundo lugar y como una variante de esta metodología, se calculó la rentabilidad accionaria implícita en los precios accionarios actuales a través de un modelo de dividendos descontados, alcanzando un PRM en el rango de 4,9 a 7,2% según cual sea la tasa libre de riesgo utilizada. Por último, se realizó el cálculo adicionando el premio por riesgo país al premio por riesgo de mercado de una economía desarrollada (EEUU), en donde el premio por riesgo de mercado fluctuó entre 3,7% y 7,6%. En definitiva, los autores no recomiendan el uso de alguno de los PRM obtenidos. En nuestra opinión, cuando se trabaja con datos históricos en Chile uno de los grandes problemas es contar con instrumentos libres de riesgo que no cambien sus características a través del tiempo. Es por esto que lo más aconsejable es tratar de trabajar con modelos que estimen en forma indirecta el PRM o bien que estimen directamente el valor esperado del retorno de mercado y para luego sustraer la tasa libre de riesgo y con eso tener el PRM.

Además, para una estimación histórica el período de tiempo para Chile se puede remontar razonablemente hasta 1977 y en economías desarrolladas como Estados Unidos esa fecha de

inicio es 1900. Finalmente, como ningún modelo supera a los otros entonces es conveniente hacer la estimación con más de un modelo para tener una estimación central del PRM.

Maquieira y Asociados, MQA, (2014)³ realiza una estimación del premio por riesgo de mercado de Chile utilizando un modelo sugerido por Campbell, Lo and MacKinlay (1997), que proviene del modelo propuesto inicialmente por Campbell y Schiller (1988). Este es una generalización del modelo original de Gordon y Shapiro (1956). El modelo de Campbell y Schiller tiene la virtud de ser un modelo de crecimiento dinámico, asumiendo endogeneidad mutua entre *dividend yield*, retorno observado de mercado y tasa de crecimiento de los dividendos. Además, permite que cada una de estas variables fluctúe estocásticamente a través del tiempo. A través del modelo se estimó el retorno de mercado esperado, $E(R_m)$, para el 2012 y 2013. Luego se sustrajo la tasa libre de riesgo (BCU a 5 años), con lo cual se obtuvo el PRM para el 2012 y 2013. Los datos usados para realizar la estimación corresponden al período enero 1982 a octubre 2014. En cuanto al parámetro retorno de mercado esperado, $E(R_m)$, la metodología posibilita la estimación de valores puntuales para cada año (valores condicionales o de corto plazo) a partir de los cuales es posible calcular valores incondicionales (esto es, representativo de períodos más largos de tiempo). Las estimaciones de los PRM incondicionales (promedio de 5 años) resultaron ser 7,76% para el 2012 y 7,1% para el 2013. MQA muestra que la estimación cumple con las condiciones estadísticas deseables (es estable e insesgada). Posteriormente, MQA (2017) estima nuevamente el PRM usando la misma metodología, pero solo con la información a partir del 2000 hasta el 2017⁴ y encuentra un PRM incondicional (promedio de 5 años) de 7,1% para el 2017 y uno de largo plazo de 6,9%, considerando la tasa libre de riesgo de bonos a 10 años. ALTAINVER (2019)⁵ estima un PRM incondicional (promedio de 5 años), considerando una tasa libre de riesgo de bonos de 10 años y usando datos desde el 2000 hasta el 2019. Se considera una tasa libre de riesgo de 1,22% (promedio de la TIR de BTU-7 para un periodo de 18 meses terminando en agosto de 2019). ALTAINVER (2022) con motivo de la determinación de una tasa de descuento para distribución eléctrica, usan el mismo modelo, ampliando el período de los datos hasta el 2021, obteniendo un PRM de 7%, considerando los bonos del Banco Central UF-10 años.

- [Modelos propuestos para países emergentes.](#)

³ MQA es una empresa consultora en finanzas cuyo fundador y principal socio es Carlos Maquieira.

⁴ Esto se debe a que no toda la información de 1982 a 1999 se encuentra públicamente disponible, lo cual dificulta replicar los resultados obtenidos.

⁵ ALTAINVER (Inversiones Maquieira Caro) es una empresa consultora en finanzas cuyo fundador y principal accionista es Carlos Maquieira.

A este respecto, se ha propuesto en la literatura la utilización de medidas indirectas para el cálculo del premio por riesgo esperado de mercado a través de identificar sus posibles componentes. La principal justificación teórica para este tipo de modelos es el tratamiento que otorgan al supuesto de integración de los mercados. Conceptualmente, si los mercados de capitales se encuentran perfectamente integrados, entonces el premio por riesgo de un mercado debe ser en equilibrio igual entre países. Sin embargo, si por restricciones a los mercados de capitales, restricción a los movimientos de capital o a la convertibilidad de la moneda, riesgo político, desprotección a los derechos de propiedad o asimetrías de información (entre muchas otras razones), la integración no es perfecta, entonces estos valores necesariamente difieren. Más aún, las menores posibilidades de diversificación en un mercado emergente con un mayor riesgo país y menor liquidez aseguran que esa diferencia sea estrictamente positiva a su favor, es decir, este debe presentar en equilibrio un premio por riesgo esperado mayor que el de un mercado más profundo. El problema consiste entonces en determinar cuán mayor debe ser esta diferencia y cómo estimarla.

Existen varias alternativas para resolver este problema, algunas construidas sobre sólidos argumentos teóricos. En todo caso, es claro que el PRM para países emergentes, como lo es el caso de Chile, no puede ser inferior al de Estados Unidos toda vez que tenemos un riesgo país más alto que Estados Unidos y además que en Chile hay menos posibilidades de diversificación, lo que llevaría a una volatilidad del mercado más alto y por consiguiente un premio mayor. El profesor Harvey (2005) resume doce modelos distintos que ayudarían a determinar retornos exigidos a nivel internacional. Sin embargo, sólo haremos referencia a tres de ellos, siguiendo sus recomendaciones. El señala lo siguiente con respecto a la estimación del premio por riesgo de mercado en países emergentes:

“For emerging markets, it is not so simple. It really depends on the how segmented the market is. Given that the assumptions of the CAPM do not hold, I avoid using the world version of the CAPM in these markets. I never use the CSFB model, the Ibbotson model, or the sovereign spread volatility ratio model. I will often examine a number of models such as the sovereign spread, Damoradan and the Erb, Harvey and Viskanta model and average the results.”(lo subrayado y resaltado es nuestro).

La sugerencia del profesor Harvey es examinar tres modelos (Erb, Harvey y Viskanta, modelo basado en clasificación de riesgo, Goldman Sachs, modelo de spread soberano, Damodaran). El modelo de Erb, Harvey y Viskanta no se podrá utilizar dado cambios metodológicos que discutiremos más adelante. Por otro lado, creemos que sería conveniente incorporar al menos una estimación que use sólo datos chilenos. En tal sentido, se implementará Campbell, Lo and MacKinlay (1997), que proviene del modelo propuesto

inicialmente desarrollado por Campbell y Schiller (1988)⁶, también llamado modelo de Gordon dinámico. Este método tiene como fundamento el modelo de Gordon, sin embargo, tiene la ventaja de ser dinámico, dejando que los datos históricos definan la mejor forma de modelar el retorno de mercado, las tasas de retornos de dividendos y el crecimiento de los dividendos. Uno de los potenciales problemas que presenta el modelo es la falta de estacionariedad de sus variables y necesario para la estimación VAR que se realiza. La propuesta de estimación es usar el promedio de los tres valores resultantes de usar cada uno de los modelos.

Sin lugar a dudas existen otros modelos en la literatura pero que dadas las características del mercado chileno no sirven apropiadamente al propósito de estimar el PRM más adecuado al caso de Chile ⁷.

A continuación, presentamos los modelos que podrían servir para estimar el PRM para Chile:

i) Modelo de clasificación de riesgo país

El modelo de clasificación de riesgo país se basa en las clasificaciones de riesgo de países que producen semestralmente el Institucional Investor, basado en encuestas a prestadores en más de 100 países. Esta encuesta provee una medida de riesgo esperado para una muestra amplia de mercados. Erb, Harvey y Viskanta (1996) autores de este modelo, proponen realizar una regresión en que los retornos de los países en dólares nominales son la variable dependiente, y la variable independiente es el logaritmo natural de la clasificación de riesgo país del período anterior. La regresión resultante permite estimar el retorno esperado de cualquier país, aun cuando éste no tenga datos de retornos. Duff & Phelps reportan que este modelo produce consistentemente resultados razonables, evita usar datos de economías no desarrolladas que pudieran ser inconsistentes o incompletas, y finalmente produce resultados relativamente estables. Ello les lleva a recomendar este método⁸. El modelo que ellos plantean es como sigue:

$$r_{it} = \alpha_i + \beta_i \ln(CCR_{local,t-1}) + v_{it}$$

Donde:

⁶ El jefe de proyecto (Carlos Maquieira) ha estimado este modelo desde el año 2014, el cual ya ha sido usado en procesos regulatorios anteriores sin que hayan existido discrepancias al respecto.

⁷ CAPM internacional, CAPM anidado globalmente (Globally Nested CAPM), Modelo de desviaciones estándar relativas (basado en el argumento de Merton).

⁸ La estimación a través de este método es provista para los 174 países en el reporte. El modelo es estimado con datos mensuales para un período de 10 años y con una muestra de 72 países.

$CCR_{local,t-1}$ es Country Credit Rating local en t-1.

i: indica el país “i”.

t: mes correspondiente al retorno de mercado utilizado.

α_i : constante asociada al país “i”

v_{it} : error de estimación

Una ventaja del uso de la estimación de este modelo por Duff & Phelps es que se calcula el premio por riesgo país bajo la perspectiva de diversos inversionistas. Es decir, podemos obtener directamente el retorno esperado de mercado para Chile al considerar la perspectiva de 72 inversionistas. Se supone un CRP de 0,00% cuando el país donde invierte el individuo es el mismo país donde él consume. Esto también puede ser muy útil cuando los flujos de caja de un proyecto o empresa no coinciden con el país en que los recursos están invertidos. Por lo tanto, mostraremos los resultados reportados por Duff & Phelps para Chile desde la perspectiva de un inversionista chileno.

El modelo es estimado usando datos de retornos mensuales, en moneda local para 72 países para un período de 30 años. A partir de 2017 se opta por utilizar una regresión que contenga sólo la información de los últimos 30 años a diferencia de las estimaciones previas que comenzaban todas en septiembre de 1979. Adicionalmente la medida de rating de riesgo país cambia pues Institutional Investor no lo reporta desde 2017 en adelante y esto lo realiza ahora Euromoney. Tanto el largo de la serie de retornos como el cambio en la fuente de información usada para la clasificación de riesgo de cada país no hace aconsejable utilizar los resultados de este modelo porque tal como se ha observado en procesos anteriores, se ha hecho necesario realizar un ajuste hacia arriba del retorno de mercado estimado para Chile pero claramente cuanto se debe ajustar no obedece a un criterio estadístico o financiero definido sino más bien intuitivo y basado en relación con la estimación de Estados Unidos.

ii) Modelo de spread soberano: Modelo de Goldman & Sachs

Este modelo consiste en hacer una regresión entre los retornos de la acción y los retornos del índice de acciones S&P 500. El beta resultante es multiplicado por el premio esperado del S&P 500. A esto se le agrega un factor adicional llamado “spread soberano”. Este último corresponde a la diferencia en la tasa de un bono de gobierno del país al cual pertenece la acción y el bono del tesoro norteamericano. Este método fue propuesto por Mariscal y Lee (1993).

$$E(R_{i,t}) = SS_i + \beta_{iw}E(R_{wt})$$

Hay varios problemas con este tipo de modelo. Primero, el factor adicional es el mismo para cada una de las acciones, aun cuando ellas pueden tener distinto grado de exposición al riesgo país. En segundo lugar, sólo se puede aplicar en países donde existen bonos de gobierno en dólares. Esto no es relevante cuando se está estimando el $E(R_m)$. Finalmente, el premio por

riesgo país asociado a la deuda es distinto al del patrimonio, por lo cual SS debiese estar ajustado por algún parámetro, probablemente mayor a 1, considerando la evidencia empírica en cuanto a riesgo país y premio por riesgo de mercado (relación positiva).

iii) Modelo de premio por riesgo de mercado maduro más un premio por riesgo país

Damodaran (2002) plantea alternativamente que este problema de integración parcial de los mercados de capitales puede ser aproximado descomponiendo el premio por riesgo de mercado en dos componentes fundamentales, el primero corresponde al premio por riesgo esperado para un mercado maduro (ej. EEUU) y el segundo a un premio por riesgo de mercado país. Este último podría ser estimado en base a ratings de deuda soberana asumiendo alguna relación entre el riesgo de no pago de esas deudas y el riesgo de mercado país. Sin embargo, empresas o sectores específicos no tienen necesariamente un mismo comportamiento frente al riesgo de mercado país. En este sentido, la solución que propone el autor es añadir un factor de riesgo adicional al premio de mercado que dice relación con la exposición específica a ese riesgo (sectorial o individual):

$$r_{it} = r_{ft}^*(1 - \beta_i) + \beta_i r_{mt}^* + \lambda_i s_{it} \frac{\sigma_m}{\sigma_b} + v_{it}$$

Donde: el asterisco indica las tasas respectivas del mercado de EEUU, s_{it} corresponde al spread de deuda soberana, σ_j para $j = (m,d)$ corresponde a la volatilidad del mercado bursátil y de deuda respectivamente -que se suponen constantes- y v_{it} es un error de estimación. El parámetro λ_i asociado a este nuevo factor de riesgo se puede estimar y en principio tiene las mismas dificultades que tiene la estimación del riesgo sistemático en el modelo CAPM.

El autor ha propuesto dos simplificaciones extremas para evitar el problema de estimación, la primera es suponer que el segundo parámetro es igual a uno, con lo que se asume que la empresa o sector comparte el mismo riesgo de mercado país que el resto de la economía y la segunda, que el parámetro es igual al beta, con lo cual se asume que el impacto específico al riesgo de mercado país es proporcional al riesgo sistemático relevante para esa empresa o sector. Finalmente, considera un ejemplo más razonable en que el parámetro es función de cuanto vende la empresa a nivel global: mientras mayor sea la venta a nivel global menor es el valor del parámetro λ_i . Sin embargo, asume un valor de 1,5 para este parámetro como un valor heurístico, el cual Damodaran lo ha ido actualizando a través de tiempo.

Una forma de utilizar la metodología propuesta por Damodaran evitando supuestos arbitrarios, consiste en estimar empíricamente $\beta_{i,w}$ y $\beta_{i,r}$, utilizando como factores de riesgo el retorno de un proxy del portafolio mundial y el retorno de los bonos soberanos, con la siguiente especificación:

$$r_{i,t} - r_{T20,t} = \alpha_i + \beta_{i,w}(r_{w,t} - r_{T20,t}) + \beta_{i,r}(r_{R,t} - r_{T20,t}) + \varepsilon_{i,t}$$

Esta ecuación implica regresionar el retorno del activo local en exceso del retorno del bono del Tesoro de EE.UU. a 20 años, contra el proxy del portafolio mundial y el retorno de invertir en el bono soberano, ambos en exceso del retorno del bono del Tesoro a 20 años. Si la constante no resulta ser significativamente distinta de cero, el resultado puede interpretarse como un portafolio imitador: éste estaría compuesto por β_{iw} invertido en el portafolio mundial, β_{ir} , en el bono soberano y $1 - \beta_{iw} - \beta_{ir}$, en el bono del Tesoro de EE.UU. Así la rentabilidad esperada del activo debe ser la de su portafolio imitador. Es importante destacar que la ecuación de más arriba puede generalizarse incorporando un factor de riesgo no específico a un país sino a una región o a países que comparten la característica de ser considerados “emergentes”, por ejemplo. La gran dificultad de realizar la estimación de más arriba es que en estricto rigor, si se habla de formar portafolios entonces se requiere contar con series de retornos para los bonos y no simplemente las tasas de rendimiento a la madurez (yield-to-maturity).

Finalmente, Damodaran (2013) propone utilizar los siguientes modelos para un país emergente:

$$PRM_{Chile} = PRM_{EEUU} + CDS \text{ o } Default \text{ Spread} \frac{\sigma_{Rm \text{ Chile}}}{\sigma_{CDS \text{ o } Default}}$$

Todos los años Damodaran entregan un valor actualizado de este premio por riesgo de mercado para varios países y se encuentra gratuitamente disponible en su página web.

iv) Modelo de Gordon Dinámico (basado en datos nacionales)

El modelo propuesto por Campbell, Lo y MacKinlay (1997), proviene del modelo desarrollado inicialmente por Campbell y Shiller (1988), es una generalización del modelo original de Gordon y Shapiro (1956). El modelo de Campbell y Shiller tiene la virtud de ser un modelo de crecimiento dinámico, asumiendo endogeneidad mutua entre dividend yield, retorno observado de mercado y tasa de crecimiento de los dividendos.

Considere la siguiente definición de rentabilidad de mercado:

$$R_{t,t+1} = \frac{P_{t+1} + D_{t+1}}{P_t} - 1$$

Donde: P_t corresponde al valor bursátil de la cartera de mercado por acción, D_t al valor corriente de los dividendos por acción y t es un índice que denota al tiempo.

Tomando valor esperado a ambos lados y asumiendo que $E_t[R_{t+1}] = R$ es constante en el tiempo, se tiene:

$$P_t = E_t \left[\frac{P_{t+1} + D_{t+1}}{1 + R} \right]$$

Donde: E_t simboliza al operador de expectativas con información al momento t .

Resolviendo recursivamente y bajo el supuesto de que el precio no crece indefinidamente a una tasa mayor que R , es posible reformular la ecuación anterior de la siguiente forma⁹:

$$P_t = E_t \left[\sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{1}{1+R} \right)^i D_{t+i} \right]$$

El modelo (estático) de Gordon y Shapiro (1956) se obtiene a partir de esta ecuación, bajo el supuesto adicional de que la tasa esperada de crecimiento en los dividendos es constante y conocida. No obstante, este último enfoque es simple, requiere que tanto las expectativas acerca del retorno de mercado como de la tasa de crecimiento de los dividendos sean estables en el tiempo, lo que usualmente no se verifica en los datos y dificulta significativamente la interpretación de la estimación obtenida¹⁰.

Lo anterior sugiere considerar un modelo teórico más flexible que el modelo tradicional de Gordon y Shapiro. En este contexto, Campbell, Lo y MacKinlay (1997) proponen aplicar el logaritmo natural a cada variable, obteniendo la siguiente solución:

$$R_{t,t+1} \approx \log(P_{t+1} + D_{t+1}) - \log(P_t) = p_{t+1} - p_t + \log(1 + \exp(d_{t+1} - p_{t+1}))$$

Donde: las variables en letras minúsculas corresponden a las respectivas transformaciones en logaritmos. El último término es una función no lineal del logaritmo natural de la tasa dividendo-precio o retorno por dividendo (*dividend yield*) definida por $\delta_t = d_t - p_t$. Note que la segunda expresión de la ecuación de más arriba es no lineal, por lo cual se puede aplicar la expansión de Taylor y transformar todo en una ecuación lineal.

Esta aproximación es exactamente igual a $r_{t,t+1}$ si el valor de δ_{t+1} es constante, luego, tomando valor esperado a ambos lados y resolviendo recursivamente se llega a la siguiente identidad:

$$p_t = c + E_t \left[\sum_{j=0}^{\infty} \rho^j [(1-\rho)d_{t+1+j} - r_{t,t+1+j}] \right]$$

donde: $(c, \rho)'$ son constantes apropiadas.

Considerando esta especificación, el retorno exigido esperado de la cartera de mercado puede variar en el tiempo, e igualmente su trayectoria obedece en todo momento a condiciones de consistencia relativas a la toma de decisiones bajo incertidumbre de un agente económico racional. La relación en la ecuación anterior es, en consecuencia, una generalización del

⁹ Este supuesto corresponde a una condición terminal que elimina la posibilidad de considerar burbujas especulativas en la determinación del precio de un activo.

¹⁰ Otro estimador del retorno exigido esperado de mercado que es frecuentemente utilizado y que está sujeto a las mismas deficiencias del modelo de Gordon es el promedio simple de los retornos observados. La posibilidad de considerar en la muestra retornos negativos que sesgan a la baja la estimación es una deficiencia adicional de este método, que resalta la necesidad de abordar que la tasa de rentabilidad a estimar debe ser *exigida* y por tanto no admite observaciones negativas.

modelo tradicional de Gordon y Shapiro. La relevancia de este modelo como representación adecuada para explicar la dinámica temporal del retorno exigido esperado del portafolio de mercado se deriva del hecho de que asume que la tasa de retorno de los dividendos (dividend yield), el retorno exigido de mercado y la tasa de crecimiento de los dividendos son todas variables mutuamente endógenas, y que varían en el tiempo en forma estocástica. De aquí se advierte que, sujeto a la validez del modelo teórico de expectativas racionales, la consideración parcial de la interacción dinámica entre esas variables conlleva problemas de sesgo en la estimación de los respectivos valores esperados.

Campbell y Shiller (1988) implementan este modelo a través de una representación VAR (Vector Auto-Regressive model). En particular, se define el vector $X'_t = (d_t - p_t, \Delta d_{t-1}, r_{t-1})$ donde el modelo estructural se puede escribir como $C(L)x_t = u_t$ con C un polinomio del operador de rezagos tal que la representación autoregresiva (de orden p) para x_t existe y satisface la siguiente restricción sobre los parámetros del modelo reducido subyacente (de orden 1) $Z_t = AZ_{t-1} + Bv_t$ ¹¹:

$$e1'(I - \rho A) = (e3' - e2')A$$

donde: $e1 = (1 \ 0 \ 0)$; $e2 = (0 \ 1 \ 0)$; $e3 = (0 \ 0 \ 1)$ por lo que se tiene $e1'z_t = d_t - p_t$, $e2'z_t = \Delta d_{t-1}$ y $e3'z_t = r_{t-1}$. La restricción anterior es necesaria para tener una estimación del valor esperado de la tasa exigida del retorno de mercado de largo plazo.

Esta restricción permite obtener la siguiente implicancia para el dividend-yield:

$$\delta_t = c' + E_t \sum_{j=0}^{\infty} \rho^j (r_{t+j} - \Delta d_{t+j})$$

con c' una constante apropiada,¹² situando el modelo para el valor esperado de la tasa exigida de rentabilidad de la cartera de mercado en un contexto de expectativas racionales.

Una vez obtenida la estimación del valor esperado del retorno de mercado exigido, el PRM se calcula simplemente restando a este valor la tasa representativa del retorno del instrumento libre de riesgo.

Es importante destacar que cada uno de los modelos tiene tanto fortalezas como debilidades. Ninguno de ellos por si solo nos entrega la mejor estimación del premio por riesgo de mercado para Chile. En el siguiente cuadro se detallan algunas fortalezas y debilidades.

¹¹ La representación autoregresiva (de orden 1) para Z_t es una representación alternativa y equivalente del modelo $C(L)x_t = u_t$ (companion form).

¹² Al definir las variables como desviaciones respecto de sus respectivas medias podemos prescindir de esta constante para construir pronósticos.

Cuadro 2. Fortalezas y Debilidades de Métodos de Estimación del PRM

Metodología	Fortalezas	Debilidades
Modelo de Campbell y Shiller	Modelo que integra conceptualmente muy bien los determinantes del retorno de mercado (<i>dividend yield</i> y tasa de crecimiento de los dividendos), sin necesidad de suponer valores fijos. Aceptado por la comunidad científica y altamente citado.	Complejo. Se requiere de aplicar econometría de series de tiempo (VAR). Se necesita un análisis cuidadoso de las series de tal forma de aplicar buena econometría para tener estimaciones adecuadas.
Premio por riesgo de mercado de EEUU más premio por riesgo país (Damodaran)	Considera que el PRM de un país emergente puede ser estimado con base en el PRM de un país maduro (EEUU) y por lo tanto sólo quedaría por agregar el premio por riesgo país equivalente para el mercado accionario. El modelo final propuesto de Damodaran obedece a intuición económica financiera y es fácil de implementar. Los inputs del modelo son sencillos de estimar.	Complejo, si se estima la propuesta original de Damodaran. Requiere contar con datos históricos tanto de bonos como de acciones del país en cuestión. Sólo aplica a esos países. No cuenta con el respaldo de la comunidad académica. Además de ser criticado por sustentarse en el CAPM, el otro problema guarda relación con el ajuste al premio por riesgo país, por la relación de volatilidad del mercado accionario y la volatilidad del mercado de deuda. ¹³ Además se ha comprobado que el premio implicado para EEUU es muy sensible a los supuestos de crecimiento de los dividendos.
Spread soberano (Goldman-Sachs)	Intuitivo y fácil de implementar	Puede duplicar (o subestimar) los riesgos asociados a los flujos de caja. Particularmente si el riesgo de no pago de un determinado país no es un buen proxy para la empresa que opera localmente.

¹³ Damodaran asume correctamente que la volatilidad del mercado accionario es mayor que la del mercado de bonos. Sin embargo, existe evidencia empírica que muestra una relación muy inestable entre ambas medidas de volatilidad y aunque ambas son estacionarias el comportamiento de las series de tiempo difiere (Reilly et al., 2000). Un mayor detalle de críticas al modelo de Damodaran puede ser encontrado en Kruschwitz et al. (2012).

Clasificación de riesgo país (Erb, Harvey and Viskanta)	Intuitivo, se puede aplicar a un número significativo de países. Cuenta con el respaldo de la comunidad académica.	Complejo. Se requiere aplicar econometría para obtener las estimaciones. Conforme a lo planteado por Duff & Phelps, el modelo es estable desde un punto de vista estadístico. Requiere contar con buena calidad de información del mercado accionario de un grupo grande de países. La estimación es sensible al período de tiempo que se escoja y los cambios introducidos el 2017.
--	--	--

En resumen, creemos que el PRM puede ser estimado siguiendo las recomendaciones del profesor Harvey (uno de los principales referentes en temas de finanzas internacionales¹⁴) y estimando el modelo de Campbell y Shiller. Este último tiene la ventaja de usar sólo datos locales y se cuenta con la información para realizar la estimación.

Harvey (2005) es uno de los principales referentes en cuanto a modelos para determinar retornos internacionales. El señala que sería conveniente usar un promedio de los modelos más apropiados al mercado emergente en cuestión. En este sentido se utilizarán algunas de las estimaciones de retornos de mercado exigidos realizados por Duff & Phelps y se analizará el comportamiento del modelo de Campbell y Shiller con datos del mercado chileno.

3.2 Revisión y análisis crítico de diversas metodologías para estimar el riesgo sistemático, con énfasis en la discusión generada entre académicos y diversos autores.

Resumen de las ventajas y desventajas de cada metodología analizada para estimar el riesgo sistemático.

La revisión y análisis crítico de diversas metodologías para estimar el riesgo sistemático que se presenta a continuación es válido para ambos sectores contenidos en este estudio: transmisión eléctrica y distribución de gas en red. Al final de esta sección se propone una forma específica para estimar betas y se ejemplifica con transmisión eléctrica. Sin embargo, lo único que cambia para distribución de gas en red es el sector industrial en que opera.

3.2.1 Metodología para estimar el Beta Patrimonial

¹⁴ Conforme a lo registrado por Google Citation (Citas en Google), él cuenta con más de 100.000 citas (<https://scholar.google.com/citations?user=cajqjGAAAAAJ&hl=es>).

El modelo CAPM en su forma tradicional predice que la tasa de rentabilidad esperada para una acción en equilibrio $E(R_i)$ puede representarse por la siguiente ecuación:

$$E(R_i) = R_f + [E(R_m) - R_f] \cdot \beta_i$$

Donde: β_i (beta patrimonial) mide el riesgo sistemático asociado a la empresa i y se define como la covarianza entre el retorno esperado de la acción y el retorno esperado del portafolio de mercado dividido entre la varianza de la rentabilidad del portafolio de mercado; R_f corresponde a la TIR del activo libre de riesgo y R_m a la rentabilidad del portafolio de mercado. En primer lugar, nos referiremos a la forma en que se puede estimar el beta patrimonial para luego concentrarnos en el beta de activos.

3.2.2 Metodología Estimación Tradicional

El riesgo sistemático es el único componente del modelo CAPM que es específico a la firma, en consecuencia, su correcta estimación es de gran importancia para implementar adecuadamente dicha teoría. El problema en la práctica es que el beta de una acción no es directamente observable y por tal motivo es necesario recurrir a técnicas estadísticas que permitan conocer su valor a partir de fuentes de información relevantes. La aproximación más común para su estimación es utilizar información bursátil en el contexto de un modelo de series de tiempo de los retornos de una acción que se transa en el mercado de valores, asumiendo que el riesgo sistemático es constante. Por lo tanto, el modelo CAPM implica la siguiente relación empírica, conocida como Modelo de Mercado en exceso de retornos:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i \cdot (R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it}$$

Donde: R_{it} es la rentabilidad total obtenida por un accionista de mantener la acción i que es observada en el período t , R_{ft} es la tasa libre de riesgo observada en el período t , R_{mt} es la rentabilidad observada del portafolio de mercado en período t , α_i es una constante, β_i es el riesgo sistemático de la acción y ε_{it} es un error de estimación asociado a la acción i .

Comúnmente, los parámetros (o constantes desconocidas, alfa y beta) del modelo de mercado se estiman a través una regresión lineal usando mínimos cuadrados ordinarios (MCO), puesto que entrega el mejor estimador lineal insesgado del beta¹⁵. Sin embargo, hay dos preguntas que se deben despejar en cuanto a la estimación del beta, una de ellas es cual debe ser la frecuencia de los datos para la estimación y cuál debe ser el horizonte de estimación. En relación a la primera pregunta la respuesta puede ser muy clara bajo ciertas circunstancias. Si se supone que los retornos accionarios no están serialmente correlacionados y que la

¹⁵ Esto es muy relevante bajo los requisitos que impone la ley pues se espera que el beta sea estadísticamente confiable. Esto lo interpretamos como un estimador estacionario, es decir valor esperado constante y varianza constante.

relación entre el retorno de mercado y el retorno de la acción bajo análisis es la misma para todas las frecuencias, entonces el uso de la frecuencia más alta (diariamente) supera a todas las demás alternativas pues entrega una estimación del beta con el menor error de estimación (beta más preciso). Esto ha sido claramente explicado y demostrado por Wright, Mason y Miles (2003). Por otro lado, Daves et al. (2000) reportan para Estados Unidos que para un período de entre dos a tres años con frecuencias diarias se minimiza el error estándar del beta estimado. Las condiciones exigidas por Wright et al. (2003) no necesariamente se cumplen en mercados emergentes pues en ellos es muy probable encontrar transacciones menos continuas para las acciones que para el portafolio de mercado cuando la frecuencia es diaria, esto lleva a una estimación del beta con sesgo hacia la baja. Adicionalmente, existe evidencia de que hay correlación serial positiva en los retornos diarios, lo cual si bien es cierto no sesga el beta por otro lado lo hace más ineficiente. En la medida que en la muestra de empresas tengamos acciones provenientes de países emergentes entonces no se hace muy conveniente el uso de estimaciones de betas con datos diarios. Por lo tanto, nos quedan dos alternativas, es decir, datos semanales y datos mensuales. Los datos semanales llevan a un menor error de estimación del beta comparado con los datos mensuales. Sin embargo, se debe tener en cuenta lo que plantea Hawawini (1983) referente a volúmenes transados, en el caso que las acciones tengan mayor nivel de transacciones que el promedio de las acciones componentes del portafolio de mercado entonces los betas suben cuando se pasa de datos mensuales a semanales y viceversa. Esto en principio hace recomendable que se estimen betas mensuales y betas semanales, puesto que ex ante no conocemos el comportamiento de la industria en cuanto a los volúmenes transados en cada país.

En cuanto al horizonte que se escoja, en general es preferibles escoger el período de dos años puesto que refleja de mejor forma el riesgo actual del negocio pues considera las características más recientes tanto del negocio como de la industria. En cuanto a las mejores prácticas de agencias de inversiones en el mercado, un claro referente es Bloomberg quien utiliza datos semanales para un período de dos años. Se agregan, agencias de inversión como Refinitiv (LSEG), J.P. Morgan, Morgan Stanley y Goldman Sachs en el uso de esta metodología.

En cuanto a la forma de estimación, en una especificación lineal como el modelo de mercado, es importante que el beta se mantenga estable en el tiempo. La consecuencia de que no se cumpla este supuesto es que la estimación del beta se encuentra sesgada y es inconsistente, en otras palabras, el valor estimado para el beta no puede ser interpretado como una medida razonable del riesgo sistemático y menos como un estimador insesgado del beta futuro. En este sentido, creemos que existen al menos dos razones por las cuales pudiera ser relevante trabajar con betas estocásticos en el tiempo. La primera de ellas guarda relación con el tamaño de la muestra de empresas de referencia a nivel internacional. Si se cuenta con una muestra pequeña, menos de 20 betas, entonces existe una alta posibilidad que el sesgo generado por el método de estimación sea relevante. En segundo lugar, cuando se trata de empresas

reguladas una estimación acuciosa del costo de capital es importante por el impacto final que tiene en el valor de la firma.

En base a la discusión realizada creemos que la mejor opción es usar datos semanales para un horizonte de 2 años. Finalmente, se calcularán betas estocásticos, usando datos semanales para el mismo horizonte, para eliminar potenciales sesgos debido al supuesto de betas constantes al usar el método tradicional de MCO (mínimos cuadrados ordinarios) para estimar betas.

3.2.3 Método Estimación de Betas Estocásticos

Considerando la abundante evidencia empírica que muestra un beta variable en el tiempo (estocástico), entonces proponemos realizar estimaciones bajo este supuesto. Esta variabilidad en el tiempo se puede deber a que la firma evidenció modificaciones importantes en su estructura de financiamiento durante el período, entonces no es razonable suponer que su beta patrimonial se haya mantenido constante en ese tiempo. Pero otras causas que provocan variaciones temporales en los betas del negocio son aumentos de tamaño y diversificación de negocios de las firmas, cambios en el leverage operacional, vulnerabilidad a ciclos económicos, modificaciones en el marco regulatorio, etc. Se pueden citar trabajos como los realizados por: Bogue (1973), Blume (1975), Fabozzi y Francis (1978), Fisher y Kamin (1978), Sunder (1980), Alexander y Benson (1982), Chen y Lee (1982), Ohlson y Rosenberg (1982) y, Boss y Newbold (1984). Por ejemplo, Fabozzi y Francis (1978) analizan 700 acciones que se transan en la Bolsa de Nueva York y encuentran que muchos betas se mueven en forma aleatoria en el tiempo y no son constantes como presume la estimación que se realiza por MCO. Ellos demuestran que al particionar el riesgo se confundirá el ruido con el cambio en el beta. Como resultado no será posible separar empíricamente los efectos de riesgo sistemático y no sistemático- esta implicancia resta valor a los muchos estudios empíricos citados por los autores. Hawawini (1983) presenta un modelo para explicar la dirección y el tamaño de los cambios resultantes de cambiar el intervalo muestral. El reporta que al extender el intervalo los betas de acciones de baja liquidez aumentan mientras que los betas de las empresas más líquidas disminuyen.

McDonald (1983) testea un modelo equivalente al de especificación de coeficiente aleatorio, reportando resultados significativos para el período 1976-1980. Posteriormente este mismo autor en 1985 publica un trabajo donde realiza estimaciones por el Método Generalizado de los Momento y Máxima Verosimilitud, encontrando que ambas metodologías tienen dificultades in detectar la presencia de un beta estocástico. Sin embargo, Máxima Verosimilitud domina al otro método en la capacidad de identificar variaciones aleatorias en el beta. Schwert y Seguin (1990) presentan evidencia adicional sugiriendo que los betas de firmas pequeñas y grandes pueden ser sensibles a la volatilidad del Mercado subyacente.

Posteriormente, Reyes (1999) extiende el modelo propuesto por Schwert y Segin y no encuentra resultados significativos para pequeñas y grandes empresas. En todo caso, el objetivo de este último estudio es considerar la relación entre el tamaño de la firma y la existencia de un beta estocástico.

Lin, Chen y Boot (1992) realizan un aporte interesante en esta área puesto que se ocupan de chequear si el beta es aleatorio, no estacionario y analizar los cambios en la media y varianza del coeficiente beta. Esto lo realizan a través del método variable-mean-response (VMR) modelos de coeficientes aleatorios en donde el problema de heterocedasticidad está presente. En el caso de considerar una especificación puramente aleatoria del beta, los resultados indican que cerca de la mitad de las 100 acciones consideradas tienen betas aleatorios. Esto claramente es un resultado que respalda el argumento de tratar el beta como aleatorio. Sin embargo, la presencia de una tendencia reduce la posibilidad que los betas sean aleatorios. Esto es especialmente cierto cuando la función de tendencia es parabólica. Por otro lado, los autores también muestran que mientras más largo el intervalo de tiempo, más betas son aleatorias, por lo cual se recomienda el uso de este supuesto cuando se tomen intervalos más largos.

Nieto, Orbe y Zarraga (2014) enfatizan la importancia que toma en la literatura la forma en que el beta estocástico se modela. El CAPM incondicional claramente no es respaldado por la evidencia empírica por lo cual se podría relajar uno de dos supuestos. El primero consiste en considerar un modelo multiperíodo (Merton (1973)) o bien suponer que tanto el retorno como el riesgo puede variar en el tiempo. En este último caso se ha supuesto un beta que puede variar en el tiempo con formas lineales y parabólicas, como lo han hecho Lin, Chen y Boot (1992) y, Lin y Lin (2000). Sin embargo, tanto resultados empíricos como simulaciones pueden llevar a una clara conclusión acerca de la mejor forma de modelar betas. Una de las alternativas más usadas es hacer un supuesto con respecto a la matriz de la covarianzas condicionales de los retornos, un enfoque del tipo modelos ARCH. En este contexto si se supone un GARCH (MGARCH) multivariado es posible estimar betas que varían con el tiempo. Nos encontramos con varios modelos de este tipo desarrollados en el tiempo, cabe destacar Bauwens, Laurent y Rombouts (2006), Silvennoinen y Terasvirta (2009) para una revisión de ellos. Algunos ejemplos del uso de modelos MGARCH pueden ser encontrados en Bollerslev, Engle y Wooldridge (1988), Ng (1991), De Santis y Gerard (1998) y más recientemente Choudhry (2005) y, Choudhry y Wu (2008), entre otros. Estos autores estiman 9 betas obtenidos para cada uno de los seis portafolios usando retornos diarios del Mercado accionario mexicano para el período 2003-2009. Los análisis de la estadística descriptiva muestran diferencias substanciales en el tiempo de estos nueve betas.

El análisis de series de tiempo claramente muestra que las estimaciones realizadas a través del filtro de Kalman reducen los errores de ajuste tanto en el modelo de mercado como en el CAPM. Al respecto, cabe destacar que existen otras experiencias internacionales en las

cuales las estimaciones de betas para el sector eléctrico toman en consideración los cambios en el tiempo¹⁶.

3.3 Metodología para Estimar el Beta de Activos

Nos referiremos a la selección muestral y a la metodología para desapalancar el beta patrimonial calculado a través de los métodos descritos en la sección anterior.

3.3.1 Selección Muestral

En primer lugar, se requiere contar con una muestra representativa de empresas que se dedican a la distribución de electricidad. La muestra más representativa es claramente una de carácter internacional, por lo cual se sugiere el siguiente procedimiento para la selección de la muestra:

- a) **Identificación de la Industria en que se encuentran las empresas de Transmisión Eléctrica:** Conforme a la clasificación sectorial existente en LSEG Workplace (ex Thompson Reuters-Eikon) se considerará las empresas clasificadas en el Sector servicios públicos eléctricos. Se trabajará inicialmente con toda la muestra y la única condición de selección será la ausencia de transacciones discontinuas, por lo cual la presencia bursátil no podrá ser inferior a un 80%.
- b) **Filtro de Actividad:** Se considerará un empresa como de Transmisión Eléctrica si al menos el 75% de los ingresos de la empresa provienen de ese segmento.
- c) **Estimación del Beta Tradicional:** Utilizar MCO para estimar los betas usando datos mensuales para un período de cinco años y semanales para cinco, cuatro y tres años.
- d) **Filtro Estadístico:** Se eliminarán de la muestra todos aquellos betas que cumplan con alguno de los siguientes criterios:
 - Regresiones no significativas.
 - Betas inestables, se usarán dos test (CUSUM y CUSUM cuadrado) y basta con que no cumpla con uno de ellos para que la empresa sea eliminada de la muestra¹⁷.

Una vez realizado el procedimiento anterior entonces estamos en condiciones de estimar el beta de activos (*unlevered beta*) de la muestra finalmente seleccionada. A continuación, explicamos como se obtiene el beta de activos (riesgo sistemático).

¹⁶ “Report on the Cost of Capital provided to Ofgen”, by Wright, Mason, Satchel, Hori and Baskaya. University of Cambridge, 2006.

¹⁷ La ley exige que el beta sea estadísticamente confiable, por lo cual se requiere que sea insesgado y estable.

3.3.2 Beta de los activos

- **Beta Ajustado**

El beta patrimonial obtenido para cada empresa de la muestra de referencia conviene ajustarlo considerando la evidencia empírica y las prácticas actuales de Bloomberg, Kroll/Duff & Phelps y Value Line. Blume (1975) mostró que los valores estimados de riesgo sistemático, betas, en un período son valores sesgados de las estimaciones realizadas en el futuro, y que los valores tienden a regresar a la media especialmente para las carteras de bajo riesgo.

Considerando que la tendencia a regresar a la media es estacionaria en el tiempo, Blume buscó corregir el sesgo que produce las estimaciones corrientes de los betas. El ejercicio realizado para esto fue regresar los valores estimados de β de un período con los valores estimados del período previo, de forma de predecir mejor los β futuros ($\beta_2 = a + b \cdot \beta_1$). Por ejemplo, la comparación entre los períodos de 7/61-6/68 y 7/54-6/61 arrojó: $\beta_2 = 0.399 + 0.546 \cdot \beta_1$. Lo que se concluye es que betas mayores que uno están sobreestimados, por lo cual deben ser ajustados a la baja. Por otro lado, los betas menores a 1 están subestimados, por lo cual se deben ajustar hacia arriba. En suma, los betas se acercan hacia el valor 1.

La práctica aceptada entre las agencias tipo Bloomberg, Value Line o Kroll/Duff & Phelps es ajustar los coeficientes beta a través del ajuste propuesto por Blume. La ecuación para el ajuste más usada en los procesos regulatorios de empresas del área energía (Duff & Phelps) es la siguiente:

$$\beta_{ajustado} = 0,371 + 0,635x\beta_{OLShistórico}$$

- **Beta patrimonial sin deuda o beta de activos (*unlevered beta*)**

Considerando que la gran mayoría de las empresas tienen deuda riesgosa entonces es adecuado utilizar la fórmula que se deriva del artículo de Miles y Ezzel (1985) para desapalancar el beta patrimonial ajustado. A este respecto se sigue la práctica de Duff & Phelps, la cual ha estado presente en estudios de tasas de costo de capital de empresas reguladas del sector de energía (al menos desde el 2017). Por lo tanto, la fórmula para desapalancar el beta del patrimonio es la siguiente:

$$\beta^u = \frac{\beta^e + \beta^b x (1 - t_c x \frac{k_b}{1 + k_b}) x \frac{B}{P}}{[1 + (1 - t_c x \frac{k_b}{1 + k_b}) x \frac{B}{P}]}$$

Donde:

β^u = beta patrimonial sin deuda o *unlevered beta*.

β^e = beta patrimonial con deuda ajustado o *adjusted equity beta*.

β^b = beta de la deuda o riesgo de la deuda.

k_b = costo de la deuda.

t_c = tasa de impuesto a las corporaciones o impuesto de primera categoría.

$\frac{B}{P}$ = razón de endeudamiento, valor presente de la deuda financiera dividido por valor bursátil del patrimonio (*market capitalization*). El valor de la deuda se aproxima por su valor contable.

Ahora nos referimos a cada uno de los parámetros que se incluyen en la fórmula de más arriba y que ayudan a determinar el beta desapalancado:

- a) **Relación de endeudamiento (B/P):** La relación deuda a valor económico de la empresa se obtiene como un promedio, entre el valor bruto de la deuda financiera a valor libro¹⁸ y el valor de capitalización bursátil de la empresa, para el mismo período de tiempo utilizado en la estimación del beta patrimonial. Luego a partir de ese promedio se calcula la relación entre valor libro de la deuda y el valor de capitalización bursátil.
- b) **Tasa de impuesto a las Corporaciones:** La tasa de impuestos a las empresas corresponde a la tasa publicada anualmente por KPMG (tasa marginal de impuestos).
- c) **Beta de la Deuda:** El beta de la deuda se estima de la siguiente forma:

$$\beta^b = \frac{Spread}{PRM}$$

El *spread* se refiere a la diferencia entre el costo de la deuda y la tasa libre de riesgo. En este sentido lo que se hace es considerar el promedio del *spread* asociado a cada clasificación de riesgo que la empresa tenga. Regularmente en Bloomberg hay más información para los ratings de Moody's y Standard and Poors que para Fitch Rating. Sin embargo, en LSEG Workplace (ex Thompson Reuters – Eikon) se puede acceder a una mayor cantidad de clasificaciones de riesgo. En caso de existir una sola clasificación para la empresa, entonces se usará el *spread* que corresponde a esa clasificación. Por otro lado, estas clasificaciones pueden no estar disponibles para algunas empresas. En este caso, se opta por utilizar el promedio de *spread* del resto de la muestra como aproximación. Por su lado, el PRM se obtiene usando el método de Damodaran, en la medida que trabajemos con empresas de varios países.

- d) **Costo de la Deuda:** Se estima como el *spread* de la deuda más la tasa libre de riesgo. En resumen, el procedimiento descrito anteriormente se realiza por cada una de las empresas seleccionadas que conforman la muestra de referencia relevante. Finalmente, se calculan medidas centrales de todos los betas de activos obtenidos (media, mediana y media armónica). Se escoge la medida central más adecuada a la existencia o no de valores extremos y el tamaño de la muestra. Este valor central se convierte en el estimador del beta de activos de transmisión eléctrica y distribución de gas en red.

¹⁸ Tanto en el artículo de Miles y Ezzel (1980) en la pág. 722 definen claramente a que se refieren con deuda “ B_{i-1} = the value of outstanding debt at time $i-1$ ” como en Miles y Ezzel (1985) se refiere a deuda financiera bruta y no neta. Esto se encuentra en la página 1488 dice “ D_0 is the level of current debt”.

- e) **Betas Estocásticos:** Creemos conveniente chequear el cambio que se puede producir en el beta al momento de cambiar el supuesto de MCO (beta constante) por el supuesto de beta estocástico. Esto se calcula para el beta patrimonial y luego se aplica la fórmula para desapalancar. Para el beta estocástico se ocupará el filtro de Kalmar.

3.3.3 Betas reportados por terceros

Nuestra propuesta es realizar las estimaciones de cada uno de los betas para luego obtener un estimador insesgado y estable para el beta del negocio de transmisión eléctrica y distribución de gas en red. Es importante recordar que la ley exige que el estimador sea confiable desde un punto de vista estadístico¹⁹. Esta es una de las razones fundamentales porque creemos que no es conveniente usar betas estimados por terceros.

1. Los distintos proveedores de betas (Duff & Phelps, Bloomberg, Damodaran y Value Line) no realizan pruebas estadísticas a los betas para establecer si son o no confiables. Esto es especialmente cierto en cuanto a la falta de test de estabilidad para los betas. No se puede verificar si las series de retorno de la acción y del mercado son estacionarias. Tampoco se chequea la autocorrelación de los errores, usando por ejemplo Durbin-Watson.
2. No se excluyen de la muestra compañías con baja presencia bursátil (menos del 80% de los días), firmas de muy reciente creación (menos de 2 años) o cuyo beta no sea significativo.
3. La mayoría de los proveedores de información suponen que la deuda de la empresa es libre de riesgo lo cual lleva a subestimar el beta del negocio, con excepción de Duff & Phelps.
4. La mayoría de ellos no identifican con claridad si el negocio corresponde a lo que se desea medir. En el caso de Duff & Phelps se requiere que al menos el 75% de los ingresos provengan de la actividad económica que se está considerando. Sin embargo, sólo lo realizan para acciones que transan en Estados Unidos lo cual puede restringir en forma importante el tamaño de la muestra y la representatividad de la misma.
5. La forma de llegar al beta del patrimonio sin deuda que ofrece Damodaran no solo tiene problemas técnicos en la forma de hacer el desapalancamiento sino que además supone que la deuda es libre de riesgo, con lo cual subestima el beta de los activos.

4 Objetivo Específico N°2: Análisis de Estudios anteriores y Discrepancias

¹⁹ Esto requiere al menos que la estimación de cada beta sea insesgado y estable en el tiempo.

4.1 Estudios Energéticos Consultores, titulado “Metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y para la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red”.

Como el objetivo fundamental es determinar la tasa de descuento, entonces nuestro análisis se centra en la forma en que se determinaron cada uno de los componentes de la tasa de costo de capital, tanto para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica como para la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red, es decir nos centramos en las secciones 5 y 6 del informe, no teniendo comentarios mayores en cuanto a las secciones previas (1-4). En primer lugar, presentamos por cada componente lo que hicieron los consultores e inmediatamente incorporamos nuestros comentarios. Ahora bien, dado que, en ambas estimaciones, de transmisión eléctrica y distribución de gas de red, la consultora aplica el mismo modelo CAPM, los dos primeros parámetros del modelo, tasa libre de riesgo (R_f) y premio por riesgo de mercado (PRM) se determinan de la misma manera por lo tanto el análisis de estos parámetros aplica a ambas estimaciones. La diferencia principal es la estimación del riesgo sistemático para cada una de las industrias.²⁰

4.1.1 Tasa Libre de Riesgo

Conforme a la ley se utilizan criterios de liquidez, estabilidad y montos transados (representatividad) para escoger el instrumento libre de riesgo. En cuanto a la estabilidad se recurre al coeficiente de variación para poder realizar la comparación entre los instrumentos. Para determinar la liquidez de cada instrumento se calculó como el cociente entre el número de días en que el instrumento fue comercializado y el total de días en que hubo transacciones de bonos en el mercado. Para analizar la representatividad se analizó la participación de cada uno de los instrumentos en los siguientes indicadores: montos transados; número de negociaciones y cantidad de bonos negociados. Finalmente, para determinar la estabilidad se calculó el coeficiente de variación, definido como el cociente entre la desviación estándar de una variable y una medida de tendencia central como la media. Este coeficiente de variación se calculó para los montos transados de cada instrumento, número de instrumentos transados y número de negociaciones.

Finalmente, el informe de Estudios Energéticos Consultores S.A. selecciona el BTU-5, ya que en cada uno de los criterios supera al resto de los bonos (7, 10, 20 y 30). El valor de la

²⁰ Si bien es cierto, R_f se estimó de la misma manera para ambas industrias, de acuerdo a la normativa de cada industria, existe una diferencia en el período para el cálculo del promedio de la tasa. En el caso de transmisión se utilizó 1 mes, en la distribución de gas de red, se tomaron seis meses para determinar el promedio.

tasa corresponde al promedio de los últimos seis meses en el caso del gas de red y al promedio de un mes, para el caso de transmisión eléctrica.

Comentarios

En lo referente a la estabilidad de la TIR se podría haber incorporado un análisis de la estabilidad de la tasa, puesto que una tasa altamente inestable generará inestabilidad en la tasa de costo de capital, lo cual no es recomendable pues se busca un estimador de largo plazo que entre otras cosas permita evaluar los proyectos de inversión. Se entiende que no se puede seleccionar un instrumento cuya tasa es estable cuando transa muy infrecuentemente en el mercado o tiene muy baja liquidez. Además, como la estabilidad se mide a través del comportamiento de montos transados, número de negocios y cantidad de bonos, entonces se requiere de una herramienta estadística que permita establecer si existen o no diferencias significativas en los coeficientes de variación entre los distintos instrumentos emitidos por el Banco Central. Tal herramienta existe y puede ser encontrada en Jerrold H. Zar (2010).

La ley de distribución de gas en red establece que la tasa libre de riesgo se deberá calcular como el promedio de seis meses, y la legislación eléctrica establece para transmisión eléctrica el promedio de un mes de la tasa.

4.1.2 Premio por Riesgo de Mercado (PRM)

Se escogen tres modelos para la estimación del PRM para Chile, a saber: Damodaran, Goldman-Sachs y Erb Harvey y Viskanta (EHV). Estos modelos de hecho son aconsejados por Harvey (2005) y usados en procesos previos de determinación de tasas de descuento. Sin embargo, tenemos algunas observaciones con respecto al uso de estos métodos. En primer lugar, los PRM no están estimados a la misma fecha: Damodaran estima a fines de junio 2021, EHV se usa información del 2019 con tasa libre de riesgo a agosto 2021 y Goldman-Sachs no se construye conforme a Duff & Phelps y es a junio 2021. Con todo esto Estudios Energéticos Consultores estima un premio en base al promedio de los tres métodos de 6,26% (Damodaran 5,25%, Goldman-Sachs 6,36% y EHV 7,18%). Finalmente, los consultores estiman la relación entre el retorno de Chile con Estados Unidos aplicando el CAPM Global y llegan a la conclusión que no será de utilidad pues no hay una diferencia significativa entre el retorno del mercado para Chile y Estados Unidos.

Comentarios

Creemos que el problema más serio en la estimación realizada son los supuestos usados para estimar PRM de acuerdo a Damodaran. En primer lugar, el PRM implicado de Damodaran de 4,38% para Estados Unidos no es consistente con la volatilidad del mercado accionario que se deduce del comportamiento del VIX. A raíz de la pandemia este muestra los niveles

más altos históricamente entre 2020 y 2021. El PRM implicado, estimado por Damodaran para Estados Unidos para el 2019 alcanzó un valor de 5,20%, aun cuando el VIX muestra un valor inferior comparativamente a 2020 y 2021. Es más, las estimaciones para el 2021 realizadas por terceros son superiores al 5%. El segundo problema en la estimación de PRM para Chile de Damodaran para el 2021 se refiere a la relación de volatilidades (volatilidad del mercado accionario relativa a la volatilidad del mercado de instrumentos de renta fija) puesto que si calculamos todo a agosto del 2021 la relación es de 1,14 y no 1,02 (usada por los consultores). En suma, este premio está subestimado a través de la metodología de Damodaran. Finalmente, gran parte de las estimaciones de PRM (excepto Goldman-Sachs)²¹ que se utilizan son en relación a un bono emitido por el estado con vencimiento a 10 años. Esto entonces requiere que se ajuste el PRM sumando la tasa del bono de diez (BTU-10) y sustrayendo la tasa del bono con vencimiento a 5 años (BTU-5). Esto hace subir el PRM tal como lo mostró CNE en su informe final.

4.1.3 Riesgo Sistemático (Beta)

4.1.3.1 Industria de Distribución de Gas de red

Los consultores estiman el riesgo sistemático sobre la base de 6 empresas norteamericanas pertenecientes al SIC 4924 (Natural Gas Distribution), a partir de una muestra inicial de 28 empresas.²² Se estima el beta para un período de 2 años con datos mensuales. Estos betas son ajustados por método de Blume y luego son desapalancados usando la fórmula de Miles y Ezzell (1985).

Comentarios

Si bien es cierto, llama la atención que finalmente se utilicen solo seis empresas norteamericanas, no tenemos comentarios al respecto toda vez que la muestra final utilizada

²¹ La estimación del premio por riesgo país tiene distintas alternativas tomando en cuenta que no todos los países cuentan con bonos soberanos. El primero consiste en obtener el spread asociado a los bonos soberanos (se toma el bono más largo). El spread es calculado como la diferencia entre la tasa de rendimiento a la madurez del país de interés menos la tasa de un bono del tesoro (USA) de madurez similar. Alternativamente (nivel 2), se corre una regresión entre las clasificaciones de riesgo de S&P y los spreads observados. Este método se emplea para países que no tienen bonos soberanos. En un tercer nivel, los premios por riesgo país son estimados a través de una regresión entre la clasificación realizada por Euromoney y los spreads observados. Este método se usa para aquellos países que no tienen bonos soberanos y tampoco poseen una clasificación de riesgo de S&P. En el caso de Chile se utiliza directamente la clasificación de riesgo de S&P considerando que existe un mercado de bonos soberanos.

²² Según los consultores sólo quedan 6 empresas puesto que son las que presentan presencia bursátil en los dos años (sep. 2019-agosto 2021).

fue el resultado de aplicar un criterio de selección sobre una muestra amplia como es la de Distribución de gas en red para el SIC 4924.

Sin embargo, se omitió la aplicación de un filtro sobre la estabilidad de los betas como podría ser Cusum cuadrado. Por otro lado, la muestra utilizada solo contiene empresas norteamericanas, dejando de lado muchas empresas de otros mercados que podrían ser representativas.

4.1.3.2 Industria de transmisión eléctrica

Los consultores estiman el riesgo sistemático sobre una muestra de empresas comparables que estuvo conformada por las empresas clasificadas bajo el código SIC 4911 (*Electric Services*), lo que resultó en un total de 133 empresas que presentaron operaciones bursátiles en el período 2000-2020. De este universo de empresas fueron eliminadas 60 de la muestra por no registrar presencia bursátil en los dos últimos años (sep 2019-ago 2021). Luego, dado que de las empresas que pasaron el primer filtro, no todas pertenecen exclusivamente a la industria de transmisión, el consultor aplicó un segundo filtro dejando solo aquellas cuyos ingresos provenientes de transmisión superaban el 75% del total de ventas. Con todo, finalmente quedaron seleccionadas 20 empresas de 7 países diferentes.

Finalmente, la consultora estimó el beta con datos mensuales para un horizonte de 2 años. Estos betas son ajustados por método de Blume y luego son desapalancados usando la fórmula de Miles y Ezzell (1985).

Comentarios:

Nos parece que la metodología para seleccionar las empresas es razonable, sin embargo, el consultor no reportó las significancias estadísticas de los betas estimados ni tampoco su estabilidad. Además, creemos necesario hacer estimaciones semanales, haciéndose cargo de cierta evidencia que muestra que el valor del beta se ve influenciado por el nivel relativo de transacción de la acción versus las acciones que componen el portafolio de mercado. Hawawini (1983) muestra que si la acción transa más que el mercado entonces los betas estimados con horizontes menores serán más altos. Es decir, un beta semanal sería más alto que un beta mensual. Además, se debe tener en cuenta revisar otros horizontes de inversión puesto que el uso de sep 2019 a agosto 2021 está contaminado en gran manera por la pandemia (COVID-19) y tal como se mostró anteriormente en ese período los betas subieron para el sector de *utilities*. Finalmente, el uso de datos mensuales, si bien es cierto mitiga el impacto de la pandemia, parece razonable, pero se debería usar un horizonte más largo en pro de tener mayor cantidad de observaciones.

4.2 Revisión y análisis de las observaciones y discrepancias formuladas al Informe Técnico que fija la tasa de costo de capital a que se refiere el artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas, que se aplicará en el cuatrienio 2022–2025 para los fines establecidos en dicha ley.

Revisamos y analizamos las observaciones y discrepancias formuladas al Informe Técnico que fija la tasa de costo de capital a que se refiere el artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas, que se aplicará en el cuatrienio 2022–2025 para los fines establecidos en dicha ley

Se considerarán el Informe Técnico Preliminar y el Informe Técnico Definitivo que corresponden a la Resolución Exenta N°448 y Resolución Exenta N° 535 de la CNE respectivamente. Una diferencia entre ambos informes es que en el Preliminar se obtienen observaciones y en el definitivo CNE se agrega un Anexo en que se resumen las discrepancias, con sus respectivos argumentos, de parte de las empresas en conjunto con la respuesta y argumentos de CNE.

En cuanto al Informe Definitivo de la CNE, se proponen los siguientes valores para cada uno de los componentes del costo de capital:

- **Tasa Libre de Riesgo:** promedio últimos seis meses previos al mes en que se fija la tasa de costo de capital anual. El instrumento escogido es el BTU-5. El valor de la tasa libre de riesgo se determina en diciembre cada año.
- **Premio por Riesgo de Mercado:** promedio de tres modelos (Damodaran, Goldman-Sachs y EHV) ajustado por diferencias en la tasa de libre (5 años versus 10 años). El valor con 10 años entrega un PRM de 6,26% pero una vez ajustado a una tasa libre de riesgo de 5 años el PRM es de 7,03%.
- **Beta o Riesgo sistemático del negocio:** Se estima sobre la base de 6 empresas norteamericanas pertenecientes al SIC 4924 (Natural Gas Distribution) y el valor promedio del beta del negocio (beta desapalancado) sería 0,512.
- **Factor individual por zona de concesión:** Constituye un factor adicional al CAPM tradicional que toma en cuenta diferencias de tamaño y riesgos específicos que enfrentan las empresas. En el cuadro que sigue se resume el factor individual por zona de concesión.

Cuadro 3: Factor individual por zona de concesión

Empresa concesionaria	Zona de concesión	Factor por tamaño	Factor por riesgos específicos	Factor individual
Lipigas	Antofagasta	0,00%	0,67%	0,34%
Lipigas	Los Lagos	0,00%	1,00%	0,50%
GasSur	Biobío	0,70%	0,33%	0,52%
GasValpo	Coquimbo	0,35%	1,00%	0,68%
GasValpo	Maule	0,35%	1,00%	0,68%
GasValpo	Valparaíso	0,35%	0,67%	0,51%
Intergas	Biobío	1,00%	0,67%	0,84%
Intergas	La Araucanía	1,00%	0,67%	0,84%
Metrogas	Libertador General Bernardo O'Higgins	0,00%	0,33%	0,17%
Metrogas	Metropolitana	0,00%	0,00%	0,00%
Metrogas	Los Lagos	0,00%	0,67%	0,34%
Empresas Gasco	Magallanes y de la Antártica Chilena	0,00%	0,67%	0,34%

A continuación, presentamos una revisión y análisis crítico de las discrepancias y argumentos presentados por las empresas. Esto lo haremos por cada uno de los componentes de la tasa de costo de capital para a distribución de gas de red y detallando las discrepancias presentadas por cada una de las empresas.

4.2.1 Tasa Libre de Riesgo

Empresas Gasco S.A., GasValpo S.A. y Metrogas S.A. presentan discrepancias en relación a la tasa libre de riesgo escogida por el regulador. Las tres empresas solicitan que el instrumento libre de riesgo sea el BTU-10. Además, Empresas Gasco S.A. abre la posibilidad a que sea el BTU-30. En el Cuadro 4 se resumen los argumentos de las tres empresas.

Comentarios

1. Horizonte: La Consistencia entre el horizonte de los proyectos de inversión o bien la duración de los flujos de caja con el horizonte de la tasa libre de riesgo está fuera de toda discusión, teniendo en cuenta que la Ley establece claramente las características que debe tener el instrumento libre de riesgo y entre ella no hace mención alguna al horizonte de la misma y menos que este debe guardar alguna relación con otros horizontes que enfrentan las empresas.
2. Liquidez: El período de estudio tanto para liquidez como estabilidad y montos transado está en función de cuando se realiza el estudio de la tasa. En tal sentido el estudio recoge el período de tiempo más cercano. No se condice con el análisis considerar un período que abarca hasta octubre de 2021. Adicionalmente, la ley no habla del instrumento más líquido, sino que basta que sea líquido por lo cual un

instrumento con presencia de 85% es líquido bajo el criterio financiero. Finalmente, no se debe olvidar que el instrumento escogido debe cumplir con tres requisitos: liquidez, estabilidad y montos transados.

3. Estabilidad: Concordamos en que la estabilidad de la tasa es un elemento a tener en cuenta cuando se selecciona entre los instrumentos. Sin embargo, tal como lo muestra CNE y posteriormente el Dictamen del Panel de Experto el BTU-5 tiene una tasa más estable que el BTU-10.
4. Precedentes: El uso de Dictamen del Panel de Experto 5-2017 para señalar que el bono con vencimiento a 10 años es el adecuado carece de lógica toda vez que la ley exige un período de análisis de 2 años recientes.

4.2.2 Premio por Riesgo de Mercado

Gasco S.A. es la única empresa que presenta discrepancia en cuanto a la estimación del PRM. Se cuestiona la metodología de Damodaran para determinar el PRM y se solicita que sea eliminada de la estimación del PRM. Los argumentos que esgrime la empresa son los siguientes:

1. Metodología cuestionada por la comunidad académica, especialmente en lo que respecta a la relación entre el sigma del retorno del mercado accionario y retorno del mercado de bonos (volatilidad).
2. Según la empresa falta incorporar la relación de volatilidades en la determinación del premio.
3. Se utiliza como argumento la forma de estimación utilizada en el último estudio de tasa de descuento para el sector de transmisión eléctrica (2017). En que los parámetros tanto de CDS como relación de volatilidad no son los usados por Damodaran en su estimación.

Cuadro 4: Discrepancias respecto a la Tasa Libre de Riesgo

Discrepancias de las Empresas en cuanto a la selección de la Tasa Libre de Riesgo		
Empresas Gasco S.A.	GasValpo S p A.	Metrogas S.A.
1. La tasa debe ser consistente con la duración de los flujos de caja. 2. No es consistente usar el BTU-05 a la luz de la realidad nacional, afectada por la pandemia y los retiros de los fondos de pensiones. 3. La resolución 426 (agosto 2017) consideró el BCU-10 para la determinación de la tasa libre de riesgo.	1. Se debe buscar la tasa libre de riesgo que mejor combine liquidez, estabilidad y montos transados. 2. Si se considera el período de noviembre 2019-octubre 2021 entonces el BUT-10 años tiene mayor liquidez que el BTU-5 años (98% vs. 85%). 3. En cuanto a la estabilidad no se estudia la TIR de los bonos emitidos por el Banco Central en UF. No correspondería considerar la estabilidad de los montos transados. Se cita el Dictamen 5-2017 del panel de experto en que se usa la desviación estándar de la TIR.(pag. 59). 4. Además el panel concluye que los instrumentos más adecuados son los bonos de 10 años.	1. La duración del instrumento escogido es inconsistente con la tasa usada para el cálculo del PRM. 2. Los plazos de inversión en el sector no están reflejados por un instrumento que vence a 5 años. 3. Los criterios de estabilidad difieren de los empleados por el Panel de Expertos y expuesto en el Dictamen 5-2017. 4. La selección de liquidez del instrumento no tiene en cuenta la normativa relativa a valores de presencia bursátil. 5. El BTU a 10 años reúne las condiciones que señala la ley.

4. Se argumenta en función del último estudio realizado para distribución eléctrica (2019) en que se cambia nuevamente el valor del CDS y el valor de la relación de volatilidades.
5. Los métodos empleados por Goldman-Sachs y Erb, Harvey y Viskanta muestran valores más estables para el PRM.

Comentarios

1. *Métodos para estimar PRM*: Tal como lo señala el profesor Harvey (2005) después de haber revisado 12 modelos distintos para estimar PRM, en cuanto a países emergentes él recomienda el uso de tres métodos simultáneos que luego promedia: Damodaran, Goldman-Sachs y Erb, Harvey y Viskanta. Se debe tener en cuenta lo discutido previamente a las estimaciones derivadas de este método, pues nos encontramos con dos problemas metodológicos, un cambio en el horizonte de la series de tiempo y un cambio en la medida de riesgo crediticio. La sugerencia de Harvey proviene del hecho de tener muy claro que ninguno de estos modelos (métodos) por sí solo entrega la respuesta a la compleja pregunta de cuanto es el PRM de un país emergente como Chile. Cada uno de los modelos tiene virtudes y desventajas. Lo que debe primar en la aplicación de los métodos es el sentido común. Se puede aplicar el método con valores diferentes, sin romper el principio sobre el cual está sustentado el modelo. En tal sentido, uno de los problemas que presenta en los últimos dos años la estimación que realiza Damodaran es el PRM de Estados Unidos. El cual ha estado por debajo del 5%, nivel que no es consistente si miramos el VIX²³ para 2020 y 2021. Es claro que ha estado en un nivel más alto con respecto a sus valores históricos y claramente cuando la percepción de la volatilidad en un mercado es mayor entonces el retorno que se exige también es mayor (a mayor riesgo esperado mayor retorno exigido). Por cierto, el año 2024 el VIX muestra menores niveles de volatilidad y en ese año Damodaran reporta un PRM implícito para USA de 4.33% Por su lado las tasas libres de riesgo en el mismo período estuvieron en bajos niveles. Entonces, ambos argumentos nos llevan a concluir que el PRM en Estados Unidos subió desde el 2019 al 2020 y fue levemente inferior en el 2021. Este comportamiento no está capturado por el PRM implicado que estima Damodaran. Se puede recurrir a otras estimaciones como KPMG International Corporate Finance o bien Duff & Phelps. Para el año 2021 el primero, estima un 5% y el segundo un 5,5%.

Un segundo aspecto a considerar es la relación de volatilidades, que efectivamente, Damodaran calcula para fines de junio en 1,02 (cifra muy distinta a las calculadas previamente). Sin embargo, si el cálculo se hace a fines de julio para mantener la consistencia con el resto de los parámetros usados entonces se obtiene un 1,12.

²³ Chicago Board Options Exchange Market Volatility Index

Solo haciendo esos dos ajustes se encuentra un PRM que está más en línea con los otros dos modelos.

2. *Valores usados en procesos anteriores:* Tanto en los procesos anteriores de transmisión eléctrica como en distribución eléctrica se usan valores de CDS distintos a los reportado por Damodaran en su página web. Esto es así porque no coinciden las fechas de estimación de Damodaran con la fecha usado por el estudio. Por lo tanto, los valores están actualizados a la fecha en que se calcula el PRM en el estudio. La relación de la volatilidad corresponde a un valor heurístico (1,5) que asumió Damodaran hace varios años y que en la actualidad es cuestionable considerando la información disponible para realizar la estimación. En los últimos años se observan relaciones de volatilidad que oscilan entre 1,12 y 1,25.

En suma, nuestra recomendación es que el método de Damodaran siga siendo usado, pero teniendo especial cuidado con los valores que se incluyen en la estimación del mismo.

4.2.3 Riesgo Sistemático

GasValpo SpA y Metrogas S.A. presentan discrepancias relativas al valor del riesgo sistemático. En ambos casos se solicita un incremento en el valor del riesgo sistemático. GasValpo inicialmente requiere un valor de 0,64 que lo ajusta posteriormente a 0,57. En el caso de Metrogas se solicita un riesgo sistemático de 0,574. Se debe tener en cuenta que el determinado por la CNE es 0,512.

Los argumentos de GasValpo son los siguientes:

1. La muestra presentaría dos tipos de sesgo: a) al considerar solo empresas de Estados Unidos entonces el único sistema regulatorio en la estimación sería el de *rate of return*, lo que no se condice con la realidad nacional y b) el tamaño de la muestra es muy pequeño (solo 6 empresas).
2. El Panel de Experto, en su Dictamen N°5-2017 señala que lo apropiado es considerar una muestra internacional de empresas. Aquellas listadas en Bloomberg y que guardan una estrecha relación con el negocio de distribución de gas en red (al menos el 75% de sus ingresos deben provenir de esta actividad), con información desde el 2012 al 2016.

Los argumentos de Metrogas son los siguientes:

1. El uso de patrimonio contable en la aplicación de la fórmula de Miles y Ezzel rompe con el supuesto del modelo en que el patrimonio es económico. Como regularmente el patrimonio contable es menor que el económico entonces se subestima el

leverage financiero (B/P) lo que se traduce en un beta de activos inferior al verdadero.

2. CNE utiliza datos con frecuencia mensual cuando lo más usado es datos semanales con frecuencias entre 2 y 5 años.
3. Las propiedades estadísticas de los betas estimados con datos mensuales son inferiores que los estimados con datos semanales.

Analizaremos los argumentos del Panel de Experto con respecto a las discrepancias de ambas empresas. Estas se encuentran en el Dictamen N°25-2021: Discrepancias sobre la determinación de la Tasa de Costo de Capital a que hace referencia el artículo 32 de la Ley de Servicios de Gas, para el cuatrienio 2022-2025 de fecha 22 de abril de 2022.

1. El Panel efectuó sus propios cálculos del coeficiente beta, con el objetivo poder tomar la mejor decisión frente a las discrepancias formuladas. Para ello escoge una muestra representativa de empresas dedicadas a la distribución de gas. Para ello, se siguió un procedimiento secuencial que incluyó: (i) la identificación de empresas del sector de distribución de gas, según la clasificación por industria proporcionada por Bloomberg, lo que permitió reunir un universo de 128 firmas cuyas acciones se cotizan en bolsa; (ii) la aplicación de un filtro por tipo de actividad, considerando únicamente aquellas cuyo ingreso proviene en al menos un 75% de la distribución de gas; (iii) el uso de filtros estadísticos orientados a la estabilidad de los datos; y (iv) la estimación individual del beta para cada empresa, utilizando datos mensuales correspondientes a un periodo de cinco años, mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y el ajuste de Blume. El período considerado para la estimación comprendió desde noviembre de 2016 hasta octubre de 2021.
2. A través de la fórmula de Miles y Ezzel se desapalancaron los betas patrimoniales, tomando como estimador de la medida central la mediana, por considerar que este estadígrafo es el más apropiado para el caso bajo análisis, ya que tiene la cualidad de mitigar el problema derivado de la presencia de valores extremos en la muestra. El Panel no consideró una estructura de capital contable, ya que por una parte no corresponde a la definición del modelo seminal de Modigliani y Miller (1963) y Miles y Ezzel (1985), y por otra, en general, emplear datos contables tiende a sobre estimar la relación de endeudamiento y subestimar el beta de activos.
3. Aplicando el método antes indicado, la muestra final es de 29 empresas, la que fue analizada considerando valores mensuales para un periodo de cinco años. Se consideró este criterio como caso base, ya que en la práctica, regularmente consultores y empresas de inversiones y asesoras tales como Value Line, Kroll/Duff & Phelps utilizan datos mensuales en un período de 5 años. Luego, como resultado se obtuvo un valor de beta de 0,510. En consistencia con lo realizado en el Dictamen N°5-2017 del Panel, no se excluyeron los casos para los cuales el estadístico t del beta fuera menor que dos. Cabe destacar que, el valor antes presentado se incrementa a 0,527 si se considera la exclusión de la muestra de los

betas con un estadístico t menor a dos. Esta variación menor, evidencia la robustez del valor empleado por el Panel, cualquiera sea el criterio que se emplee respecto al uso de las pruebas de significancia.

4. Considerando que también en la práctica de estimación de betas se usan datos semanales, se hicieron las sensibilidades correspondientes considerando series semanales de cinco y cuatro años. En promedio, los valores resultantes oscilan entre 0,514 y 0,467 (muestra con y sin China y Hong Kong), valores que se modifican a 0,525 y 0,472, excluyendo de la muestra los betas cuyo estadístico t es menor a dos. A juicio del Panel, estos resultados también corroboran la robustez del caso base.

En resumen, del análisis realizado por el Panel se concluye que, considerando el caso base, se obtiene un beta de 0,510, valor que está más cercano al determinado por la CNE que al menor de los valores solicitados por las empresas discrepantes.

Por lo anterior, el Panel rechaza las peticiones de las discrepantes.

Comentarios

1. Muestra: El valor del beta obtenido por el Panel de Expertos claramente muestra un análisis exhaustivo en cuanto a la forma de estimación. En primer lugar, usar una muestra internacional permite generalizar con respecto al beta de los activos. Por otro lado, se aplica a la muestra dos filtros relevantes: i) empresa realmente pertenezca a la actividad de distribución de gas en red y ii) exigir que los betas sean estables desde un punto de vista técnico.
2. Horizonte: En la práctica Duff & Phelps, Value Line y Damodaran utilizan períodos de 5 años con datos mensuales. Además, otros recomiendan el uso de datos semanales (ej. Bloomberg). Hay argumentos tanto en pro como en contra del uso de una u otra frecuencia. Considerando que a nuestro entender no es concluyente el uso de uno u otro método, lo más conveniente es calcular betas con datos mensuales (5 años) y datos semanales (5, 4 y 3 años). Esto permitiría dar robustez a la estimación.
3. *Leverage* Financiero: El uso de la fórmula de Miles y Ezzel (1985) debe incorporar el patrimonio económico, de otra manera la fórmula no se puede usar.
4. Deuda Bruta vs Deuda Neta: En las estimaciones que realiza GasValpo se usa deuda neta (deuda financiera-caja). Conforme al modelo de Miles y Ezzel lo que corresponde es usar deuda bruta (deuda financiera).
5. El filtro adicional que recomendamos utilizar es exigir que el beta patrimonial sea significativamente distinto de cero, desde un punto de vista estadístico. Regularmente el beta puede estar cercano a cero por transacciones discontinuas. En todo caso si no se prueba estadísticamente que el beta patrimonial es distinto de cero entonces

estamos frente al problema de tomar un beta de una acción que no se comporta conforme al Modelo de Mercado. Por lo tanto, el CAPM no es aplicable. Se espera que, tanto para transmisión eléctrica como para distribución de gas, el modelo de mercado se verifica.

4.3 Revisión y análisis crítico a las observaciones relativas a la tasa de descuento formuladas a las Bases Técnicas y Administrativas para la realización de los Estudios de Valorización de las Instalaciones de los Sistemas de Transmisión para el período 2024– 2027.

Se considerará la Resolución Exenta N°588 del 30 de diciembre de 2022, donde se aprueba el informe técnico preliminar que fija la tasa de descuento a que hace referencia el artículo 118° de la Ley General de Servicios Eléctricos y la respuesta entregada por la CNE a las 897 observaciones que les fueron formuladas. Las observaciones en conjunto con las respuestas entregadas por la CNE se encuentran contenidas en un archivo denominado “Respuesta Observaciones PUII.pdf”. En todo caso, para nuestra revisión y análisis son solo relevantes todas aquellas observaciones que guardan relación con la tasa de descuento. En este caso son 14 observaciones, las contenidas en el documento.

En el cuadro que sigue agrupamos las discrepancias de acuerdo al nombre de la empresa o asociación. Posteriormente, mostramos un cuadro resumen que muestra las discrepancias de acuerdo al componente de la tasa de descuento que se trate, es decir: Tasa libre de riesgo, premio por riesgo de mercado y riesgo sistemático.

Cuadro 5: Discrepancias respecto a la Tasa Libre de Riesgo, Premio por Riesgo de Mercado y Riesgo Sistemático

N°	Empresa	Disposición Observada de las Bases	Observación	Propuesta	Respuesta
315	Interchile S.A.	7.- ANEXO 9 QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	Las empresas que se consideran para la comparación, de cara al cálculo del riesgo sistémico no representan necesariamente la realidad de una empresa como la que se quiere modelar en el estudio, que opera en Latinoamérica.	Incluir en el ejercicio de comparación un mayor número de empresas latinoamericanas.	No se acoge la observación. Esta Comisión considera que la muestra de empresas considerada para determinar el riesgo sistemático es representativa. Cabe precisar, tal como se señala en el Informe Técnico, que la muestra final se obtiene a partir de una muestra inicial de 133 empresas candidatas con código SIC 4911, que presentaron operaciones bursátiles en el periodo 2000 - 2020, a las cuales se les aplicaron filtros de presencia bursátil y de actividad (75% de los ingresos provengan de ventas asociadas a transmisión y/o distribución), obteniéndose una muestra final de 20 empresas.
316	Interchile S.A.	8.- ANEXO 9 QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	El costo de la deuda usado para calcular el riesgo sistémico resulta muy bajo, y escapa de la realidad actual que significa para las empresas contraer una deuda.	Incluir en el ejercicio de comparación un mayor número de empresas latinoamericanas, con costos de la deuda más representativo de la realidad del segmento.	No se acoge la observación. Esta Comisión considera que la muestra de empresas considerada para determinar el riesgo sistemático es representativa. Cabe precisar, tal como se señala en el Informe Técnico, que la muestra final se obtiene a partir de una muestra inicial de 133 empresas candidatas con código SIC 4911, que presentaron operaciones bursátiles en el periodo 2000 - 2020, a las cuales se les aplicaron filtros de presencia bursátil y de actividad (75% de los ingresos provengan de ventas asociadas a transmisión y/o distribución), obteniéndose una muestra final de 20 empresas.
317	Interchile S.A.	9.- ANEXO 9 QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	Se debe ser muy preciso respecto a que la tasa de rentabilidad libre de riesgo y el premio por riesgo respondan a la misma moneda. Aparentemente se están sumando tasas en dólares con tasas en UF, lo que no sería correcto.	Se solicita corregir y homologar las tasas, de manera de asegurarse que respondan a la misma moneda.	No se acoge la observación. El premio por riesgo de mercado corresponde a la diferencia entre la rentabilidad de mercado y la rentabilidad libre de riesgo. El premio por riesgo de mercado para Chile (mercado emergente) se estima a partir del premio por riesgo de mercado de un país desarrollado (EE.UU.) mediante tres metodologías. Dado que los premios por riesgos internacionales, en general, consideran tasas libres de riesgo estimadas con plazos mayores a 5 años, se realiza un ajuste al premio por riesgo de mercado estimado de acuerdo con lo señalado precedentemente, el que consiste en sumar la diferencia de rentabilidades entre instrumentos reajustables en UF de 10 y 5 años plazo. En consecuencia, no se están sumando tasas en distintas monedas.

N°	Empresa	Disposición Observada de las Bases	Observación	Propuesta	Respuesta
318	Interchile S.A.	10.- ANEXO 9 QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. 1. TASA LIBRE DE RIESGO	Se están usando tasas de plazos 5-10 años para valorizar activos de vidas útiles sobre los 40 años.	Escoger los instrumentos financieros que mejor representen la realidad de los activos que se valoricen, en este caso serían instrumentos de largo plazo, y no de 5 o 10 años.	No se acoge observación
					Esta Comisión comparte lo señalado por el Panel de Expertos en su Dictamen N°6-2018 (materia 9: Tasa libre de riesgo), en cuanto a que para determinar el alcance de la consistencia entre el plazo de los instrumentos financieros con el horizonte de planificación de la empresa eficiente, se debe recurrir a la teoría financiera, concluyéndose que "la consistencia en el plazo del instrumento libre de riesgo con el horizonte de planificación de la empresa eficiente se debe entender, primeramente, como similitud en la duración económica del instrumento y los flujos netos asociados a la inversión de una empresa que ha planificado eficientemente su desarrollo".
319	Interchile S.A.	11.- ANEXO 9 QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. 2. PREMIO POR RIESGO DE MERCADO	No es claro por qué es necesario corregir el premio por riesgo de mercado estimado por las metodologías escogidas por el retorno promedio de los BTU-10, tampoco es claro por qué se usa ese y no otro.	Favor aclarar.	Se acoge la observación.
					El premio por riesgo de mercado corresponde a la diferencia entre la rentabilidad de mercado y la rentabilidad libre de riesgo. El premio por riesgo de mercado para Chile (mercado emergente) se estima a partir del premio por riesgo de mercado de un país desarrollado (EE.UU.) mediante tres metodologías. Dado que los premios por riesgos internacionales, en general, consideran tasas libres de riesgo estimadas con plazos mayores a 5 años, se realiza un ajuste al premio por riesgo de mercado estimado de acuerdo con lo señalado precedentemente, el que consiste en sumar la diferencia de rentabilidades entre instrumentos reajustables en UF de 10 y 5 años plazo.
466	GRUPO SAESA	ANEXO 9. "TASA DE DESCUENTO", 1. TASA LIBRE DE RIESGO.	En esta sección se analizan las características de liquidez, estabilidad y montos transados de los distintos instrumentos reajustables en moneda nacional. Se concluye que el BTU con un plazo de 5 años al vencimiento presenta las mejores características, definiéndolo como el instrumento para determinar la tasa libre de riesgo. Sin embargo, las inversiones de infraestructura tienen un plazo mucho mayor, teniendo algunos activos una vida útil regulatoria de hasta 50 años.	Se solicita utilizar un instrumento para la tasa libre de riesgo acorde a la vida útil de los activos a financiar. En caso de no encontrarse en el mercado nacional, se solicita utilizar un instrumento extranjero,	No se acoge la observación. Esta Comisión comparte lo señalado por el Panel de Expertos en su Dictamen N°6-2018 (materia 9: Tasa libre de riesgo), en cuanto a que para determinar el alcance de la consistencia entre el plazo de los instrumentos financieros con el horizonte de planificación de la empresa eficiente, se debe recurrir a la teoría financiera, concluyéndose que "la consistencia en el plazo del instrumento libre de riesgo con el horizonte de planificación de la empresa eficiente se debe entender, primeramente, como similitud en la duración

			Las empresas buscan financiamiento en un plazo similar a la duración de sus activos, lo que es mayor a los 5 años planteados para la tasa libre de riesgo. Si bien el BTU-5 tiene las mejores características de liquidez, estabilidad y montos transados, no se condice con la realidad de las empresas.	ajustándolo por la tasa de riesgo país.	económica del instrumento y los flujos netos asociados a la inversión de una empresa que ha planificado eficientemente su desarrollo".
N°	Empresa	Disposición Observada de las Bases	Observación	Propuesta	Respuesta
676	Transelec S.A.	ANEXO 9 INFORME TÉCNICO PRELIMINAR QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS 1- TASA LIBRE DE RIESGO	En el informe de tasa se justifica el uso de la tasa libre de riesgo usando un bono con plazo a 5 años basándose solamente en criterios de coeficientes de variabilidad de montos transados para distintos plazos y no considera ningún argumento relacionado a la consistencia con el horizonte de planificación de la empresa eficiente como lo indica expresamente la ley. usar un costo de oportunidad a 5 años no es el indicado para la empresa eficiente ya que esta antes de poder recibir los ingresos fijados en la tarifa por 4 años primero debe construir el sistema de transmisión eléctrico. Es importante considerar que bajo las tecnologías actuales la mayor parte de las obras del sistema de transmisión eléctrico tiene plazos de construcción de 3 o más años. También es importante considerar que la empresa eficiente mantiene capital inmovilizado desde el inicio del periodo de construcción (ya sea a través de garantías, capital inmovilizado por obras en curso y/o compromisos de construcción futuros) y dado que tendrá los 4 años posteriores a la construcción como ingresos sin riesgos de re-tarificación tiene un costo de oportunidad que debe medirse usando tasas libres de riesgos compatibles con el horizonte de planificación. Adicionalmente a lo anterior el horizonte de planificación de la empresa eficiente no terminará una vez finalizado el primer ciclo tarifario de 4 años ya posteriormente aún podrá acceder a las tarifas futuras enfrentando un riesgo de re-tarificación cada 4 años.	Se solicita incorporar en el cálculo de la tasa de descuento de la empresa eléctrica y usar plazos de tasas libres de riesgos compatibles con el horizonte de planificación.	No se acoge la observación. Esta Comisión comparte lo señalado por el Panel de Expertos en su Dictamen N°6-2018 (materia 9: Tasa libre de riesgo), en cuanto a que para determinar el alcance de la consistencia entre el plazo de los instrumentos financieros con el horizonte de planificación de la empresa eficiente, se debe recurrir a la teoría financiera, concluyéndose que "la consistencia en el plazo del instrumento libre de riesgo con el horizonte de planificación de la empresa eficiente se debe entender, primeramente, como similitud en la duración económica del instrumento y los flujos netos asociados a la inversión de una empresa que ha planificado eficientemente su desarrollo".

677	Transec S.A.	ANEXO 9 INFORME TÉCNICO PRELIMINAR QUE FIJA LA TASA DE DESCUENTO A QUE SE REFIERE EL ARTÍCULO 119° DE LA LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS 2. PREMIO POR RIESGO DE MERCADO	Metodología de cálculo para el PRM: El cálculo considerado contempla el promedio de 3 metodologías diferentes: Damodaran, Goldman Sachs y EHV. Las metodologías de Goldman Sachs y EHV son representativas de empresas que se encuentran inmersas en la coyuntura del mercado, a diferencia de Damodaran, cuya metodología presenta un fundamento teórico y sólida base reputacional, pero no considera en su totalidad la información de la realidad actual del mercado, que es lo requerido para el cálculo del PRM. El resto de los indicadores utilizados sí consideran en sus metodologías la información de la realidad actual y logran representar de mejor manera el periodo de análisis del Estudio Tarifario.	Se solicita considerar sólo las metodologías de cálculo de Spread soberano (Goldman-Sachs) y Clasificación riesgo país (Erb, Harvey y Viskanta) para la determinación del PRM, excluyendo del cálculo la metodología Damodaran	No se acoge la observación. Las tres metodologías utilizadas para determinar el premio por riesgo de mercado tienen sus ventajas y desventajas, por lo que se sigue lo señalado por Campbell R. Harvey (uno de los autores del modelo de clasificación de riesgo país), en cuanto a que como no es simple estimar el costo de capital para mercados emergentes, él utiliza una serie de modelos, como el spread soberano, Damodaran y Erb, Harvey y Viskanta, y luego promedia los resultados.
N°	Empresa	Disposición Observada de las Bases	Observación	Propuesta	Respuesta
793	Empresa de Transmisión Eléctrica Transmel S.A.	116.-ANEXO N°9: Estudio que fija la Tasa de Descuento a que se refiere el artículo 119° de la LGSE 2. Premio por riesgo de mercado	En el segundo párrafo de este numeral se indica: "En el Estudio Tasa de Descuento se estimó el premio por riesgo de mercado de acuerdo con tres metodologías: a) Premio por riesgo de mercado maduro más premio por riesgo país (Damodaran); b) Spread soberano (Goldman-Sachs); y c) Clasificación riesgo país (Erb, Harvey y Viskanta)."	¿Cuál es la fuente de datos nacional o internacional que permiten calcular el premio por riesgo tal que se puedan obtener estimaciones confiables desde el punto de vista estadístico tal como lo establece el Artículo 66° del Reglamento (Decreto 10/2019)?	No se acoge la observación. La fuente de información se señala en el estudio establecido en el artículo 119° de la LGSE y que utiliza como antecedente para la elaboración del informe técnico de la tasa.
854	Asociación de Transmisoras de Chile	ANEXO 9 Informe Técnico Preliminar que fija la tasa de descuento a la que se refiere el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos 1. TASA LIBRE DE RIESGO	Se están usando tasas de plazos 5-10 años para valorizar activos de vidas útiles sobre los 40 años.	Escoger los instrumentos financieros que mejor representen la realidad de los activos que se valoricen, en este caso serían instrumentos de largo plazo, y no de 5 o 10 años.	No se acoge la observación. Esta Comisión comparte lo señalado por el Panel de Expertos en su Dictamen N°6-2018 (materia 9: Tasa libre de riesgo), en cuanto a que para determinar el alcance de la consistencia entre el plazo de los instrumentos financieros con el horizonte de planificación de la empresa eficiente, se debe recurrir a la teoría financiera, concluyéndose que "la consistencia en el plazo del instrumento libre de riesgo con el horizonte de planificación de la empresa eficiente se debe entender, primeramente, como similitud en la duración económica del instrumento y los flujos netos asociados a la inversión de una empresa que ha planificado eficientemente su desarrollo".
855				Favor aclarar.	Se acoge la observación.

	Asociación de Transmisoras de Chile	ANEXO 9 Informe Técnico Preliminar que fija la tasa de descuento a la que se refiere el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos. 2. PREMIO POR RIESGO DE MERCADO	No es claro por qué es necesario corregir el premio por riesgo de mercado estimado por las metodologías escogidas por el retorno promedio de los BTU-10, tampoco es claro por qué se usa ese y no otro.		El premio por riesgo de mercado corresponde a la diferencia entre la rentabilidad de mercado y la rentabilidad libre de riesgo. El premio por riesgo de mercado para Chile (mercado emergente) se estima a partir del premio por riesgo de mercado de un país desarrollado (EE.UU.) mediante tres metodologías. Dado que los premios por riesgos internacionales, en general, consideran tasas libres de riesgo estimadas con plazos mayores a 5 años, se realiza un ajuste al premio por riesgo de mercado estimado de acuerdo con lo señalado precedentemente, el que consiste en sumar la diferencia de rentabilidades entre instrumentos reajustables en UF de 10 y 5 años plazo.
N°	Empresa	Disposición Observada de las Bases	Observación	Propuesta	Respuesta
856	Asociación de Transmisoras de Chile	ANEXO 9 Informe Técnico Preliminar que fija la tasa de descuento a la que se refiere el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	Las empresas que se consideran para la comparación, de cara al cálculo del riesgo sistémico no representan necesariamente la realidad de una empresa como la que se quiere modelar en el estudio, que opera en Latinoamérica.	Incluir en el ejercicio de comparación un mayor número de empresas latinoamericanas.	No se acoge la observación. Esta Comisión considera que la muestra de empresas considerada para determinar el riesgo sistemático es representativa. Cabe precisar, tal como se señala en el Informe Técnico, que la muestra final se obtiene a partir de una muestra inicial de 133 empresas candidatas con código SIC 4911, que presentaron operaciones bursátiles en el período 2000 - 2020, a las cuales se les aplicaron filtros de presencia bursátil y de actividad (75% de los ingresos provengan de ventas asociadas a transmisión y/o distribución), obteniéndose una muestra final de 20 empresas.
857					No se acoge la observación.

	Asociación de Transmisoras de Chile	ANEXO 9 Informe Técnico Preliminar que fija la tasa de descuento a la que se refiere el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	El costo de la deuda usado para calcular el riesgo sistémico resulta muy bajo, y escapa de la realidad actual que significa para las empresas contraer una deuda.	Incluir en el ejercicio de comparación un mayor número de empresas latinoamericanas, con costos de la deuda más representativo de la realidad del segmento.	Esta Comisión considera que la muestra de empresas considerada para determinar el riesgo sistemático es representativa. Cabe precisar, tal como se señala en el Informe Técnico, que la muestra final se obtiene a partir de una muestra inicial de 133 empresas candidatas con código SIC 4911, que presentaron operaciones bursátiles en el período 2000 - 2020, a las cuales se les aplicaron filtros de presencia bursátil y de actividad (75% de los ingresos provengan de ventas asociadas a transmisión y/o distribución), obteniéndose una muestra final de 20 empresas.
858	Asociación de Transmisoras de Chile	ANEXO 9 Informe Técnico Preliminar que fija la tasa de descuento a la que se refiere el artículo 119° de la Ley General de Servicios Eléctricos. 3. RIESGO SISTEMÁTICO	Se debe ser muy preciso respecto a que la tasa de rentabilidad libre de riesgo y el premio por riesgo respondan a la misma moneda. Apparently se están sumando tasas en dólares con tasas en UF, lo que no sería correcto.	Se solicita corregir y homologar las tasas, de manera de asegurarse que respondan a la misma moneda.	No se acoge la observación. El premio por riesgo de mercado corresponde a la diferencia entre la rentabilidad de mercado y la rentabilidad libre de riesgo. El premio por riesgo de mercado para Chile (mercado emergente) se estima a partir del premio por riesgo de mercado de un país desarrollado (EE.UU.) mediante tres metodologías. Dado que los premios por riesgos internacionales, en general, consideran tasas libres de riesgo estimadas con plazos mayores a 5 años, se realiza un ajuste al premio por riesgo de mercado estimado de acuerdo con lo señalado precedentemente, el que consiste en sumar la diferencia de rentabilidades entre instrumentos reajustables en UF de 10 y 5 años plazo. En consecuencia, no se están sumando tasas en distintas monedas.

Cuadro 6: Resumen de discrepancias sobre Tasa libre de Riesgo

TASA LIBRE DE RIESGO			
Dis.	Empresa	Argumento	Respuesta
318	Interchile	vida útil de activos es 40 años	No se acoge. El argumento fundamental de la CNE frente a esta discrepancia se basa en el Dictamen N°6 del Panel de Expertos, expresando que es necesario recurrir a la teoría financiera para efectos de la consistencia entre la vida útil de los activos y el plazo de los instrumentos financieros. Se habla de la consistencia entre la duración económica del instrumento y los flujos asociados a la inversión. Comentario: En primer lugar, la ley establece claramente las características que debe tener el instrumento libre de riesgo. En segundo lugar, el dictamen del Panel de Experto en teoría parece ser correcto, puesto que la regulación no se hace cargo de las estrategias de cobertura de riesgo de tasas de interés.
466	Grupo Saesa	vida útil de activos es 50 años	
676	Transelec	horizonte de vida de activos	
854	Asociación e Transmisoras de Chile	vida útil de activos 40 años	

Cuadro 7: Resumen de discrepancias y observaciones sobre Tasa libre de Riesgo

PREMIO POR RIESGO DE MERCADO			
Dis.	Empresa	Argumento	Respuesta
319	Interchile	Diferencia en tasa libre de riesgo de 5 y 10 años	Se acoge. La CNE reconoce que se produce una diferencia en el PRM a considerar un bono de 10 años (regularmente usado para los cálculos de referencia) versus el instrumento libre de riesgo escogido de 5 años. Por lo tanto, se ajusta por la diferencia de tasa, se suma la tasa de 10 años y se resta la tasa de 5 años. Con esto el PRM sube. En cuanto a que métodos usar para determinar el PRM, se sigue el consejo de un académico altamente especializado en finanzas internacionales como es el profesor Harvey quien sugiere no usar solo un método sino un promedio de ellos. Comentario: La consistencia en cuanto al plazo de vencimiento de los instrumentos libres de riesgo para efectos de determinar el PRM es adecuado. El principal problema en la estimación es que las fechas de cálculo no coinciden (EHV con Damodaran) y el supuesto del PRM de Estados Unidos no es el mismo para Damodaran y Goldman Sacks.
677	Transelec	Metodología de cálculo para el PRM: El cálculo considerado contempla el promedio de 3 metodologías diferentes: Damodaran, Goldman Sachs y EHV. Las metodologías de Goldman Sachs y EHV son representativas de empresas que se encuentran inmersas en la coyuntura del mercado, a diferencia de Damodaran, cuya metodología presenta un fundamento teórico y sólida base reputacional.	
793	Transelec	Cuestionan el uso de los otros dos métodos para estimar PRM, solicitan quedarse sólo con Damodaran	
855	Asociación e Transmisoras de Chile	Diferencia en tasa libre de riesgo de 5 y 10 años	

Cuadro 8: Discrepancias respecto al riesgo Sistemático

RIESGO SISTEMÁTICO			
Dis.	Empresa	Argumento	Respuesta
315	Interchile	Muestra no representativa	No se acoge. La muestra inicial es internacional y está compuesta por una 133 firmas. Luego se aplican filtros estadísticos y de actividad. Para luego realizar estimaciones con datos semanales para 2 años (sept 2019-ago 2021). Es importante recordar que entre el 2020 y 2021 ocurre COVID y se ha demostrado que tiene efecto en los betas de algunos sectores industriales, entre ellos los servicios básicos, en que el beta subió. Comentario: Sería conveniente estimar betas con datos semanales pero para horizontes de 2,3,4 y 5 años y además en el cálculo del costo de la deuda sería adecuado especificar cuantos de ellos corresponden a costo de deuda y cuando corresponden a la estimación sugerida por Damodaran. Nos consta que esa aproximación no funciona siempre bien.
316	Interchile	Costo de deuda las empresas bajo	
317	Interchile	Mezcla e uso de tasas en UF y en dólares	
856	Asociación e Transmisoras de Chile	Muestra Latinoamericana	
857	Asociación e Transmisoras de Chile	Costo de deuda las empresas bajo	
858	Asociación e Transmisoras de Chile	diferenciar monedas (USD versus UF)	

4.4 Revisión y análisis crítico del estudio “Metodología de cálculo para la tasa de actualización de una empresa eficiente de distribución eléctrica”, realizado por Inversiones Maquieira Caro Ltda.

4.4.1 Antecedentes

La Ley General de Servicios Eléctricos dispone, en su artículo 182 bis, que la tasa de actualización que deberá utilizarse para determinar los costos anuales de inversión de las instalaciones de distribución será calculada por la Comisión Nacional de Energía cada cuatro años, la que será aplicable después de impuestos y para su determinación se deberá considerar el riesgo sistemático de las actividades propias de las empresas concesionarias de distribución eléctrica en relación con el mercado, la tasa de rentabilidad libre de riesgo y el premio por riesgo de mercado, pero que, en todo caso, la tasa de actualización no podrá ser inferior al seis por ciento ni superior al ocho por ciento.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario realizar un estudio que defina la metodología de cálculo, y los valores de sus componentes, de la tasa de actualización que se va a utilizar para determinar los costos anuales de inversión de las instalaciones de distribución para el cuatrienio noviembre 2024 – noviembre 2028.

4.4.2 Determinación del costo de capital

Inversiones Maquieira Caro Ltda. fue la empresa encargada de definir la metodología de cálculo, así como de estimar el valor de los componentes de la tasa de costo de capital para determinar los costos anuales de inversión de las instalaciones de distribución para el periodo noviembre 2024-noviembre 2028. La estimación para la tasa de actualización (tasa de descuento) para una empresa eficiente de distribución de electricidad se estimó en un 5,56%

Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- **Tasa libre de riesgo:** 2,08% a junio 2022 y calculada como la rentabilidad promedio de los últimos seis meses del BTU-10.
- **PRM:** 6,86% a junio 2022. Se obtiene como el promedio simple de 4 estimaciones para el mercado chileno: Campbell y Shiller igual a 7% (promedio simple de tres alternativas metodológicas). Damodaran igual a 7,38% (promedio simple de dos estimaciones de Damodaran utilizando CDS y default spread para Chile). Goldman-Sachs un 6,9% (premio por riesgo país para Chile de 1,4%, más el PRM de EEUU provisto por Duff & Phelps), Erb, Harvey y Viskanta un 6,15% (diferencia entre el retorno esperado nominal para el mercado chileno publicado por Duff & Phelps y la TIR de un bono chileno nominal).
- **Riesgo Sistemático:** 0,507. Primero se estiman betas para 15 y 18 empresas con datos semanales y mensuales respectivamente. Estos betas se estiman por MCO, se ajustan por Blume y se desapalancan por Miles y Ezzell. El valor estimado por este método es 0,527. En segundo lugar, se estiman betas estocásticos para esta muestra de empresa, obteniéndose un 0,487. Luego se promedian los betas obtenidos, llegando a un valor de 0,507.

4.4.3 Consideraciones

- **Tasa libre de riesgo:** Consideramos que esta estimación se ajusta a lo que establece la ley, es decir, este promedio de los últimos seis meses representa la menor pérdida entre los criterios de estabilidad e innovación de la tasa.
- **PRM:** A pesar de los argumentos sobre el cambio metodológico para estimar el PRM mediante la metodología de Erb, Harvey y Viskanta, creemos que el ajuste realizado para el cálculo del PRM para Chile mediante dicho modelo debe ser considerado con reparos. Sin embargo, la empresa consultora justifica el ajuste de 40 puntos base (ver pag. 109 del informe de los consultores). Respecto a las estimaciones mediante el modelo de Campbell y Shiller (1986), creemos necesario profundizar y aclarar

inquietudes estadísticas respecto a la propiedad de estacionariedad para realizar una estimación VAR (vector autoregresivo).

- **Riesgo sistemático:** Consideramos que el procedimiento empleado para la selección de la muestra (tipo de industria, filtro de actividad, filtros estadísticos, etc) y obtención del beta del negocio (ajuste de Blume y de Miles y Ezzell) tanto con datos semanales como mensuales dan garantías de estimar el riesgo sistemático del negocio de distribución eléctrica. En la literatura financiera existe abundante evidencia para respaldar el hecho que los betas varían en el tiempo, por lo cual se hace aconsejable suponer que son estocásticos, tal como lo hizo la empresa consultora.

4.5 Revisión y análisis crítico de las observaciones y discrepancias relativas a la tasa de actualización formuladas a las Bases para el Cálculo de las Componentes del Valor Agregado de Distribución, cuatrienio noviembre 2024 – noviembre 2028. En particular, se deberá analizar críticamente los argumentos esgrimidos por las partes (CGE, Edelmag y CNE) y por el Panel de Expertos en relación a la determinación del premio por riesgo de mercado.

Se considerará la Resolución Exenta N°677 del 29 de agosto de 2022, donde se aprueba el informe técnico preliminar que fija la tasa de actualización a que hace referencia el artículo 118° de la Ley General de Servicios Eléctricos y la respuesta entregada por la CNE a las observaciones que les fueron formuladas. Además de la Resolución Exenta N°220 que aprueba el informe técnico definitivo y que fija la tasa de actualización. En todo caso, para nuestra revisión y análisis son solo relevantes todas aquellas observaciones que guardan relación con la tasa de actualización. El premio por riesgo de mercado calculado para la obtención de la tasa de actualización fue establecido por CNE en 6,81%.

4.5.1 CGE/EDELMAG

Ambas empresas presentan discrepancias en relación al premio por riesgo de mercado y el riesgo sistemático. Sin embargo, se discutirá el premio por riesgo de mercado de acuerdo a lo solicitado por CNE.

4.5.1.1. Premio por riesgo de mercado

i) Las empresas plantean lo siguiente:

“Conforme se expone en el numeral 2, el premio por riesgo de mercado fue estimado utilizando el promedio simple de cuatro metodologías: a) Campbell y Shiller; b) Premio por riesgo de mercado maduro más premio por riesgo país (Damodaran); c) Spread soberano (Goldman-Sachs); y d) Clasificación riesgo país (Erb, Harvey y Viskanta).

Al respecto, en la metodología de spread soberano se presentan resultados del modelo de regresión sin evaluar la significancia de los coeficientes y de la regresión obtenida, ni hay un análisis sobre la bondad de ajuste (Coeficiente R2). Además, se comete el error de descontar la tasa de libre de riesgo determinada previamente (que se obtuvo mediante el promedio de 6 meses) del premio por riesgo, sin considerar que todas las metodologías se emplean series con datos históricos de al menos 2 años. Finalmente, en el análisis de clasificación por riesgo país, se utiliza como variable explicativa datos cualitativos, como la clasificación o ranking del riesgo país entre un grupo de países, distorsionando el cálculo y haciéndolo que el premio por riesgo sea más sensible el periodo de estudio.” (lo subrayado es nuestro)

ii) Respuesta de la CNE:

“No se acoge la observación. Las cuatro metodologías utilizadas para estimar el premio por riesgo de mercado presentan fortalezas y debilidades, las que fueron analizadas por el Consultor en su estudio. Para aquellas metodologías que estiman la rentabilidad de mercado, para determinar el premio por riesgo de mercado se descuenta la tasa libre de riesgo estimada para el período de seis meses, en consistencia con lo establecido en el artículo 182 bis de la LGSE.”

iii) Análisis del Panel de Expertos

“El Panel constata que el valor usado en las Bases VAD proviene de un promedio calculado a partir de cuatro metodologías, según lo presentado en la siguiente tabla del Informe Altainver:

Metodología	PRM Chile
Campbell y Shiller	7,00%
Damodaran	7,38%
Goldman-Sachs	6,90%
Erb, Harvey y Viskanta	6,15%
Promedio	6,86%

Respecto de la metodología de Campbell y Shiller incluida en la tabla anterior, el Panel comparte lo señalado por las discrepantes en el sentido de que no poder rechazar la hipótesis nula de la no existencia de una raíz unitaria para una de las variables relevantes del análisis un hecho significativo que no puede soslayarse. A juicio del Panel, lo anterior aconseja no emplear este resultado para efectos de predecir el comportamiento futuro de la variable.

Por otra parte, en relación con la metodología de Erb, Harvey y Viskanta el Panel advierte que en el Informe Altainver se señala que se le ha agregado cuarenta puntos base al retorno esperado de mercado para efectos de estimar el premio por riesgo, sin que se entregue ninguna explicación que fundamente de modo razonable este cambio. En opinión del Panel, lo antes indicado es razón suficiente para eliminar este valor del cálculo.

De acuerdo con lo antes expuesto, y empleando los valores entregados por la metodología de Damodaran y Goldman-Sachs, se obtiene un valor de referencia Panel que asciende a 7,14% (promedio de 7,38% y 6,90%).

En tanto el valor de referencia (7,14%) es más cercano al valor propuesto por las discrepantes (7,0%) que el empleado en las Bases VAD (6,86%), el Panel acogerá la solicitud de CGE y Edelmag.

Dictamen

“En atención al análisis realizado por el Panel de Expertos, por unanimidad se acuerda el siguiente Dictamen:

Modificar el premio por riesgo del Informe Corregido de Tasa de Actualización, reemplazándolo por un 7%, que es la tasa más representativa del riesgo de mercado a nivel nacional.

Consecuentemente, ajustar el valor de la tasa de actualización incluida en la letra d) del numeral 1.2 de las Bases VAD, y en todas las secciones donde se haga referencia a ella.”

iv) Comentarios:

En primer lugar, la forma en que CGE/EDELMAG calculan el 7% no es de nuestro conocimiento. Entendemos que es un promedio de estimaciones realizadas por Damodaran. No sabemos cuáles son los períodos involucrados para realizar la estimación, sólo conocemos de mínimos y máximos. Las propiedades estadísticas de esta estimación no son analizadas y discutidas por el panel de expertos. En cuanto a las dos estimaciones cuestionadas del informe de Altainver se puede señalar lo siguiente:

1. En el informe se dice claramente por qué en el caso del modelo de EHV se opta por subir en 40 puntos base el retorno de mercado. Es más, se explica que hay un cambio relevante en la metodología que afecta las estimaciones a partir del 2018. El resultado del retorno de mercado para Chile no se condice con estimaciones previas realizadas por Duff & Phelps y esto viene ocurriendo desde fines del 2017 cuando se introduce un cambio en la metodología para estimar el modelo. A modo de referencia sabemos que el COE para Chile estimado el 2017 fue de 11,4% con el anterior modelo. Por otro lado, si observamos el valor del COE para Estados Unidos para 2022, este resulta ser 8,8% y si restamos la tasa libre de riesgo de largo plazo que estima Duff & Phelps se obtiene un PRM para Estados Unidos de 5,1% lo cual es claramente inconsistente con lo que Duff & Phelps recomienda, es decir un 5,5%. Para buscar la consistencia

sería necesario ajustar hacia arriba el COE de Estados Unidos en un 0,4%, pasando de 8,8% a 9,2%. En resumen, creemos necesario ajustar el COE estimado para Chile en al menos la misma magnitud que el COE de Estados Unidos. Es decir, el COE para Chile pasa de 11,50% a 11,90%. Por otro lado, la tasa libre de riesgo nominal²⁴ para Chile se estimaría en 5,75%. Con todo esto el PRM para Chile se estima en 6,15%.

2. Los resultados del modelo de Campbell y Shiller son cuestionados por una de las tres variables usadas en el VAR es no estacionaria (*dividend yield*). Sin embargo, se puede demostrar que es posible que esto ocurra y los resultados sirvan porque son estacionarios. Esto ocurre en el caso por ejemplo en que las variables de modelo sean cointegradas (Greene, 2019). Se puede estudiar esa conintegración y la alternativa más simple es diferenciar el *dividend yield* para lograr que sea estacionaria. Este modelo es el único que usa directamente datos nacionales y por lo tanto toma en cuenta muchos de los elementos de cambios en la economía chilena que no están plenamente capturados en los otros modelos.

²⁴ Creemos que este estimador es el más adecuado tomando en cuenta que el BTU-10 años ha sido seleccionado como la tasa libre de riesgo. Alguien tal vez usaría el BCP-10 años, sin embargo, no se conoce si este instrumento cumple con las características requeridas por la ley (liquidez, montos transados y estabilidad) para ser un buen estimador del bono libre de riesgo.

5 Revisión de estudios que determinan tasas de costos de capital utilizadas en procesos tarifarios internacionales de servicios públicos, señalando y analizando las metodologías utilizadas para determinar los parámetros que la componen.

En esta sección presentamos evidencia sobre las distintas metodologías para determinar el costo de capital en mercados regulados internacionales. Dependiendo de la naturaleza del servicio, es decir si es de agua potable, energía, telecomunicaciones o de alguna otra industria regulada, y de la regulación existente en cada mercado, vamos a encontrar una amplia literatura aplicada que realiza estimaciones de costo de capital para empresas sujetas a regulación tarifaria.

Las características propias de cada mercado y de sus sistemas regulatorios, explican por qué no es posible encontrar una única forma de estimar el costo de capital. Sin embargo, al revisar la evidencia internacional, podemos asegurar que el modelo CAPM, es sin dudas el modelo más utilizado para estimar la tasa de descuento. Sin embargo, la forma de estimar sus parámetros básicos (R_f , PRM y Beta) es muchas veces diferente y ahí encontramos diversas propuestas.

A continuación, clasificamos por países los estudios más recientes sobre estimaciones del costo de capital y los parámetros básicos de los modelos utilizados.

5.1 Canadá

El sistema regulatorio para fijar tarifas en industrias reguladas en Canadá como electricidad, gas natural y telecomunicaciones se basa en principios de regulación económica independiente, con fuerte énfasis en la transparencia, participación pública y retorno justo.

5.1.1 Determination of the Cost-of-Capital Parameters in 2024 and Beyond.

La Alberta Utilities Commission (AUC) estableció a partir de 2024 un nuevo enfoque para determinar los parámetros de costo de capital específicamente el ROE (Return on Equity) y el Deemed Equity Ratio (ratio de estructura de capital), aplicables a las empresas reguladas de electricidad y gas natural en Alberta.

La AUC resolvió, en el marco de la revisión del costo genérico de capital (GCOC), establecer un nuevo enfoque metodológico aplicable a las empresas de servicios públicos de electricidad y gas a partir del año 2024.

La decisión se centró en la adopción de un mecanismo basado en fórmulas, para la determinación de la tasa de rentabilidad sobre el capital (ROE)²⁵. Con este cambio, la Comisión busca otorgar mayor eficiencia, transparencia y previsibilidad al proceso regulatorio, al mismo tiempo que asegura un adecuado equilibrio entre los intereses de las empresas, los contribuyentes y el público en general. A contar de la publicación de este documento, el ROE resultante de esta fórmula se aplicará de manera uniforme a todas las empresas de servicios públicos bajo su jurisdicción.

En relación con la estructura de capital supuesta, la Comisión resolvió mantener los índices aprobados en la decisión de 2018²⁶, considerando que no se han producido cambios significativos en el perfil de riesgo de las compañías que justifiquen su modificación. Estos parámetros, junto con el ROE, conforman los denominados parámetros de costo de capital, que serán revisados obligatoriamente cada cinco años, aunque se contempla la posibilidad de reaperturas intermedias a solicitud de interesados o por iniciativa de la propia Comisión.

Las determinaciones contenidas en esta decisión son aplicables a un conjunto amplio de empresas de electricidad y gas, entre las que se encuentran AltaLink, ATCO Electric, ATCO Gas, ENMAX, EPCOR, FortisAlberta, TransAlta y diversas distribuidoras municipales.

La fórmula aprobada para el cálculo del ROE estableció un valor base de 9,0%, el cual será ajustado anualmente en función de dos variables:

1. El rendimiento previsto de los bonos a 30 años del Gobierno de Canadá, respecto de un valor de referencia del 3,10%.
2. El diferencial entre los rendimientos de los bonos canadienses de servicios públicos con calificación A, a 30 años y los bonos del Gobierno de Canadá, respecto del diferencial observado en febrero de 2023.

Para garantizar rigor y consistencia, la Comisión determinó que estas variables se calcularán cada año en noviembre, utilizando un promedio ponderado entre previsiones de entidades financieras (Royal Bank of Canada, TD Bank y Scotiabank) y datos de mercado observados en octubre del año anterior al período regulatorio.

Finalmente, la AUC estableció que esta decisión no aborda los parámetros de costo de capital de las empresas privadas de agua bajo jurisdicción de la Comisión, aunque los lineamientos definidos podrían ser considerados en eventuales procesos futuros relativos a dicho sector.

En conclusión, la AUC consolida, a través de esta resolución, un marco regulatorio más dinámico y predecible, que contribuye a reducir la carga administrativa, otorgar mayor

²⁵ Anteriormente, la AUC estimaba los parámetros básicos del modelo en base a opiniones expertas, los cuales utilizaban diferentes metodologías de proyección.

²⁶ La decisión del 2018 fijó una proporción de capital común o "ratio de capital sobre el capital total" (deemed equity ratio) del 37% para los años 2018, 2019 y 2020. Esto significa que la estructura de capital que la comisión considera para efectos de tarifas y regulación consiste en un 37% de capital propio (equity) y el restante 63% de deuda. Para más detalles revisar "Decisión 22570-D01-2018: 2018 Generic Cost of Capital".

certidumbre y fortalecer el interés público en la determinación del costo de capital para las utilities de electricidad y gas.

5.1.1.2.Determinación del ROE

La AUC decidió reemplazar los procedimientos tradicionales para determinar el retorno sobre el capital (ROE) de las empresas reguladas por un enfoque basado en fórmula, inspirado en el Equity Risk Premium (ERP). Este cambio busca reducir la carga regulatoria, aumentar la transparencia y previsibilidad, alinear mejor las tarifas con las condiciones económicas actuales y evitar litigios recurrentes y costosos. La decisión se sustenta en experiencias previas tanto en Alberta (EUB 2004–2008) como en jurisdicciones como Ontario, donde fórmulas similares han demostrado eficiencia y sostenibilidad.

La fórmula aprobada para calcular el ROE anual es:

$$ROE = 9,0\% + 0,5 \times (YLD - 3,10\%) + 0,5 \times (SPRD - SPRDbase)$$

Donde,

- ROE: Es la tasa de rendimiento final sobre el capital.
- 9,0%: Es la tasa base de ROE.
- YLD: Es el rendimiento pronosticado de los bonos a largo plazo del Gobierno de Canadá.
- 3,10%: Es el valor base o punto de referencia del YLD.
- SPRD: Es el diferencial del rendimiento de los bonos de las empresas de servicios públicos.
- SPRDbase: Es el valor base o punto de referencia del SPRD.

Esta fórmula ajusta el ROE nocional del 9.0% basándose en la diferencia entre el rendimiento de los bonos del Gobierno de Canadá (GoC) a largo plazo pronosticado (YLD) y el diferencial del rendimiento de los bonos de las empresas de servicios públicos (SPRD) con respecto a sus valores base.

Esta expresión refleja la sensibilidad del ROE a dos variables clave: el rendimiento proyectado de bonos del Gobierno de Canadá a 30 años (YLD_t) y el diferencial de rendimiento de bonos de utilities con calificación A respecto a los bonos gubernamentales (SPRD_t). Los coeficientes de ajuste de 0,5 moderan la reacción de la tasa regulada frente a fluctuaciones temporales del mercado.

El proceso de actualización anual, como se menciona en los párrafos anteriores, se realiza cada noviembre utilizando datos de octubre del año previo, combinando pronósticos de

bancos canadienses (Royal Bank of Canada, TD Bank y Scotiabank)) y rendimientos observados del mercado para determinar el ROE que entrará en vigor el 1 de enero del año siguiente.

El enfoque basado en fórmula contempla revisiones periódicas obligatorias cada cinco años, con la primera revisión programada para 2028, y la posibilidad de reaperturas intermedias si se demuestra que el ROE resultante no cumple con un retorno justo. No se implementan bandas automáticas de revisión ni techos/pisos, garantizando flexibilidad regulatoria según las condiciones de mercado. En paralelo, se revisarán el índice de estructura de capital (Deemed Equity Ratios) cada cinco años, es decir cuál será la relación deuda patrimonio que se utilizará para las estimaciones. Para 2024 se mantienen los valores aprobados en 2018: 37% para la mayoría de las empresas y 39% para Apex Utilities Inc.

Técnicamente, el enfoque basado en fórmula se basa en principios de modelos ERP, con fundamentos similares a CAPM y DCF. Se evita la utilización de ROEs autorizados en otras jurisdicciones como referencia directa, priorizando datos de mercado propios para garantizar que el retorno regulado refleje adecuadamente el riesgo y las condiciones económicas locales.

En conclusión, de acuerdo a lo señalado en el documento, la adopción de este enfoque representa una “modernización significativa del marco regulatorio en Alberta”, ofreciendo un proceso más eficiente, predecible y transparente para la determinación del ROE de las utilities de electricidad y gas.

La Comisión evaluó distintos modelos para determinar el ROE base (9%) de las utilities, incluyendo CAPM, DCF de crecimiento constante, DCF multietapa y modelos de prima de riesgo sobre bonos, de acuerdo al siguiente detalle:

- En el CAPM, se consideraron betas entre 0,45 y 0,75, descartando valores mayores a 1 por el bajo riesgo del sector.
- En el DCF de crecimiento constante, se emplearon tasas de crecimiento prudentes, evitando valores superiores al crecimiento del PIB nominal.
- En el DCF multietapa²⁷, se modelaron tres fases de crecimiento convergentes al PIB.
- Los modelos de prima de riesgo sobre bonos se revisaron, pero no se adoptaron, al depender de ROEs de otras jurisdicciones.

En general, se descartaron ROEs superiores al 10%, por basarse en supuestos de crecimiento excesivamente optimistas. El ROE estimado es la tasa de activos, el cual es un insumo para fijar las respectivas tarifas.

Los resultados de las estimaciones se resumen en el siguiente cuadro:

²⁷ A diferencia del modelo de crecimiento constante, el DCF multietapa reconoce que las empresas no crecen a una tasa fija indefinidamente. En cambio, divide el horizonte de análisis en varias etapas, cada una con su propia tasa de crecimiento.

Cuadro 9: Estimaciones parámetros del modelo para estimar ROE

Variable	Valor aprobado / definido	Descripción
Notional ROE	9.00%	ROE base utilizado como punto de partida para la fórmula anual.
Base forecast ERP	5.90%	Prima de riesgo de capital estimada para utilities reguladas.
YLDbase (GoC 30-year bond yield)	3.10%	Tasa libre de riesgo base (bonos del gobierno de Canadá a 30 años).
SPRDbase (Utility bond spread)	<i>≈1.63% (estimado, pendiente confirmación por ATCO)</i>	Spread base entre bonos de utilities A-rated y bonos del gobierno.
Fórmula de ajuste del ROE	$(ROE_t = 9.0\% + 0.5(YLD_t - 3.10\%) + 0.5(SPRD_t - SPRD_{base}))$	Fórmula que ajusta el ROE anualmente según condiciones de mercado.
Coefficientes de ajuste	0.5 para YLD y SPRD	Sensibilidad moderada a cambios en tasas y spreads.
Modelos utilizados	CAPM, DCF constante, DCF multietapa, ERP benchmarking	Métodos para validar el ROE base y las variables de entrada.
Horizonte de actualización	Anual (cada octubre para el año siguiente)	Se actualizan YLD y SPRD para aplicar la fórmula en el año tarifario siguiente.

Fuente: Determination of the Cost-of-Capital Parameters in 2024 and Beyond

5.2 Estudios del Reino Unido

La normativa regulatoria entre el Reino Unido y Chile conceptualmente es diferente. En Chile se utiliza un Modelo de Empresa Eficiente, en Reino Unido, a través de su regulador Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets), se utiliza un modelo de control de precios llamado RIIO (Revenue = Incentives + Innovation + Outputs). A pesar de estas diferencias, estimamos importante revisar estudios realizados en este último país. Un primer estudio, que se presenta a continuación, se realiza considerando el período de pandemia y los otros dos en años más recientes.

5.2.1 El costo de capital para RIIO-ED2. Oxera Consulting LLP.²⁸

El 17 de diciembre del 2020, Office of Gas and Electricity Markets (Ofgem)²⁹ publicó su informe RIIO (Revenue=Incentives+Innovation+Outputs) que corresponde a su modelo

²⁸ www.oxera.com

²⁹ Ofgem (Office of Gas and Electricity Markets) es el regulador independiente de la electricidad y el gas en el Reino Unido.

basado en desempeño para la regulación de precios. Este informe desarrollado por Oxera,³⁰ se desarrolla en respuesta a la última versión enviada por el ente regulador Ofgem.

En relación a los betas de los activos estimados en dicho informe para las redes de energía europeas se presentan los siguientes datos:

Cuadro 10: Beta de los activos para redes energéticas europeas

Ventana de estimación	Periodo Promedio	ENG (Enagas)	REE (Red Eléctrica de España)	SRG (Snam)	TRN (Terna)	Promedio EU
Dos años	Spot	0.33	0.26	0.43	0.39	0.36
Cinco Años	Spot	0.36	0.37	0.44	0.43	0.40
Diez años	Spot	0.43	0.44	0.40	0.39	0.41

Fuente: Oxera en base a Bloomberg.

El estudio propone para el caso de Gran Bretaña un rango de 0.85 y 0.93 para el beta del patrimonio.

Sin embargo, en este estudio, se actualizan las estimaciones del año 2020. En el siguiente cuadro se presentan los parámetros actualizados al año 2021:

Cuadro 11: Resumen valores CAPM.

	Oxera 2020		Evidencia Actual		Cambio	
	Low	High	Low	High	Low	High
Real TMR (%)	7.00	7.50	7.00	7.50	-	-
Real RfR (%)	-1.00	-1.00	-0.93	-0.93	0.07	0.07
ERP (%)	8.00	8.50	7.93	8.43	-0.07	-0.07
Beta de los activos	0.38	0.41	0.37	0.40	-0.01	-0.01
Beta de la deuda	0.05	0.05	0.05	0.05	-	-
Beta del patrimonio apalancado al 60%	0.88	0.95	0.85	0.93	-0.03	-0.02
Real CoE apalancado a un 60%	6.00	7.08	5.81	6.87	-0.19	-0.21

Fuente: Oxera en base a Bloomberg.

Las dos primeras columnas del cuadro muestran las estimaciones del año 2020, las siguientes dos muestran los parámetros actualizados el año 2021 y las últimas dos columnas muestran las diferencias entre ambas estimaciones.

Para el caso de los betas, la metodología se basó en la siguiente fórmula:

$$\beta_a = \beta_e * (1 - g) + \beta_b * g$$

Donde β_a corresponde al beta de los activos, β_e al beta del patrimonio, β_b al beta de la deuda y g al nivel de apalancamiento de la empresa. Dicha fórmula se denomina “Harris-Pringle formula” y es consistente con el contexto regulatorio debido a que implica un monto de apalancamiento constante durante el período de control de precios. Esta fórmula posee distintos supuestos en contraposición con la fórmula de Miles y Ezzel que pretende capturar la variabilidad del nivel de endeudamiento considerando una relación entre el valor de mercado de la empresa y el nivel de endeudamiento. Hay que considerar que la tasa de apalancamiento utilizada fue de un 60% en los cálculos. En todo caso es importante aclarar que este beta de activos no es equivalente al beta patrimonial sin deuda que se calcula en el caso de Chile para empresas reguladas, toda vez que en el caso chileno se asume una empresa financiada 100% patrimonio, es decir sin deuda con terceros.

5.2.2 Problemas de costo de capital para el control de precios H7. Estudio realizado en contexto COVID-19³¹.

El 19 de octubre del 2021 la Civil Aviation Authority (CAA), ente regulador de los aspectos de aviación civil en Reino Unido, publicó su propuesta inicial para el control de precios H7 del operador de aeropuertos Heathrow Airport Ltd (HAL), considerando que el control de precios anterior termina el 31 de diciembre del 2021 y que las nuevas tarifas consideran el período 2022 al 2026. Dicha propuesta involucra temas de HAL y consideraciones de finanzas corporativas. En la contrapropuesta, HAL requirió a Oxera³² para responder con base teórica y empírica a la propuesta inicial de la CAA.

Como punto relevante, dicho estudio muestra un ajuste particular que hace un tratamiento a los efectos del COVID-19 en los betas del negocio, uno de los tres parámetros básicos del modelo CAPM utilizado para estimar el costo de capital del patrimonio. Precisamente el parámetro que hace la diferencia a la hora de aplicar el modelo a diferentes empresas o industrias, toda vez que representa el riesgo sistemático de una compañía en particular.

Un primer análisis corresponde a la estimación de betas para los conglomerados de operadores de aeropuertos seleccionados, asumiendo distintas frecuencias en la ventana de tiempo de la pandemia. Se especifica que como comparativos el mayor peso lo tiene AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), y luego ADP (Aeropuertos del Perú), Fraport y Zurich, con pesos limitados en Sydney y Vienna, en base a contextos regulatorios, riesgo de negocios y porcentaje de liquidez.

Por último, en el estudio se especifica que la columna “Frecuencia de la pandemia” se generó en base a supuestos abordados en el primer informe de la CAA, en donde se asume que existe

³¹ Oxera. (2021). Cost of capital issues for the H7 price control. Oxera Consulting LLP.

³² <https://www.oxera.com/>

una posible frecuencia en los escenarios de pandemia (por ejemplo, una vez cada 5 años para la primera fila o una vez cada 20 años), abordándose múltiples casos en esta contrapropuesta.

Cuadro 12: Betas en base a la frecuencia de ocurrencia de pandemias.

Frecuencia de la pandemia	AENA	ADP	Fraport	Zurich	Vienna	Sydney	Cuatro compañías	Seis compañías
5	0.89	0.89	0.72	0.82	0.77	0.58	0.83	0.78
7.5	0.85	0.86	0.72	0.81	0.68	0.58	0.81	0.75
10	0.81	0.82	0.70	0.79	0.62	0.57	0.78	0.72
15	0.77	0.77	0.67	0.77	0.54	0.57	0.74	0.68
20	0.74	0.73	0.64	0.75	0.48	0.57	0.72	0.65
50	0.67	0.63	0.58	0.71	0.36	0.56	0.65	0.59
100	0.64	0.59	0.55	0.69	0.31	0.56	0.62	0.56
N/A	0.60	0.54	0.51	0.67	0.25	0.56	0.58	0.52

Fuente: en base a Cuadro 3 de Flint, (2021), “Estimating Heathrow’s beta post covid-19”, agosto.

Cómo metodología alternativa, Oxera plantea en este estudio el cálculo de IV-based betas, que permiten una mejor consideración del riesgo debido a la pandemia. Se especifica dicho cálculo a continuación:

$$\beta_e = \frac{\sigma_i * \sigma_m * \rho_{im}}{\sigma_m^2}$$

Donde σ_i corresponde al promedio semanal de la volatilidad diaria implícita en opciones call de 6 meses y un año en las acciones de aeropuertos comparables, σ_m corresponde al promedio semanal de la volatilidad diaria implícita en opciones call de 6 meses y un año en el índice STOXX Europe 600 y ρ_{im} corresponde a la correlación histórica para 21 meses y 5 años entre los retornos accionarios diarios/semanales y los retornos del índice diarios/semanales.

En base al ajuste para el beta, se genera la siguiente comparación entre betas

Cuadro 13: Comparativa betas diarios.

Betas convencionales por CAPM (diarios)	Incluyendo data de la pandemia		Datos pre pandemia (Corte a febrero del 2020)	
Período de regresión	21 meses	5 años	2 años	5 años
ADP	0.839	0.863	0.505	0.546
Aena	0.942	0.835	0.524	0.506
Zurich	0.816	0.848	0.712	0.597
Fraport	0.619	0.727	0.539	0.486

Promedio	0.804	0.818	0.570	0.534
IV-based betas (Call de 1 año) (diarios)	Incluyendo data de la pandemia		Data pre pandemia (Corte a febrero del 2020)	
Período de regresión	21 meses	5 años	2 años	5 años
ADP	0.661	0.744	0.501	0.672
Aena	0.718	0.689	0.552	0.538
Zurich	0.735	0.776	0.605	0.666
Fraport	0.524	0.669	0.562	0.604
Promedio	0.659	0.719	0.555	0.620

Fuente: Oxera en base a Bloomberg data.

Cuadro 14: Comparativa betas semanales.

Betas convencionales por CAPM (semanales)	Incluyendo data de la pandemia		Datos pre pandemia (Corte a febrero del 2020)	
Período de regresión	21 meses	5 años	2 años	5 años
ADP	0.822	0.882	0.725	0.575
Aena	0.868	0.812	0.590	0.478
Zurich	0.915	0.888	0.549	0.561
Fraport	0.787	0.893	0.586	0.510
Promedio	0.848	0.869	0.612	0.531
IV-based betas (Call de 1 año) (semanales)	Incluyendo data de la pandemia		Data pre pandemia (Corte a febrero del 2020)	
Período de regresión	21 meses	5 años	2 años	5 años
ADP	0.686	0.782	0.692	0.715
Aena	0.779	0.763	0.700	0.551
Zurich	0.884	0.872	0.560	0.678
Fraport	0.673	0.835	0.665	0.694
Promedio	0.755	0.813	0.654	0.659

Fuente: Oxera en base a Bloomberg data.

Claramente, salvo el caso ADP y el caso Fraport con 21 meses, todos los betas calculados incluyendo la pandemia, son mayores a los estimados en el período pre pandemia.

5.2.3 The cost of equity for RIIO-ED2 Prepared for Energy Networks Association, 4 June 2021.

Este informe, encargado por la Energy Networks Association a Oxera Consulting, analiza la estimación del Costo de Equity (CoE) para el período regulatorio RIIO-ED2 (2023–2028). El objetivo es revisar la decisión de Ofgem, el regulador de energía, de fijar un CoE de 4.65% (real, ajustado por inflación), que según Oxera, es demasiado bajo y pone en riesgo la capacidad del sector para financiarse.

Las empresas de redes y consultoras como Oxera rechazaron este valor, argumentando que era demasiado bajo y no reflejaba el riesgo real. Oxera, en respuesta propuso un rango mucho más alto, entre el **5.81%** y el **6.87%**, utilizando una metodología que combina el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) con ajustes clave para reflejar mejor los riesgos reales del mercado. Sus resultados y comentarios a la propuesta de Ofgem son las siguientes:

Tasa libre de riesgo (R_f):

- Problema: Ofgem basó su cálculo en bonos del gobierno británico, que tienen un rendimiento artificialmente bajo debido a una "prima de conveniencia"³³. Este fenómeno se da por el hecho de existir una demanda "adicional" por ser instrumentos del gobierno, lo que hace aumentar su precio y por lo tanto lograr una T_r menor.
- Corrección: Oxera utilizó dos enfoques:
 - Bottom-up: Sumó una prima de conveniencia a los rendimientos de los gilts³⁴.
 - Top-down: Se basó en los rendimientos de bonos corporativos AAA, ajustándolos por riesgo.
- Resultado: Un R_f real de -0.93%, más alto que el -1.16% de Ofgem.

Retorno total de mercado (TMR) y prima de riesgo de mercado (ERP):

- Oxera calculó el TMR basándose en datos históricos y modelos de flujo de dividendos, corrigiendo las distorsiones por inflación.
- Resultado: Un TMR real del 7.0% al 7.5%, lo que genera una Prima de Riesgo de Mercado (ERP) de 7.93% a 8.43%.

Estimación de Betas:

³³ Esta prima por conveniencia se justifica por el bajo riesgo de default, bajos costos de transacción y alta liquidez, de acuerdo al estudio de OFGEM.

³⁴ Bonos emitidos por el gobierno de Reino Unido.

- Problema: Ofgem subestimó las betas del sector. Además, cometió un error metodológico al usar una beta para la deuda demasiado alta (0.22), “citando incorrectamente a Fama y French”.
- Corrección: Oxera construyó un grupo de empresas comparables y calculó las asset betas (una medida del riesgo de los activos) hasta diciembre de 2019, evitando la volatilidad de la pandemia.
- Resultado: Una asset beta de 0.37 a 0.40 y una equity beta de 0.85 a 0.93 (para un apalancamiento del 60%).

Ajustes por riesgo no captado por el CAPM:

- Oxera argumenta que el CAPM no captura los riesgos políticos y regulatorios, que son cruciales para un sector regulado. Estos riesgos pueden generar una mayor volatilidad en los precios de las acciones, lo que requiere un retorno más alto para compensar a los inversores.

El siguiente cuadro resume las principales críticas de Oxera:

Cuadro 15: Principales críticas de Oxera a estimaciones de Ofgem en UK

Parámetro	Problema Detectado por Oxera	Crítica de Oxera
Tasa Libre de Riesgo	Subestimación debido a la "Prima de Conveniencia". Ofgem utiliza directamente el rendimiento de los bonos del gobierno británico sin un ajuste.	Esto crea un sesgo a la baja en la R_f y viola el supuesto del CAPM de que los inversores pueden prestar y pedir prestado a esa tasa
Retorno Total del Mercado	Uso de la media geométrica. Ofgem utiliza la media geométrica de los retornos históricos, ajustada con un incremento (<i>uplift</i>) subjetivo	El resultado es un sesgo a la baja que subestima el promedio aritmético, lo que "subcompensa a los inversores"
Beta de la deuda	Errores matemáticos y tergiversación. Ofgem/CEPA utilizaron un rango para la β_d (0.0-0.15, con un punto de 0.075) que Oxera considera demasiado alto (Oxera recomienda un máximo de 0.05).	Oxera demostró que el cálculo de CEPA contenía errores y que la evidencia citada (Fama y French, 1993) en realidad respaldaba un β_d cercano a cero.
Beta del patrimonio	No se considera el riesgo político/regulatorio. El modelo CAPM de Ofgem ignora el riesgo de asimetría negativa (<i>negative skewness</i>) de las empresas reguladas	El CoE del CAPM subestima sistemáticamente el retorno apropiado, ya que no captura el riesgo de un evento negativo repentino y dramático (como la nacionalización o una decisión regulatoria punitiva).

Conclusiones y resultados claves

- **CoE Recomendado:** Oxera concluye que el Costo de Equity recomendado para el sector se encuentra en el rango de 5.81% a 6.87% (real, CPIH). Esto es aproximadamente 120 puntos base más alto que el 4.40% que Ofgem realmente permitió (4.65% menos un ajuste por supuesto "outperformance").
- **Implicaciones:** Un retorno tan bajo podría desincentivar la inversión en un momento crítico para la transición energética, cuando se necesita modernizar las redes de forma masiva para integrar fuentes renovables y apoyar la electrificación.
- **Recomendación:** El informe concluye que Ofgem debe ajustar al alza la remuneración permitida para equilibrar la protección al consumidor con la necesidad de asegurar una inversión sostenible en la infraestructura energética del Reino Unido.

La siguiente tabla muestra el resumen de los valores estimados por Oxera tanto para el CoE como para los parámetros utilizados en el modelo CAPM:

Cuadro 16: Parámetros estimados por Oxera 2021

Parámetro	Metodología aplicada	Resultado clave
Risk-free rate (RfR)	- <i>Bottom-up</i> : gilts + convenience premium	-0.93% real
	- <i>Top-down</i> : AAA corporate bonds – default/liquidez	
	- Media móvil 6 meses	
Total Market Return (TMR)	- Evidencia histórica (DMS, 1899–2020)	7.0–7.5% real
	- Dividend Discount Model (Banco de Inglaterra)	
Equity Risk Premium (ERP)	TMR – RfR	7.93–8.43%
Betas	- Comparadores UK + EU	Asset beta: 0.37–0.40
	- Debt beta máx. 0.05	Equity beta: 0.85–0.93
	- Re-gearing al 60%	
Cross-checks	- Revisión de Ofgem (MARs, OFTOs, fondos)	Evidencia: Ofgem subestima CoE
	- ARP–DRP como contraste robusto	

Fuente: Estudio presentado por Oxera.

La siguiente tabla muestra la propuesta original realizada por la autoridad regulatoria Ofgem y las estimaciones que propone Oxera en su estudio:

Cuadro 17: Comparativo entre los resultados de OFGEM y OXERA 2021

Concepto	Ofgem (RIIO-ED2)	Oxera (2021)
Risk-free rate	-1.16%	-0.93%
TMR	6.25–6.75%	7.0–7.5%
Equity beta	0.73–0.80	0.85–0.93
CoE (real, 60% gearing)	4.65% (-0.25% = 4.40%)	5.81–6.87%

Fuente: Estudio presentado por Oxera.

Principales conclusiones del estudio:

- El CAPM usado por Ofgem subestima el CoE, principalmente por:
 - uso directo de gilts como Rf, ignorando la prima de conveniencia;
 - Tasa libre de riesgo nominal negativa.³⁵
 - betas demasiado bajos;
 - ERP reducido;
 - uso de cross-checks débiles³⁶.
- El rango adecuado para el CoE en RIIO-ED2 es 5.8–6.9% real.
- Concluyen que mantener el nivel fijado por Ofgem, significaría lo siguiente:
 - riesgo de infrafinanciación;
 - desincentiva inversión en redes necesarias para transición energética;
 - puede afectar la calidad del servicio y la innovación.

Finalmente, podemos indicar que Ofgem reaccionó a este y otros estudios en el marco regulatorio **RIIO-ED2**, manteniendo prácticamente sus estimaciones.³⁷

5.3 Australia

A diferencia del modelo chileno, en la normativa Australia, bajo la supervisión del Australian Energy Regulator (AER), se utiliza un modelo de control de precios que se basa en el valor de los activos existentes y su desempeño futuro.

³⁵ Oxera en el informe señala que al utilizar una tasa negativa se viola un supuesto fundamental del modelo CAPM.

³⁶ Mecanismos de contraste que Ofgem utiliza para verificar si los parámetros del CAPM (RfR, TMR, beta) y el CoE resultante parecen razonables frente a otros indicadores de mercado. En teoría, sirven como una “segunda opinión” para no depender solo del modelo CAPM.

³⁷ Ver documento Decision – RIIO-ED2 Final Determinations Finance Annex, noviembre 2022.

5.3.1 Australian Energy Regulator (2022, amendments 2023) – Rate of Return Instrument + Explanatory Statement.

En este documento se detalla precisamente cómo el Regulador Australiano de la Energía (AER) estima y establece la tasa de rentabilidad exigida a las empresas de transmisión y distribución de electricidad y gas en Australia. Este proceso es clave para la regulación de precios en un mercado considerado un monopolio natural.

El regulador, de acuerdo con este estudio, se asegura de que la rentabilidad permitida a las empresas de red sea acorde con los riesgos que asumen, lo cual señala, es fundamental para promover la eficiencia, ya que no sería eficiente permitir una rentabilidad que no esté a la altura de los riesgos involucrados de la industria.

Para esto se contempla el uso de WACC nominal antes de impuesto que promedia el costo de la deuda con el del patrimonio. Tasa que enfatiza debe ser estable, predecible y transparente.

AER utiliza principalmente el Modelo de Valoración de Activos de Capital de Sharpe-Lintner como su modelo indirecto para estimar el costo del capital. Además, se menciona que se usó el Modelo de Crecimiento de Dividendos para estimar el PRM, sin embargo, no fue adoptado. El regulador optó por un valor fijo para el PRM con el propósito de “proporcionar estabilidad y predictibilidad en el marco regulatorio”.

Para determinar el WACC utilizan la siguiente formula:

$$WACC = (k_e).(1 - G) + E(k_b).G$$

Donde:

k_e : Costo del patrimonio

k_b : Costo de la deuda

G: Proporción de deuda en el financiamiento total, también conocido como índice de apalancamiento.

Un aspecto interesante del estudio es que plantea una discrepancia sobre si el plazo para la estimación del retorno sobre el capital debe ser de 5 años (que es la duración típica de un período regulatorio) o de 10 años (que, según el AER, es una práctica común para los inversionistas en activos de larga vida como las redes de energía). Los argumentos para cada temporalidad son los siguientes:

- 5 años: La idea detrás de este plazo es que la tasa de rentabilidad debe estar alineada con la duración del período regulatorio para el cual se establece. La AER había considerado esta opción en su borrador, pero no la adoptó en la versión final.

- 10 años: Las empresas e inversores argumentan que la vida útil de los activos de la red de energía es mucho más larga que 5 años, por lo que una estimación a 10 años es más consistente con su horizonte de inversión. Además, es una práctica común de los profesionales de la inversión.

A pesar de la existencia de argumentos para ambos lados, el AER decidió mantener su enfoque actual y utilizar un plazo de 10 años para el retorno sobre el capital. El regulador justifica esta decisión por las siguientes razones:

- a) Estabilidad y previsibilidad: La AER considera que la estabilidad del marco regulatorio es de suma importancia para fomentar la inversión eficiente. Los actores del sector y los grupos de consumidores han manifestado su apoyo a un "high bar for change"³⁸. Por lo tanto, señala que mantener el plazo de 10 años, una práctica de larga data contribuye a esa estabilidad.
- b) Poca materialidad del cambio: La AER concluyó que el impacto de cambiar a un plazo de 5 años sería "modesto" en la tasa de rentabilidad exigida, por lo que no justifica la inestabilidad que este cambio podría generar.
- c) Satisfacción con el enfoque actual: La AER está en general satisfecho con el rendimiento del Instrumento del año 2018, que utilizó un plazo de 10 años, y no cree que un cambio a 5 años conduzca a un resultado claramente superior.
- d) Convergencia regulatoria: El documento también señala que otros reguladores australianos han adoptado un plazo de 10 años, considerando que este plazo refleja mejor la vida útil de los activos.

Un aspecto interesante de este estudio es el proceso de Benchmarking que realiza la AER luego de estimar la tasa de rentabilidad exigida, denominado "Overall rate of return crosschecks" (verificaciones cruzadas de la tasa de rentabilidad general). En este sentido describe los métodos que la AER utiliza para evaluar si la tasa de rentabilidad que ha establecido es la adecuada. La AER utiliza estas verificaciones como un "chequeo de sensatez" (sense-check) para su enfoque del Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC). Aunque el regulador no las usa para ajustar directamente los parámetros del modelo, sí le sirven para formar un juicio general sobre si la tasa de rentabilidad es la apropiada. Los métodos de verificación usados son los siguientes:

- a) Múltiplos de la base de activos regulatoria (RAB multiples): Se refiere a la relación entre el valor de mercado de una empresa regulada y su base de activos regulatoria (RAB). El AER utiliza esto para ver si los inversores están valorando estas empresas muy por encima de su base regulada, lo que podría sugerir que la tasa de rentabilidad

³⁸ El término "high bar for change" se usa en economía regulatoria para expresar que "Cambiar algo requiere superar un estándar muy exigente de justificación". La lógica es: "si el método actual ya está aceptado, solo lo cambiaré si me demuestran con datos contundentes que el nuevo enfoque es mejor".

es demasiado alta. El documento reconoce que hay otros factores que influyen en este múltiplo, por lo que su análisis es complejo.

- b) Viabilidad financiera (Financeability): La AER evalúa si las empresas pueden obtener financiamiento en términos razonables bajo el marco regulatorio. El documento indica que, según el análisis del AER, las empresas reguladas no han experimentado un deterioro en su capacidad para obtener financiamiento bajo el Instrumento de 2018.
- c) Rentabilidad histórica: Se refiere a analizar si las empresas han logrado la rentabilidad permitida por el regulador. La AER considera que, si bien la rentabilidad histórica puede proporcionar un contexto, no se pueden sacar conclusiones fiables de ella para determinar la adecuación de la tasa de rentabilidad debido a las dificultades para separar los factores.
- d) Tendencias de inversión: La AER examina si la tasa de rentabilidad ha incentivado la inversión eficiente. El regulador concluye que las tendencias de inversión tienen un valor limitado como verificación cruzada, ya que están influenciadas por múltiples factores externos, como la evolución del mercado y nuevas regulaciones.

A continuación, se presentan las estimaciones para los parámetros estimados, con datos al 31 de diciembre de 2022:

- Tasa libre de riesgo: La tasa libre de riesgo se estimó en 3,60% para un plazo de 10 años. Se estimó utilizando el rendimiento al vencimiento de los bonos del Gobierno de la Commonwealth a 10 años, promediado durante un período de 20 a 60 días hábiles consecutivos.
- Prima de riesgo de mercado (MRP): La prima de riesgo de mercado es del 6,2%. Esta es una ligera variación con respecto al valor del 6,1% del instrumento de 2018.
- Beta (Beta de capital): El valor de la beta de capital es 0,60.
- Retorno sobre el capital (Return on Equity): El retorno indicativo sobre el capital es del 7,32%. Este valor se calcula utilizando la fórmula del Modelo de Precios de Activos de Capital (CAPM).

El modelo utilizado es el siguiente:

$$E(k_e) = RFR + (\beta_e \cdot MRP)$$

Donde:

- RFR: Tasa Libre de Riesgo (Risk-Free Rate)
- MRP: Prima de Riesgo de Mercado (Market Risk Premium)
- β_e : Beta del Capital Propio (Equity Beta)

para estimar la RFR utiliza el Rendimiento al Vencimiento (Yield to Maturity) de los Bonos del Gobierno de la Commonwealth (CGS) a 10 años. Calculando un promedio de los retornos en un período que abarca un rango de 20 a 60 días hábiles consecutivos.

Para estimar MRP se basa en un juicio regulatorio que coloca mayor énfasis en las **Tasas de Retornos en Exceso (premio por riesgo) Históricas (HER)** (*Historical Excess Returns*) y es un valor fijo que en esta oportunidad se determinó en 6.2%.

5.4 Nueva Zelanda

5.4.1 Commerce Commission (2024) – Guidelines for WACC determinations under the cost of capital input methodologies.

En Nueva Zelanda, la Commerce Commission publica este documento para que sea una referencia para la determinación del WACC (Weighted Average Cost of Capital) aplicable en sectores regulados (electricidad, aeropuertos, telecomunicaciones). Busca asegurar que las estimaciones del WACC sean transparentes, consistentes y predecibles, alineadas con buenas prácticas internacionales. Esta comisión determina los inputs de entrada para las diferentes metodologías (IMs) que rigen el cálculo del WACC en los distintos sectores regulados.

En diciembre de 2023 la Comisión hizo una revisión de los IMs definiendo lo siguiente:

- Se mantuvo el enfoque de CAPM como base del cálculo del Cost of Equity.
- Se actualizó el marco para reflejar prácticas internacionales más recientes y mejorar consistencia entre sectores regulados.
- El PRM, que hasta esa fecha estaba fijo en 7%, se definió un proceso de revisión periódica cada 5 años, con posibilidad de ajustes si hay nueva evidencia empírica o internacional.
- Para la estimación del Beta se utilizaba un grupo de empresas comparables limitado. Luego de la revisión, se amplió y actualizó el grupo de empresas comparables considerando compañías de Australia, UK y EE.UU. Además, se le dio mayor énfasis en regresiones a largo plazo y ajustes por diferencias de apalancamiento.
- Respecto al Beta, se estableció un rango 0.6–0.8 para betas apalancadas como benchmark regulatorio.
- Respecto a la tasa libre de riesgo, antes: se usaba el yield de bonos NZ Government con un promedio de 1 mes. Con el cambio se confirmó el uso de bonos NZD, pero se amplió el período de promedio a 2 meses para reducir volatilidad.

- El spread por riesgo de deuda se amplió a una muestra mayor considerando bases de datos de Bloomberg, Reuters, RBNZ y agencias de rating
- En cuanto al apalancamiento financiero, antes fijo en 44%, ahora se definió un rango entre 42% y 45%

En resumen, las principales modificaciones de los IMs, realizadas el 2023 por la Comisión, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 18: Cambios de los input de entrada antes y después del año 2023

Parámetro	Antes de 2023	Después de Revisión 2023
TAMRP (Market Risk Premium)	7%, fijo, sin revisión periódica	7%, pero sujeto a revisión periódica cada 5 años
Equity Beta (β)	Grupo de empresas comparables reducido; valores cercanos a 0.55–0.65	Peer group ampliado (Australia, UK, EE.UU.); rango 0.6–0.8 apalancado
Risk-free rate (R_f)	Bonos NZ Gov, promedio 1 mes, madurez = periodo regulatorio	Bonos NZ Gov, promedio ampliado (≈ 2 meses); madurez = periodo regulatorio
Debt Premium (DP)	Basado en spreads limitados; fuentes menos amplias	Mayor transparencia; uso ampliado de Bloomberg, Reuters, RBNZ, agencias de rating; benchmark BBB+ reafirmado
Gearing (apalancamiento)	44%	42–45% (ajustado con evidencia internacional)

En definitiva, para estimar los parámetros básicos del modelo se sigue el siguiente procedimiento, por cierto, muy parecido al utilizado en Chile:

a) Definición del enfoque de referencia

- El parámetro Beta se estima inicialmente como un *asset beta*, a partir de un conjunto de empresas comparables seleccionadas en mercados internacionales.
- Posteriormente, dicho parámetro se apalanca utilizando la estructura de capital regulatoria definida para cada sector.

b) Selección del grupo de comparables

- Se consideran *utilities* y empresas reguladas de sectores eléctricos y de gas de Australia, Reino Unido y Estados Unidos, con condiciones de riesgo y regulación similares a las del mercado neozelandés.

- Se exige que las empresas cuenten con liquidez bursátil suficiente, de modo de asegurar que los coeficientes de regresión reflejen información de mercado confiable.

c) Metodología de estimación estadística

- El Beta se estima a partir de regresiones lineales ordinarias (OLS) de los retornos de cada acción en relación con un índice de mercado amplio.
- Se emplea una serie temporal de al menos cinco años de datos mensuales (o semanales, cuando la liquidez lo permite), con el fin de mitigar la volatilidad en la estimación.
- El coeficiente estadístico resultante de las regresiones, representa el equity beta de cada empresa comparable.

d) Ajuste por apalancamiento financiero

- Los equity betas individuales se transforman en asset betas, eliminando el efecto de la estructura de capital mediante la fórmula estándar de des apalancamiento propuesta por Robert Hamada:

$$\beta_p^{C/D} = \beta_p^{S/D} \left[1 + (1 - t_c) \left(\frac{B}{P^{C/D}} \right) \right]$$

- A partir de los betas obtenidos, se calcula un promedio representativo del grupo de comparables.

Valores regulatorios fijados tras la revisión 2023 para cuatro industrias reguladas de Nueva Zelanda

Cabe señalar que el modelo CAPM que se aplica asume un PRM ajustado por impuestos denominada TAMRP y es un valor fijo por 5 años. Las principales características para definir este parámetro es el siguiente:

- Determinación Fija: En lugar de utilizar modelos históricos o proyecciones de mercado volátiles, la comisión establece un valor fijo para la TAMRP a través de las Metodologías de Entrada (IMs).
- Valor Establecido: Este valor se fija en 7.0%.
- Aplicación Universal: La misma TAMRP del 7.0% se aplica a todos los sectores regulados listados en el documento (electricidad, gas, aeropuertos, fibra).

- Ciclo de Revisión: El valor se mantiene constante y solo se somete a revisión y potencial cambio durante el ciclo quinquenal de revisión de las Metodologías de Entrada.

Con el propósito de que sirvan como referencia hasta la próxima revisión metodológica, los valores estimados de los betas para cada sector fueron los siguientes:

- Electricidad (EDBs y Transpower): 0.61
- Gas pipelines (GDBs y GTBs): 0.69
- Aeropuertos: 0.87
- Telecomunicaciones: 0.70

5.5 España

5.5.1 Acuerdo por el que se aprueba la propuesta de metodología de cálculo de la tasa de distribución financiera de las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica para el segundo período regulatorio 2020 – 2025.³⁹

En España la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), es el organismo independiente encargado de supervisar y regular el funcionamiento de los mercados, establecer los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución, y velar por la competencia.

La regulación española busca equilibrar la libre competencia con la protección del consumidor. Por ello, se mantienen las tarifas reguladas tanto para el Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) y Tarifa de Último Recurso (TUR) para los consumidores con menor demanda, mientras que el resto pueden acceder a un mercado liberalizado. La **CNMC** se encarga de regular los peajes que remuneran las actividades de transporte y distribución (se consideran monopolios naturales).

El año 2019, la CNMC definió una metodología detallada para estimar la tasa de remuneración para el sector eléctrico luego de una consulta pública. Esta metodología publicó en varias circulares que fueron publicadas en el Boletín Oficial del Estado (BOE)⁴⁰ y se describe de la siguiente manera:

La metodología se basa en el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) nominal después de impuestos, que luego se transforma en una tasa de retribución financiera (TRF) antes de impuestos para su aplicación.

³⁹ Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). <https://www.cnmc.es/>

⁴⁰ La circular más relevante para la industria del gas es la Circular 2/2019, de noviembre de 2019.

1. Selección de Parámetros y Estimaciones

- **Ratio de Apalancamiento Óptimo:** La metodología propuso un ratio de apalancamiento óptimo del 50%. Este valor se basó en el promedio de dos cálculos realizados sobre un grupo de 29 empresas europeas comparables: un promedio simple que resultó en un 46% y un promedio ponderado por la capitalización de mercado que dio como resultado un 48%.
- **Tasa Impositiva:** Se utilizó la tasa impositiva estatutaria de España del 25% correspondiente al año 2017, que se aplica a la hora de desgravar el coste de la deuda y de convertir el WACC después de impuestos a la tasa antes de impuestos.

2. Cálculo del Costo de los Fondos Propios (RFP)

El coste de los fondos propios se estimó utilizando el modelo CAPM que combina tres parámetros clave:

- **Tasa Libre de Riesgo (RLR):** Se calculó como el promedio de las cotizaciones diarias del Bono del Estado español a 10 años durante el período de 6 años (2012-2017), resultando en un valor del 2,97%.
- **Coefficiente Beta (β):**
 - Para la estimación del coeficiente beta, la CNMC seleccionó un grupo de 29 empresas cotizadas con un perfil de riesgo similar a las actividades de transporte y distribución de energía y gas en España. La selección se basó en un método basado en empresas comparables, combinando empresas del índice STOXX® Europe TMI Utilities y una búsqueda específica en Bloomberg. Estas empresas fueron posteriormente filtradas para asegurar que operaban en el sector energético, se encontraban en países europeos con una calificación crediticia superior a BB-/Ba3, y disponían de suficiente información de mercado.
 - El listado final de las 29 empresas comparables seleccionadas, incluyendo su país de origen, es el siguiente:

Cuadro 19: Empresas comparables

Empresa	País
Enagás S.A.	España
Red Eléctrica Corporación S.A.	España
EDP Renováveis, S.A.	Portugal
Enel SpA	Italia
E.On SE	Alemania
EDP S.A.	Portugal
Electricité de France	Francia
Fortum OYJ	Finlandia
Naturgy Energy Group S.A.	España
RWE AG	Alemania
Terna - Rete Elettrica Nazionale SpA	Italia
Public Power Corp S.A.	Grecia
Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A.	Portugal
Veolia Environnement S.A.	Francia
Snam S.p.A.	Italia
Engie	Francia
T&D S.p.A.	Italia
Centrica PLC	Reino Unido
National Grid PLC	Reino Unido
Centrica	Reino Unido
SGN	Reino Unido
Eni S.p.A.	Italia
EnBW Energie Baden-Württemberg AG	Alemania
EVN AG	Austria
Alpiq Holding AG	Suiza
Fluxys Belgium S.A.	Bélgica
Eni S.p.A.	Italia
E.On SE	Alemania
Enel SpA	Italia

- Se obtuvo el beta desapalancado promedio de este grupo de 29 empresas comparables. Después de descartar 5 por no pasar un test de liquidez, el beta promedio de las 24 empresas restantes fue de 0,41.
- Este valor se re-apalancó utilizando el ratio de apalancamiento óptimo del 50% y la tasa impositiva del 25%, lo que arrojó un beta re-apalancado final de 0,72.

- Prima de Riesgo de Mercado (PRM): Se estimó en un 4,75%. Este valor se obtuvo promediando las medias geométrica y aritmética de la prima de riesgo de mercado para los países europeos del informe anual de Credit Suisse, ponderando por su capitalización bursátil.
- Cálculo Final del RFP: Al combinar estos valores ($2,97\% + 0,72 * 4,75\%$), se obtuvo un coste de los fondos propios del 6,40%.

3. Cálculo del Coste de la Deuda (RD)

- El coste de la deuda se calculó como la suma de un tipo de interés de referencia (IRS) y un diferencial (CDS) para cada año del período 2012-2017, basándose en los datos de los comparadores seleccionados.
- El coste de la deuda promedio para el período de 6 años se estimó en un **2,63%**.
- El documento destaca que el coste de la deuda promedio para las empresas españolas en el período analizado fue solo 6 puntos básicos más caro que el promedio europeo de los comparadores.

4. Tasa de Retribución Financiera (TRF)

Utilizando todos los parámetros calculados (RFP del 6,40%, RD del 2,63%, apalancamiento del 50% y tasa impositiva del 25%), el cálculo final del WACC y la posterior conversión a la tasa antes de impuestos resultó en una TRF del 5,58%.

5.6 Brasil

La metodología que la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) utiliza para determinar el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) está bien documentada y ha sido un tema central en sus procesos regulatorios. Se basa en una combinación de modelos financieros reconocidos para asegurar que la remuneración de las empresas del sector eléctrico sea justa y eficiente y se propone inicialmente en la nota técnica nº 297/2011-SRE/ANEEL, donde se establece una metodología detallada para el cálculo del WACC que se basa en la teoría de Modigliani y Miller (1963) y en el modelo CAPM. A partir de esta norma, la metodología ha sido revisada y actualizada en sucesivos documentos regulatorios para reflejar cambios en el mercado y mejoras en los modelos financieros.

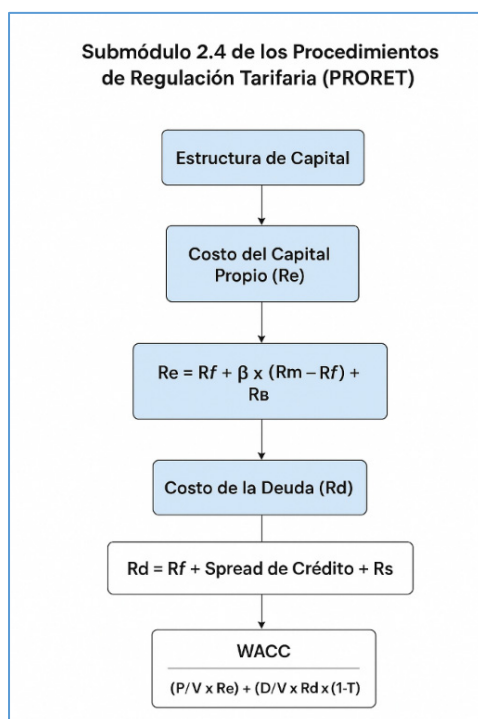
Formalmente la metodología se define en el documento de “Procedimientos de Regulación Tarifaria (PRORET) de la ANEEL⁴¹. El cual es una guía normativa exhaustiva que regula

⁴¹ <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/proret>

los procesos tarifarios del sector eléctrico brasileño. Su objetivo principal es consolidar y estandarizar los procedimientos aplicables a las concesionarias de distribución, transmisión y generación de energía eléctrica. La estructura del PRORET fue aprobada originalmente por la Resolución Normativa N° 435/2011, y ha sido actualizada por resoluciones posteriores, como la RN N° 1003/2022, que consolidó y modernizó los submódulos.

El esquema definido por ANEEL para determinar el WACC en los procesos tarifarios es el siguiente:

Cuadro 20: esquema del cálculo tasa de costo de capital definido por Aneel



Fuente: ANEEL

La metodología estima los parámetros básicos del modelo, de la siguiente manera:

- Remuneración del capital propio (Ke=Re)
 - Considera factores como la tasa libre de riesgo, el beta regulatorio y el premio por riesgo de mercado, es decir el modelo de mercado.
- Remuneración a los acreedores (Kb): El cual es incorporado dentro del componente de Tasa Libre de Riesgo y Riesgo País.
 - Basada en el costo medio ponderado de la deuda de empresas comparables.
 - Incluye ajustes por impuestos y condiciones del mercado financiero.
- Riesgo País (RB)
- Estructura de capital regulatoria:
 - Define la proporción entre capital propio y capital de terceros.

- Se establece una estructura estándar (por ejemplo, 40% capital propio y 60% capital de terceros) para garantizar consistencia entre distribuidoras.

Respecto a la tasa libre de riesgo se obtienen directamente de los títulos públicos brasileños (retorno medio de las Notas del Tesoro Nacional indexadas a la inflación - IPCA, o NTN-B. Con ventanas de 10 años.

En cuanto al beta regulatorio que realiza ANEEL, no se realiza con datos del mercado brasileño, sino que se utiliza un método basado en empresas del sector de energía eléctrica de Estados Unidos. El proceso se explica de la siguiente manera:

- Muestra de referencia: Se analizan empresas del sector de distribución y transmisión de energía de EE.UU. que sean miembros del Edison Electric Institute (EEI)⁴² y en las cuales al menos el 50% de sus activos deben estar dedicados a la industria de distribución y/o transmisión.
- Cálculo del beta apalancado: Se calcula el beta apalancado para cada una de estas empresas estadounidenses aplicando una regresión lineal entre los retornos de cada compañía y los retornos del S&P 500, con datos mensuales de 5 años.
- Beta desapalancado: Se ajusta el beta de cada empresa para eliminar el efecto del apalancamiento financiero, utilizando su grado de apalancamiento y la tasa de impuestos de EE.UU. Con esto se obtiene el beta del negocio sin deuda. Para este procedimiento se utiliza la propuesta del profesor Robert Hamada.
- Ponderación y promedio: Se pondera el beta desapalancado por la participación de los activos de transmisión o distribución en los activos totales de la empresa, y se calcula la media ponderada de los betas de la muestra.
- Reapalancamiento: Finalmente, se re-apalanca el beta sin deuda promedio del sector, pero esta vez se utilizan la estructura de capital (55% deuda) y la tasa de impuestos (34%) establecidas por la ANEEL para el mercado brasileño.

Por último, el premio por riesgo de mercado se estima como la diferencia entre la tasa de retorno del mercado estadounidense (R_m) y la tasa de retorno del activo libre de riesgo estadounidense (r_f). La principal justificación de la ANEEL para utilizar el mercado estadounidense (específicamente el S&P 500) para estimar el beta y el premio por riesgo de mercado es la falta de madurez y liquidez del mercado de capitales brasileño. Sin embargo, el Costo de Capital Propio completo se ajusta a las tasas locales brasileñas a través de la incorporación de **dos componentes de riesgo locales** que se añaden por separado al modelo: Premio por riesgo de la actividad y premio por riesgo país.

El cálculo más reciente del WACC regulatorio aprobado por ANEEL fue publicado en el Despacho N° 1.296 del 23 de abril de 2024, y establece los parámetros que deben aplicarse en los procesos tarifarios entre el 1 de marzo de 2024 y el 28 de febrero de 2025.

⁴² <https://www.eei.org/>

Los resultados de este último ejercicio aplicado por ANEEL, para la industria de distribución, transmisión y generación eléctrica fue el siguiente:

Cuadro 21: Parámetros del modelo que estima la tasa WACC por ANEEL

Parámetros - 2024	Distribución	Transmisión y Generación
Remuneración del Capital		
Tasa libre de riesgo	5,08%	5,08%
Beta apalancado	0,8087	0,7388
Premio por Riesgo de Mercado	6,70%	6,70%
Riesgo de la actividad	0,28%	0,00%
Premio por riesgo del negocio y financiero	5,69%	5,18%
Remuneración real después de impuestos	10,77%	10,26%
Remuneración de capital a tercero		
Debentures	6,23%	5,91%
Costo de emisión	0,56%	0,56%
Remuneración real después de impuestos	6,79%	6,47%
Impuestos	34,00%	34,00%
Remuneración real después de impuestos	4,48%	4,27%
Estructura de Capital		
% Capital Propio	51,55%	54,87%
% Capital de Terceros	48,45%	45,13%
Tasa regulatoria de remuneración al capital, promedio ponderada		
Real después de impuesto	7,72%	7,56%
Real antes de impuesto	11,70%	11,45%

Fuente: Datos publicados en ANEEL

Por otro lado, en el sitio web de ANEEL se encuentran publicados las estimaciones históricas de la tasa de remuneración sobre el capital, desde el año 2018 a 2024. A continuación, se presentan los cálculos históricos para la industria de generación y distribución eléctricas:

Cuadro 22: Tasa de remuneración sobre el capital (WACC) para Generación

Transmisión y Generación	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Remuneración del Capital Propio							
Taxa Livre de Risco	6,40%	6,12%	5,83%	5,56%	5,33%	5,16%	5,08%
Beta Apalancado	0,534	0,475	0,424	0,509	0,601	0,678	0,774
Premio por Riesgo de Mercado	6,38%	6,44%	6,46%	6,50%	6,60%	6,66%	6,70%
Premio por riesgo del negocio y financiero	3,41%	3,06%	2,74%	3,31%	3,97%	4,51%	5,18%
Remuneración real después de impuestos	9,80%	9,17%	8,57%	8,87%	9,29%	9,67%	10,26%
Remuneración de capital a tercero							
Debentures	6,92%	6,71%	6,21%	5,97%	5,77%	6,00%	5,91%
Costo de emisión	0,35%	0,40%	0,37%	0,41%	0,41%	0,52%	0,56%
Remuneración real después de impuestos	7,27%	7,11%	6,58%	6,38%	6,19%	6,52%	6,47%
Impuestos	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%
Remuneración real después de impuestos	4,80%	4,69%	4,34%	4,21%	4,08%	4,30%	4,27%
Estrutura de Capital							
% Capital Propio	58,25%	60,39%	61,97%	54,73%	54,64%	55,11%	54,87%
% Capital de Terceros	41,75%	39,61%	38,03%	45,27%	45,36%	44,89%	45,13%
Taxa Regulatória de Remuneração do Capital - Média Ponderada							
Real después de impuesto	7,72%	7,40%	6,96%	6,76%	6,93%	7,26%	7,56%
Real antes de impuesto	11,69%	11,21%	10,55%	10,24%	10,50%	11,00%	11,45%

Fuente: datos publicados por ANEEL

Cuadro 23: Tasa de remuneración sobre el capital (WACC) para Distribución

Distribución	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Remuneración del Capital Propio							
Tasa libre de riesgo	6,40%	6,12%	5,83%	5,56%	5,33%	5,16%	5,08%
Beta apalancado	0,567	0,503	0,448	0,535	0,630	0,708	0,809
Premio por Riesgo de Mercado	6,38%	6,44%	6,46%	6,50%	6,60%	6,66%	6,70%
Riesgo de la actividad	0,58%	0,53%	0,51%	0,44%	0,39%	0,30%	0,28%
Premio por riesgo del negocio y financiero	4,20%	3,77%	3,40%	3,92%	4,55%	5,02%	5,69%
Remuneración real después de impuestos	10,60%	9,88%	9,23%	9,48%	9,88%	10,18%	10,77%
Remuneración de capital a tercero							
Debentures	7,49%	7,18%	6,73%	6,17%	5,98%	6,13%	6,23%
Costo de emisión	0,35%	0,40%	0,37%	0,41%	0,41%	0,52%	0,56%
Remuneración real después de impuestos	7,84%	7,57%	7,10%	6,58%	6,39%	6,65%	6,79%
Impuestos	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%	34,0%
Remuneración real después de impuestos	5,17%	5,00%	4,69%	4,35%	4,22%	4,39%	4,48%
Estrutura de Capital							
% Capital Propio	54,02%	56,45%	57,82%	51,83%	51,75%	52,45%	51,55%
% Capital de Terceros	45,98%	43,55%	42,18%	48,17%	48,25%	47,55%	48,45%
Taxa Regulatória de Remuneração do Capital - Média Ponderada							
Real después de impuesto	8,10%	7,76%	7,32%	7,01%	7,15%	7,43%	7,72%
Real antes de impuesto	12,28%	11,75%	11,08%	10,62%	10,83%	11,25%	11,70%

Fuente: datos publicados por ANEEL

En ambas tablas anteriores, se puede apreciar un costo de capital estable, mostrando una disminución importante entre los años 2020 y 2022.

6 Resumen con los valores determinados y criterios aplicados en los estudios analizados para las tasas de costo capital y sus componentes.

A continuación, se entrega un resumen de los estudios analizados, en cuanto a los modelos utilizados, parámetros claves estimados, metodología utilizada y principales resultados.

Cuadro 24: Valores y criterios definidos en los estudios internacionales analizados

País	Modelo principal	Parámetros clave estimados	Metodología destacada	Resultados / Valores de referencia
Canadá (AUC – Alberta, 2023)	Fórmula basada en ERP (inspirada en CAPM, DCF y modelos de prima de riesgo)	ROE base: 9,0% Ajustes: $0,5 \times$ (rendimiento bonos 30 años GoC – 3,1%) + $0,5 \times$ (spread bonos utilities A – spread base) Estructura capital: 37–39% equity	Sustituye procesos tradicionales por un enfoque de fórmula automática para ROE. Revisión cada 5 años. Basado en datos de mercado canadienses.	ROE ajustable anualmente ($\approx 9\% +$ ajustes). Betas: 0,45–0,75. Descartados valores >1 . Crecimiento $\leq$ PIB nominal.
Reino Unido (Ofgem / Oxera, 2020–2021)	CAPM con ajustes (bajo modelo RIIO)	Rf real: -0,93% (Oxera) vs -1,16% (Ofgem) ERP: 7,9–8,4% Beta equity: 0,85–0,93 (apal. 60%) CoE: 5,8–6,9% (Oxera) vs 4,65% (Ofgem)	Uso de betas de comparables europeos. Fórmula Harris–Pringle para desapalancamiento. Debate sobre riesgos regulatorios no capturados por CAPM.	Ofgem subestimó CoE. Oxera recomienda $\geq 5,8\%$. Riesgo de infrafinanciación si se mantiene bajo.
Reino Unido (CAA – Aeropuertos, 2021)	CAPM + IV-based betas	Betas de aeropuertos: 0,6–0,9 (pre y post COVID) Ajustes por volatilidad implícita en opciones	Considera impacto de la pandemia: compara betas convencionales y IV-based betas para capturar riesgo extraordinario.	Betas post-COVID mayores que pre-pandemia. Refleja necesidad de ajuste regulatorio en escenarios extremos.
Australia (AER, 2022/2023)	CAPM (Sharpe–Lintner) para CoE + WACC	Rf: 3,6% (bonos 10 años) MRP: 6,2% Beta equity: 0,60 CoE: 7,32%	Horizonte 10 años (no 5). Cross-checks : múltiplos RAB, viabilidad financiera, rentabilidad histórica, tendencias de inversión.	WACC nominal antes de impuestos, estable y predecible. Se mantiene horizonte 10 años por estabilidad regulatoria.
Nueva Zelanda (Commerce Commission, 2023/2024)	CAPM + WACC regulatorio	TAMRP: 7% (revisión cada 5 años) Beta apalancada: 0,6–0,8 (según sector) Gearing: 42–45% Rf: bonos NZ Gov (2 meses)	Ampliación del grupo de comparables (Australia, UK, EE.UU.). Estimaciones con OLS sobre 5 años de datos mensuales/sem. Ajustes por apalancamiento.	Betas fijados por sector: Electricidad: 0,61 Gas: 0,69 Aeropuertos: 0,87 Telecom: 0,70
España (CNMC, 2019)	CAPM para CoE + WACC (nominal después impuestos, convertido a TRF)	Rf: 2,97% (bonos 10 años, 2012–2017) ERP: 4,75% (Credit Suisse Yearbook) Beta final: 0,72 (grupo 29 empresas europeas) CoE: 6,40% Rd: 2,63% Gearing: 50%	Proceso de consulta pública. Selección comparables europeos. Desapalancamiento y reapalancamiento con ratio 50% y tasa impositiva 25%.	TRF final: 5,58% para 2020–2025.
Brasil (ANEEL, 2024)	CAPM + WACC regulatorio (Modigliani & Miller + Hamada)	Rf: bonos del Tesoro EE.UU. (10 años) ERP: mercado EE.UU. (S&P 500) Beta: calculado con empresas EE.UU. (EEI), desapalancado y reapalancado con 55% deuda y tasa 34%	Uso de datos de EE.UU. por baja liquidez local. Procedimiento formalizado en PRORET. Revisiones anuales (última: 2024).	WACC estable en 2018–2024, con caída relevante 2020–2022. Parámetros ajustados anualmente en procesos tarifarios.

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en los estudios analizados

7 Metodología de cálculo para la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y tasa de costo de capital para una empresa eficiente de distribución de gas de red en Chile.

De acuerdo a la normativa vigente, la Ley General de Servicios Eléctricos en su artículo 118° señala que:

“• La tasa de rentabilidad libre de riesgo corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile o la Tesorería General de la República para un instrumento reajutable en moneda nacional. El tipo de instrumento y su plazo deberán considerar las características de liquidez, estabilidad y montos transados en el mercado secundario de cada instrumento en los últimos dos años a partir de la fecha de referencia del cálculo de la tasa de descuento, así como su consistencia con el horizonte de planificación de la empresa eficiente. El período considerado para establecer el promedio corresponderá a un mes y corresponderá al mes calendario de la fecha de referencia del cálculo de la tasa de descuento.

- El riesgo sistemático se define como un valor que mide o estima la variación en los ingresos de una empresa eficiente de transmisión eléctrica con respecto a las fluctuaciones del mercado.

- El premio por riesgo de mercado se define como la diferencia entre la rentabilidad de la cartera de mercado diversificada y la rentabilidad del instrumento libre de riesgo antes definida.

- La información nacional o internacional que se utilice para el cálculo del valor del riesgo sistemático y del premio por riesgo deberá permitir la obtención de estimaciones confiables desde el punto de vista estadístico. De este modo, la tasa de descuento será la tasa de rentabilidad libre de riesgo más el premio por riesgo multiplicado por el valor del riesgo sistemático.”

Por otro lado, el artículo 32° de la Ley de Servicios de Gas define que:

“• La tasa de rentabilidad libre de riesgo corresponderá a la tasa interna de retorno promedio ofrecida por el Banco Central de Chile o la Tesorería General de la República para un instrumento reajutable en moneda nacional. La elección del tipo de instrumento y su plazo deberán considerar las características de liquidez, estabilidad y montos transados en el mercado secundario de cada instrumento en los últimos dos años contados desde su mes de cálculo. El período considerado para establecer el promedio corresponderá a seis meses.

- El riesgo sistemático se define como un valor que mide o estima la variación en los ingresos de una empresa eficiente de distribución de gas con respecto a las fluctuaciones del mercado.
- El premio por riesgo de mercado se define como la diferencia entre la rentabilidad de la cartera de mercado diversificada y la rentabilidad del instrumento libre de riesgo antes definida.
- La información nacional o internacional que se utilice para el cálculo del valor del riesgo sistemático y del premio por riesgo deberá permitir la obtención de estimaciones confiables desde el punto de vista estadístico. De este modo, la tasa de descuento será la tasa de rentabilidad libre de riesgo más el premio por riesgo multiplicado por el valor del riesgo sistemático.”

Como se puede apreciar, ambas normativas legales definen prácticamente la misma manera de determinar la tasa de descuento, existiendo solo una diferencia en el plazo para calcular el promedio de las TIR del instrumento libre de riesgo escogido. En el caso de la industria de transmisión eléctrica, el plazo que determina la ley para estimar el promedio de la rentabilidad del instrumento libre de riesgo es de un mes. En el caso de la industria de distribución de gas de red, el plazo para este promedio es de seis meses.

Por lo tanto, la tasa de costo de capital tanto de una empresa de transmisión eléctrica como una de distribución en gas en red, en concordancia con la ley vigente, se estima usando el CAPM (Modelo de Valoración de Activos de Capital) y corresponde a:

$$TCC_i = r_f + \beta_i [E(r_m) - r_f] \quad (1)$$

Donde:

TCC_i = tasa de costo de capital (tasa de actualización) de la empresa i.

r_f = tasa de interés libre de riesgo.

$[E(r_m) - r_f]$ = premio por riesgo de mercado.

β_i = riesgo sistemático de los activos, denominado usualmente en inglés "unlevered beta".

Considerando las secciones anteriores, especialmente el marco teórico y metodológico presentado, proponemos la siguiente metodología para calcular la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y la tasa de costo de capital de la industria de distribución de gas de red.

7.1 Metodología y Estimación Tasa Libre de Riesgo

El marco legal exige que el bono emitido por el Banco Central⁴³ que se escoja para estimar la tasa libre de riesgo sea líquido, representativo (montos transados) y estable. Esto se analizará en un periodo de 2 años.

- **Liquidez del instrumento:** Si un bono no es líquido, la TIR de este instrumento puede estar desactualizada y por lo tanto no será un buen estimador de la tasa libre de riesgo hoy. Mientras menos líquido sea un instrumento entonces mayor es la tasa exigida por los inversionistas. La medida de liquidez que se utilizará es la Presencia Bursátil del instrumento.
- **Montos transados del instrumento:** Los montos transados son una medida de la representatividad del instrumento en el mercado chileno. La representatividad en el mercado de un instrumento que se define como libre de riesgo es pertinente de exigir, ya que mientras mayor participación este tenga en el mercado de estos bonos, reflejará de mejor manera la exigencia de rentabilidad de los inversionistas en ese mercado. Es decir, al exigir que la tasa libre de riesgo sea representativa del mercado, se está procurando que la tasa de costo de capital sea acorde a la rentabilidad exigida por el negocio en el mercado chileno.
- **Estabilidad del instrumento:** Se define en función del interés manifestado por los inversionistas por el instrumento en cuestión. Si este es estable en el tiempo, entonces las transacciones de este lo serán también. Al no ser estable el instrumento, su TIR no reflejará una rentabilidad proyectable en el tiempo, requisito mínimo de la tasa de costo de capital, ya que debe reflejar el costo de oportunidad futuro del negocio, al menos durante los próximos años. La estabilidad será medida como el coeficiente de variación del número de transacciones, montos transados y cantidad de bonos transados. Además, se debe incorporar el coeficiente de variación de la presencia bursátil y la volatilidad de la TIR de los bonos puesto que también es deseable que el instrumento escogido no tenga fluctuaciones en cuanto a su presencia en el mercado y fuertes cambios de tasa porque eso tiene un impacto relevante en el costo de capital. La evaluación de la volatilidad de la TIR debe tener presente que se trate de un instrumento líquido y representativo pues si el instrumento tiene baja liquidez es posible que la volatilidad de la tasa sea baja, lo cual llevaría a una medida distorsionada. Cada una de estas características tendrá igual peso al momento de clasificar un bono como estable.

⁴³ El Banco Central emite bonos del propio Banco (ej BCU) y además emite los Bonos de Tesorería (BTU), ambos son bonos libres de riesgo.

Con el propósito de poder elegir un instrumento en particular y pensando que los coeficientes de variación (medida de variabilidad) difieren entre instrumentos, entonces se utilizará un test que permita detectar diferencias significativas entre pares de coeficientes de variación (Jerrold H. Zar, 2010). El test requiere de una muestra grande, lo cual en este caso se cumple. En general, en período de dos años hay más de 450 días hábiles. Se debe tener presente que la ley no le otorga más importancia a alguna característica en particular de los bonos (liquidez, montos transados y estabilidad). Por lo tanto, el bono escogido será aquel que mejor cumple con los tres atributos antes señalados en igual grado de importancia⁴⁴. Considerando que es posible que un instrumento no cumpla con ser el mejor bajo cada criterio entonces se utiliza un sistema de puntaje para calificarlos y por lo tanto aquel instrumento que obtiene el mayor puntaje acumulado considerando los tres criterios entonces será el instrumento escogido, los puntajes y lugar en el ranking de los otros instrumentos relevantes también serán reportados.

Finalmente, en el caso en que existan empates entre los instrumentos, se considerará el índice $LR_{it,HH}$ que mide resistencia y profundidad⁴⁵. Este índice relaciona el volumen transado como proporción del total de unidades a disposición del público, con su impacto en precios. A mayor volumen de transacciones relativas a los cambios en el precio, mayor es la profundidad y resistencia de dicho activo.

Se definen Profundidad y Resistencia como:

- *Profundidad*: un mercado es profundo cuando existen órdenes de compra y venta sobre y bajo el precio de transacción vigente.
- *Resistencia*: un mercado es resistente cuando existen muchas órdenes de compra y venta como respuesta a cambios en los precios. El ratio se define entre 0 y 1, mientras menor sea el ratio mayor resistencia y profundidad posee el instrumento.

El índice se define como:

$$LR_{it,HH} = \frac{(P_{it,max} - P_{it,min})/P_{it,min}}{V_{it}/(S \cdot \bar{P})}$$

Dónde:

$LR_{it,HH}$: Es la razón de liquidez de la ventana t para el instrumento i.

$P_{it,max}$: Es el precio máximo del instrumento i alcanzado en la ventana t, y corresponde a la transacción de mayor precio.

$P_{it,min}$: Es el precio mínimo del instrumento i alcanzado en la ventana t, y corresponde a la transacción de menor precio.

⁴⁴ Debido a que la ley no se refiere a cuál de las tres características es más relevante, suponemos que las tres son de igual importancia.

⁴⁵ En procesos anteriores, así como en el proceso actual no ha sido necesario el uso de este índice puesto que ha existido desempate al usar el método de ranking basado en puntajes.

V_{it} : Es el volumen transado del instrumento i en la ventana t , y corresponde a la suma del volumen de cada transacción, este último calculado como la cantidad por el precio de cada transacción.

S_{it} : Es el número de unidades totales del instrumento tipo i , ofrecido en la ventana t .

$\bar{P}$: Es el precio de cierre promedio del instrumento i en la ventana t , y corresponde al promedio de los precios de cierre diarios en la ventana t .

Una vez escogido los potenciales instrumentos libres de riesgo se realizará un chequeo de liquidez partiendo de un horizonte que va desde los 2 años más recientes hasta el mes más reciente puesto que para determinar la tasa de actualización o tasa de descuento, de acuerdo a la ley, se deben estimar promedios de 6 meses para distribución de Gas y de 1 mes para transmisión eléctrica.

7.1.1 Descripción de los Datos

En ambas estimaciones, los datos utilizados provienen del mercado secundario para un horizonte de dos años. Estos son solicitados a la Bolsa de Comercio de Santiago y corresponden a las transacciones diarias de instrumentos de renta fija reajustables del Banco Central y la Tesorería General de la República, desde 03/07/2023 a 30/06/2025.

Los plazos a utilizar serán residuales y por lo tanto aplicaremos el criterio que utiliza la Bolsa de Comercio de Santiago para determinar los *benchmarks* de los diferentes instrumentos de renta fija emitidos por el Estado⁴⁶. A continuación, se presentan los rangos de plazos residuales para cada instrumento:

⁴⁶ Esta clasificación estandariza los instrumentos, al punto que el propio Banco Central entrega sus estadísticas de transacciones del mercado secundario siguiendo la misma clasificación. La información públicamente disponible de la Bolsa de Comercio es para bonos con vencimiento en 2, 3, 4, 5, 7, 10, 20 y 30 años. En la búsqueda de la mayor transparencia y estandarización posible se recomienda mantener la clasificación. Si se crean otras clasificaciones entonces entramos en un terreno en que se podría discutir el intervalo a usar y esto no es conveniente para el proceso regulatorio. Por lo tanto, para hacer comparable los resultados por vencimiento es necesario mantener esta clasificación.

Cuadro 25: Plazos residuales de Instrumentos de Renta Fija (Benchmark)

Benchmark	Plazo	
	Desde (inclusive)	Hasta (inclusive)
02	1 años 7 meses	2 año 6 meses
03	2 años 7 meses	3 años 6 meses
04	3 años 7 meses	4 años 6 meses
05	4 años 7 meses	5 años 11 meses
07	6 años 0 meses	7 años 11 meses
10	8 años 0 meses	10 años 11 meses
20	16 años 0 meses	20 años 6 meses
30	25 años 0 meses	30 años 0 meses

Fuente: Bolsa de Comercio de Santiago

Tal como se describe al comienzo de esta sección, para escoger el instrumento libre de riesgo se deberán analizar la liquidez, estabilidad y montos transados de los diferentes instrumentos. Cada una de estas características se determinarán de la siguiente manera:

Liquidez (presencia bursátil)

Para determinar la liquidez se utilizará la presencia bursátil de cada instrumento y para esto se calculó el número de días que transó el instrumento en relación con el total de días en que se transaron bonos, en los últimos dos años, sin embargo, también se consideraron plazos más reducidos con el propósito de analizar su comportamiento. El siguiente cuadro muestra la presencia bursátil para cada instrumento, en los últimos 2 años:

Cuadro 26: Presencia bursátil de instrumentos libres de riesgo

	BCU5	BCU7	BCU20	BTU2	BTU3	BTU4	BTU5	BTU7	BTU10	BTU20	BTU30
Presencia bursátil 2 AÑOS	0,20%	0,81%	0,40%	47,37%	18,83%	47,77%	53,44%	65,38%	81,98%	34,62%	46,36%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Al considerar el plazo que establece la ley, 24 meses, se puede determinar que el instrumento **BTU-10** es el con mayor presencia bursátil, con un 81,98%, seguido por el **BTU-7** con un 65,38% y finalmente el **BTU-5** con un 53,44%.⁴⁷

Un aspecto relevante es que, si analizamos períodos más cortos de tiempo para medir la presencia bursátil, el **BTU-10** presenta la mayor presencia bursátil en todos los períodos

⁴⁷ Si consideramos horizontes más reducidos (18 meses, 12 meses y 6 meses) para analizar la presencia, no cambia el orden relativo de los instrumentos y el BTU-10 sigue siendo el instrumento con mayor presencia bursátil, aun cuando la aplicación del criterio se hace exclusivamente a los 24 meses conforme a lo establecido en la ley.

analizados. El **BTU-7** baja considerablemente su presencia conforme el horizonte de tiempo, experimentando una clara disminución hacia junio de 2025. Esto será importante al definir la mejor proxy del instrumento libre de riesgo, toda vez que el plazo para calcular el promedio de las rentabilidades es más bien breve. El cuadro siguiente muestra la liquidez de los instrumentos analizados para diferentes períodos:

Cuadro 27: Presencia bursátil de instrumentos libres de riesgo

Período	BCU5	BCU7	BCU20	BTU2	BTU3	BTU4	BTU5	BTU7	BTU10	BTU20	BTU30
Presencia 2 años	0,20%	0,81%	0,40%	47,37%	18,83%	47,77%	53,44%	65,38%	81,98%	34,62%	46,36%
Presencia 18 meses	0,00%	0,54%	0,00%	42,20%	16,40%	62,63%	55,91%	54,03%	82,53%	29,84%	40,05%
Presencia 1 año	0,00%	0,81%	0,00%	12,96%	24,29%	69,64%	69,64%	30,77%	90,69%	28,34%	36,03%
Presencia 6 meses	0,00%	1,61%	0,00%	0,00%	47,58%	40,32%	100,00%	0,81%	92,74%	18,55%	37,10%
Presencia 1 mes	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	5,00%	100,00%	0,00%	95,00%	5,00%	25,00%
Promedio	0,1%	0,9%	0,1%	25,6%	26,8%	55,1%	69,7%	37,7%	87,0%	27,8%	39,9%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

Representatividad (montos transados)

Los montos transados sirven como una aproximación al grado de representatividad de cada instrumento. Se calculó el promedio de los montos transados para los últimos dos años. En la penúltima fila del Cuadro 28 se muestra el porcentaje de montos transados correspondiente a cada uno de los instrumentos. Claramente el **BTU-2** sería el que tiene mayor porcentaje de los montos transados con 25,19%, seguido por el **BUT-5** con 20,13%⁴⁸ y el **BTU-7** con 19,55%.

Finalmente, y sólo con el propósito de ilustrar las diferencias entre los instrumentos, hemos encontrado conveniente complementar esa información con las unidades transadas y el número de negocios. Se puede apreciar que el **BTU-2** sigue siendo el más representativo si consideramos unidades transadas y número de negocios. En todo caso, la selección de los instrumentos bajo este criterio está basado exclusivamente en montos transados.

Cuadro 28: Representatividad de los instrumentos libres de riesgo

	BCU5	BCU7	BCU20	BTU2	BTU3	BTU4	BTU5	BTU7	BTU10	BTU20	BTU30
Unidades	37	128	71	457.041	144.878	267.896	356.251	357.835	195.444	24.974	27.832
Porcentaje	0,00%	0,01%	0,00%	24,94%	7,91%	14,62%	19,44%	19,53%	10,67%	1,36%	1,52%
Nº de Negocios	0,00	0,01	0,01	32,77	10,11	13,05	15,22	21,64	6,15	1,09	1,45
Porcentaje	0,00%	0,01%	0,01%	32,28%	9,96%	12,86%	14,99%	21,32%	6,06%	1,07%	1,42%
Montos Transados (M\$)	1.394,8	4.933,8	2.833,7	16.521.065,5	5.132.095,9	9.280.695,8	13.206.249,6	12.825.672,9	6.635.643,5	1.010.067,9	970.072,2
Porcentaje	0,00%	0,01%	0,00%	25,19%	7,82%	14,15%	20,13%	19,55%	10,12%	1,54%	1,48%
Promedio	0,00%	0,01%	0,01%	27,47%	8,56%	13,87%	18,19%	20,13%	8,95%	1,32%	1,47%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

⁴⁸ Estas cifras muestran que no necesariamente el instrumento con mayor presencia bursátil es el que tenga los mayores montos transados. Por lo tanto, es claramente necesario contar con ambos criterios (liquidez y montos transados) para poder escoger el instrumento libre de riesgo.

Estabilidad

El instrumento libre de riesgo utilizado deberá ser estable en el tiempo. Para medir la estabilidad se calculará el Coeficiente de Variabilidad (CV) que representa cuan variable es el parámetro relativo a su media, en forma mensual.

$$CV = \frac{\text{Desviación Estándar}}{\text{Promedio}}$$

El siguiente cuadro muestra los diferentes coeficientes de variación obtenidos para los cinco criterios establecidos: unidades transadas, número de negocios, montos transados, presencia bursátil y TIR media.

Cuadro 29: Estabilidad de Bonos de Gobierno basado en coeficiente de variación

	BCU5	BCU7	BCU20	BTU2	BTU3	BTU4	BTU5	BTU7	BTU10	BTU20	BTU30
Unidades	37	128	71	457.041	144.878	267.896	356.251	357.835	195.444	24.974	27.832
Coeficiente de variación	22,249	17,732	15,876	1,574	3,011	1,552	1,715	1,412	2,201	4,593	2,578
Nº de Negocios	0,00	0,01	0,01	32,77	10,11	13,05	15,22	21,64	6,15	1,09	1,45
Coeficiente de variación	22,226	13,818	15,860	1,617	3,214	1,818	1,934	1,376	1,349	2,321	1,837
Montos Transados (M\$)	1.394,8	4.933,8	2.833,7	16.521.065,5	5.132.095,9	9.280.695,8	13.206.249,6	12.825.672,9	6.635.643,5	1.010.067,9	970.072,2
Coeficiente de variación	22,226	17,749	15,843	1,570	2,986	1,559	1,728	1,419	2,293	4,566	2,546
TIR Media	2,56	2,68	2,45	2,79	2,57	2,41	2,56	2,63	2,55	2,50	2,40
Coeficiente de variación	N/A	0,170	N/A	0,223	0,177	0,094	0,113	0,132	0,100	0,123	0,107

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Comercio de Santiago.

En el cuadro anterior se observa que, respecto al promedio de unidades transadas, número de negocios, montos transados y TIR, los **BTU-7, BTU-10 y BTU-4** son los instrumentos más estables (con menores CV).

Con el propósito de poder elegir un instrumento en particular y pensando que los coeficientes de variación (medida de variabilidad) difieren entre instrumentos, entonces se utilizará el test presentado en el marco metodológico que permite detectar diferencias significativas entre pares de coeficientes de variación (Jerrold H. Zar, 2010). La hipótesis nula a probar es la igualdad entre pares de coeficientes de variación (ej. CVBTU-10 = CVBTU-5 para unidades transadas). El test requiere de una muestra grande, lo cual en este caso se cumple. En la muestra analizada, en el período de dos años hay 494 días hábiles. Los resultados de esta prueba son los siguientes:

A continuación, se presentan las pruebas aplicadas a los CV de unidades transadas, número de negocios, montos transados y TIR promedio.

Cuadro 30: Testeo estadístico entre instrumentos para criterio de estabilidad (BTU 7, BTU 4 y BTU 10)

Análisis de CV unidades transadas				Análisis de CV n° de negocios				Análisis de CV montos transados				Análisis de CV TIR media			
	CV	n-1	Iguales		CV	n-1	Mejor BTU7		CV	n-1	Iguales		CV	n-1	Mejor BTU7
BTU7	1,41	493		BTU7	1,38	493		BTU7	1,42	493		BTU7	0,13	493	
BTU4	1,55			BTU4	1,82			BTU4	1,56			BTU4	0,09		
CVp	1,48			CVp	1,60			CVp	1,49			CVp	0,11		
CVp*2	2,20			CVp*2	2,55			CVp*2	2,22			CVp*2	0,01		
Z	0,9079			Z	2,4888			Z	0,8919			Z	-7,3603		
p-value	0,1820	No se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0064	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,1862	No se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0000	Se rechaza hipótesis nula	
Análisis de CV unidades transadas				Análisis de CV n° de negocios				Análisis de CV montos transados				Análisis de CV TIR media			
	CV	n-1	Mejor BTU7		CV	n-1	Iguales		CV	n-1	Mejor BTU7		CV	n-1	Mejor BTU10
BTU7	1,41	493		BTU7	1,38	493		BTU7	1,42	493		BTU7	0,13	493	
BTU10	2,20			BTU10	1,35			BTU10	2,29			BTU10	0,10		
CVp	1,81			CVp	1,36			CVp	1,86			CVp	0,12		
CVp*2	3,26			CVp*2	1,86			CVp*2	3,45			CVp*2	0,01		
Z	3,5379			Z	-0,2051			Z	3,7218			Z	-6,0209		
p-value	0,0002	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,4188	No se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0001	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0000	Se rechaza hipótesis nula	

Al comprar el **BTU-7** con el **BTU-4** se aprecia que en N° de negocios y TIR media, el primero es más estable. Sin embargo, en cuanto a unidades transadas y montos transados, el test arroja que ambos instrumentos son igual de estables.

Al comparar el **BTU-7** con el **BTU-10** en cuanto a unidades y montos transados, el primero es más estable, sin embargo, desde el punto de vista de la TIR media, el **BTU-10** es más estable. En cuanto a número de negocios ambos instrumentos aparecen igualmente estables.

Cuadro 31: Testeo estadístico entre instrumentos para criterio de estabilidad (BTU 10, BTU 7, BTU 2, BTU 4).

Análisis de CV unidades transadas				Análisis de CV n° de negocios				Análisis de CV montos transados				Análisis de CV TIR media			
CVn-1Iguales				CVn-1Mejor BTU7				CVn-1Iguales				CVn-1Mejor BTU7			
BTU7	1,41	493		BTU7	1,38	493		BTU7	1,42	493		BTU7	0,13	493	
BTU2	1,57			BTU2	1,62			BTU2	1,57			BTU2	0,22		
CVp	1,49			CVp	1,50			CVp	1,49			CVp	0,18		
CVp*2	2,23			CVp*2	2,24			CVp*2	2,23			CVp*2	0,03		
Z	1,0345			Z	1,5264			Z	0,9611			Z	11,0704		
p-value	0,1505	No se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0634	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,1682	No se rechaza hipótesis nula		p-value	-	Se rechaza hipótesis nula	
Análisis de CV unidades transadas				Análisis de CV n° de negocios				Análisis de CV montos transados				Análisis de CV TIR media			
CVn-1Mejor BTU4				CVn-1Mejor BTU10				CVn-1Mejor BTU4				CVn-1Mejor BTU10			
BTU10	2,20	493		BTU10	1,35	493		BTU10	2,29	493		BTU10	0,10	493	
BTU4	1,55			BTU4	1,82			BTU4	1,56			BTU4	0,09		
CVp	1,88			CVp	1,58			CVp	1,93			CVp	0,10		
CVp*2	3,52			CVp*2	2,51			CVp*2	3,71			CVp*2	0,01		
Z	-2,7068			Z	2,6845			Z	-2,9189			Z	-1,3713		
p-value	0,0034	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0036	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0018	Se rechaza hipótesis nula		p-value	0,0851	Se rechaza hipótesis nula	

Al comparar el **BTU-7** con el **BTU-2** el primero aparece más estable en número de negocios y TIR media, sin embargo, en unidades y montos transados, ambos tienen la misma estabilidad.

Finalmente, al comparar el **BTU-10** y **BTU-4**, en unidades y montos transados el segundo aparece más estable. Sin embargo, en cuanto a número de negocios y TIR media el **BTU-10** aparece más estable.

Con todo lo anterior, a continuación, presentamos un ranking que nos permite establecer cuál de los instrumentos analizados es el más estable en los diferentes criterios analizados:

Cuadro 32: Ranking de criterios de estabilidad

	Ranking		
Estabilidad	1	2	3
Unidades transadas	BTU7	BTU4	BTU2
N de Negocios	BTU10	BTU7	BTU2
Montos Transados	BTU7	BTU4	BTU2
TIR	BTU4	BTU10	BTU30

De acuerdo al cuadro anterior, definimos el instrumento más estable asignando 3 puntos cuando el instrumento en cada criterio ocupa el primer lugar, 2 puntos cuando ocupa el segundo y 1 punto cuando ocupa el tercer lugar. Luego el ranking queda de la siguiente manera:

Cuadro 33: Puntaje para Ranking de Estabilidad

	Lugar en el Ranking			
Instrumento	1	2	3	Puntaje total
BTU 7	6	2	0	8
BTU 10	3	2	0	5
BTU 4	3	4	0	7
BTU2	0	0	3	3
BTU5	0	0	0	0

De cuadro anterior queda claro que el instrumento más estable es el **BTU-7**, seguido del **BTU-4** y en tercer lugar el **BTU-10**.

Por último, consideramos los tres criterios que definen la elección del instrumento libre de riesgo: estabilidad, presencia y montos transados. Para esto seguimos el mismo método de puntajes para definir el instrumento más estable, líquido y representativo. Los dos cuadros siguientes muestran los resultados:

Cuadro 34: Ranking Liquidez, Estabilidad y Representatividad

	Ranking		
	1	2	3
Liquidez	BTU10	BTU7	BTU5
Estabilidad	BTU7	BTU4	BTU10
Representatividad	BTU2	BTU5	BTU7

En el siguiente cuadro se puede apreciar que ninguno de los instrumentos analizados lidera en todos los criterios.

Cuadro 35: Resumen de criterios establecidos por la ley

Criterio	Instrumento con mejor desempeño
Estabilidad	BTU-7
Presencia bursátil	BTU-10
Representatividad	BTU-2

Luego presentamos el cuadro con puntajes asignados:

Cuadro 36: Puntaje para criterios establecidos por la ley

Instrumento	Puntaje según lugar en el ranking			Ranking final
	1	2	3	Puntaje total
BTU-7	3	2	1	6
BTU-10	3	0	1	4
BTU-2	3	0	0	3
BTU-5	0	2	1	3
BTU-4	0	2	0	2

De acuerdo a este cuadro, El **BTU-7** es el que lidera, seguido por el **BTU-10**. Sin embargo, el **BTU-7**, prácticamente no se transa en los últimos 6 meses. (ver cuadro 27 de presencia bursátil). Lo que nos lleva a desechar este instrumento toda vez que los promedios para calcular la tasa libre de riesgo, en la industria de transmisión eléctrica, se estima el último mes de transacciones y en la industria de gas de red corresponde a los últimos 6 meses. Por lo tanto, el instrumento escogido para representar la rentabilidad libre de riesgo es el **BTU-10**.

7.1.2 Tasa libre de riesgo para las industrias de transmisión eléctrica y de distribución de gas de red.

Dado que la ley de Ley General de Servicios Eléctricos define un horizonte de 1 meses para calcular el promedio de las TIR para la industria de transmisión y la Ley de Servicios de Gas define seis meses para este cálculo, las tasas libres de riesgo para cada industria son levemente diferentes. El siguiente cuadro muestra las dos tasas libres de riesgos propuestas:

Cuadro 37: Tasa libre de riesgo

Período	TIR media %
Promedio 6 meses	2,55
Promedio 1 mes	2,60

7.2 Metodología y Estimación Premio por Riesgo de Mercado

El parámetro más difícil de estimar en el CAPM es el premio por riesgo de mercado. En el contexto del modelo este premio se define como la diferencia entre la rentabilidad exigida esperada del portafolio de mercado (portafolio diversificado y eficiente) y la rentabilidad esperada de un portafolio zero-beta (libre de riesgo) o bien la tasa del instrumento libre de riesgo. En términos más prácticos, el premio por riesgo de mercado exigido (PRM) se define como la diferencia entre la rentabilidad exigida esperada de una cartera diversificada y la rentabilidad esperada del instrumento libre de riesgo. Ambos componentes no son directamente observables, por lo que debemos recurrir a otras variables, que en teoría se encuentren relacionadas con aquellas expectativas y que nos entreguen información relevante acerca de las mismas.

Se ha propuesto en la literatura la utilización de medidas indirectas para el cálculo del premio por riesgo esperado de mercado a través de identificar sus posibles componentes. La principal justificación teórica para este tipo de modelos es el tratamiento que otorgan al supuesto de integración de los mercados. Conceptualmente, si los mercados de capitales se encuentran perfectamente integrados, entonces el premio por riesgo de un mercado debe ser en equilibrio igual entre países. Sin embargo, si por restricciones a los mercados de capitales, restricción a los movimientos de capital o a la convertibilidad de la moneda, riesgo político, desprotección a los derechos de propiedad o asimetrías de información (entre muchas otras razones), la integración no es perfecta, entonces estos valores necesariamente difieren. Más aún, las menores posibilidades de diversificación en un mercado emergente con un mayor riesgo país y menor liquidez aseguran que esa diferencia sea estrictamente positiva a su favor, es decir, este debe presentar en equilibrio un premio por riesgo esperado mayor que el de un mercado más profundo. El problema consiste entonces en determinar cuán mayor debe ser esta diferencia y cómo estimarla.

Existen varias alternativas para resolver este problema, algunas construidas sobre sólidos argumentos teóricos. En todo caso, es claro que el PRM para países emergentes, como lo es el caso de Chile, no puede ser inferior al de Estados Unidos toda vez que tenemos un riesgo país más alto que Estados Unidos y además que en Chile hay menos posibilidades de diversificación, lo que llevaría a una volatilidad del mercado más alto y por consiguiente un premio mayor. El profesor Harvey (2005) resume doce modelos distintos que ayudarían a determinar retornos exigidos a nivel internacional. Sin embargo, sólo haremos referencia a tres de ellos, siguiendo sus recomendaciones.

La sugerencia del profesor Harvey es examinar tres modelos: Modelo basado en clasificación de riesgo (Erb, Harvey y Viskanta), modelo basado en clasificación de riesgo (Goldman Sachs) y modelo de spread soberano (Damodaran) (Erb, Harvey y Viskanta, modelo basado en clasificación de riesgo, Goldman Sachs, modelo de spread soberano, Damodaran). El

modelo de Erb, Harvey y Viskanta no se podrá utilizar dado cambios metodológicos que discutiremos más adelante.

7.2.1 Premio por riesgo de mercado con datos nacionales

En estudios anteriores se ha estimado el premio por riesgo de mercado con datos nacionales, usando el modelo de Campbell y Shiller (1988), también llamado Gordon. Sin embargo, este modelo puede no ser apropiado para estimar el PRM para Chile.

El modelo de Gordon dinámico tiene la gran virtud de estar basado en datos nacionales, utilizando en forma consistente con la teoría una estimación a través de un modelo VAR (Vector Auto-Regression) con tres variables: $\ln$ (retorno de mercado), $\ln$ (crecimiento en dividendos) y $\ln$ (dividend yield). Si se considera el período 2000-2025, la última variable ($\ln$ (dividend yield)) muestra ser no estacionaria al aplicar el test de Dickey-Fuller Aumentada (ADF), test ampliamente usado para detectar la presencia de raíz unitaria en las series de las variables utilizadas. Sin embargo, esto se podría mitigar al usar el Modelo de Corrección de Errores Vectorial (VECM), detectando la cointegración entre las variables, usando el test de Johansen para determinar el número de variables cointegradas. La comunidad econométrica concuerda en que el VECM es el modelo estructuralmente correcto para sistemas cointegrados, pero su precisión predictiva superior debe ser probada (*out-of-sample*) y no asumida, ya que depende de la estabilidad de la relación de cointegración y de la calidad de su estimación (Engle y Yoo, 1987; Anderson, Hoffman y Rasche, 2002 y Greene, 2018), es decir no asegura una proyección estable cuando hay al menos una de las variables no estacionaria. En este sentido, por falta de información debido a que se cuenta con una serie de tiempo relativamente corta (2000-2025) no es posible realizar las pruebas fuera de muestra y por lo tanto en esta oportunidad no es posible implementar este modelo.

7.2.2 PRM chileno con datos internacionales

En la sección 3, del presente informe hay tres de ellos que son aplicables al caso de Chile. Estos modelos son: modelo de spread soberano (Goldman-Sachs), premio por riesgo de mercado de EEUU más premio por riesgo país (Damodaran) y el modelo clasificación de riesgo país (Erb, Harvey and Viskanta). Los resultados asociados a los modelos de spread soberano y de clasificación de riesgo país son provistas por Kroll/Duff&Phelps, encontrándose disponible en la plataforma llamada “Kroll Cost of Capital Navigator: International Cost of Capital Module Pro”⁴⁹. Terceros presentan estimaciones para cada uno

⁴⁹ Duff & Phelps dejaron de publicar el “Valuation Handbook: International Guide to Cost of Capital” a partir del 2020. En todo caso, estiman los parámetros de los dos modelos en marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año. Actualmente sólo está disponible la información para marzo 2025.

de estos modelos. Por su lado, Damoradan tiene las estimaciones públicamente disponibles en su página web.

- **Modelo de clasificación de riesgo país**

El modelo de clasificación de riesgo país se basa en las clasificaciones de riesgo de países que determinan semestralmente el Institutional Investor, basado en encuestas a bancos en más de 100 países. Erb, Harvey y Viskanta (1996) autores de este modelo, proponen realizar una regresión en que los retornos de los países en dólares nominales son la variable dependiente, y la variable independiente es el logaritmo natural de la clasificación de riesgo país del período anterior. La regresión resultante permite estimar el retorno esperado de cualquier país, aun cuando éste no tenga datos de retornos. Duff & Phelps reportan que este modelo produce consistentemente resultados razonables, evita usar datos de economías no desarrolladas que pudieran ser inconsistentes o incompletas, y finalmente produce resultados relativamente estables. Ello le lleva a recomendar este método de estimación⁵⁰. El modelo que ellos plantean es como sigue:

$$r_{it} = \alpha_i + \beta_i \ln(CCR_{local,t-1}) + v_{it}$$

Donde: CCR_{local} es Country Credit Rating local en t-1.

El modelo es estimado usando datos de retornos mensuales, en moneda local para 72 países para un período de 30 años⁵¹. Sin embargo, es posible usar el modelo para estimar la tasa de retorno del mercado (COE) para 180 países, pues sólo se requiere conocer la última clasificación de riesgo de Institutional Investor. Se consideran los rankings (CCR) elaborados por Institutional Investor (Euromoney a partir de fines del 2017) desde abril 1992 a marzo 2022 los cuales son pareados con el retorno nominal mensuales para un grupo de 72 países entre abril 1989 y marzo 2019. Esto resulta en un total de 20.000 observaciones de CCR en el período t y retornos en el período t+1. Se realiza un análisis de regresión, con el logaritmo natural de los CCR como variable independiente y los retornos accionarios del mercado como variable dependiente (siendo la variable predicha). Una ventaja del uso de la estimación de este modelo por Duff & Phelps es que se calcula el premio por riesgo país bajo la perspectiva de diversos inversionistas. Es decir, podemos obtener directamente el retorno esperado de mercado para Chile al considerar la perspectiva de 72 inversionistas. Se supone un CRP de 0,00% cuando el país donde invierte el individuo es el mismo país donde él consume. Esto

⁵⁰ La estimación a través de este método es provista para los 180 países en la plataforma.

⁵¹ A partir de 2017 se opta por utilizar una regresión que contenga sólo la información de los últimos 30 años a diferencia de las estimaciones previas que comenzaban todas en septiembre de 1979. Adicionalmente la medida de rating de riesgo país cambia pues Institutional Investor no lo reporta desde 2017 en adelante y esto lo realiza ahora Euromoney.

también puede ser muy útil cuando los flujos de caja de un proyecto o empresa no coinciden con el país en que los recursos están invertidos.

Una gran virtud de este modelo es que no es necesario hacer ningún supuesto en relación al PRM de un país de base. En este sentido, el valor reportado del retorno esperado de mercado proviene directamente de la estimación del modelo sólo se debe hacer un supuesto en relación a cuál debe ser la tasa libre de riesgo. Lamentablemente, esta estimación sufrió dos cambios metodológicos importantes. En primer lugar, se produce un cambio en el proveedor de la información la clasificación de riesgo anteriormente era Institutional Investor y a partir de esa fecha la información es provista por Euromoney. En segundo lugar, se acota la estimación a una serie consistente en los últimos 30 años, cuando anteriormente era toda la información disponible desde septiembre 1979. Se aprecia una clara diferencia (subestimación) del retorno de mercado para Estados Unidos y lo mismo ocurre para Chile. Esto se puede encontrar por ejemplo en los valores estimados para el año 2022 y usados en el proceso de estimación de tasa de costo de capital para distribución eléctrica, en que el COE tuvo que ser incrementado en 40 puntos bases para que quedara en línea con el COE de Estados Unidos.⁵²

- **Modelo de spread soberano: Modelo de Goldman-Sachs**

Este modelo consiste en correr una regresión entre los retornos de la acción y los retornos del índice de acciones S&P 500. El beta resultante es multiplicado por el premio esperado del S&P 500. A esto se le agrega un factor adicional llamado “spread soberano”. Este último corresponde a la diferencia en la tasa de un bono de gobierno del país al cual pertenece la acción y el bono del tesoro norteamericano. Este método fue propuesto por Mariscal y Lee (1993).

$$E(R_{i,t}) = SS_i + \beta_{iw}E(R_{wt})$$

Si llevamos este modelo al contexto de determinar el PRM de un país emergente nos encontraríamos con algunos problemas tanto de índole práctico como conceptual. En primer lugar, sólo se puede aplicar en países donde existen bonos de gobierno en dólares y que además sean líquidos. Esto no es relevante cuando se está estimando el $E(R_m)$. En segundo lugar, el premio por riesgo país asociado a la deuda es distinto al del patrimonio, por lo cual

⁵² El resultado del retorno de mercado para Chile, obtenido a través del modelo, no se condice con estimaciones previas realizadas por Duff & Phelps y esto viene ocurriendo desde fines del 2017 cuando se introduce un cambio en la metodología para estimar el modelo. A modo de referencia sabemos que el COE para Chile estimado el 2017 fue de 11,4% con el anterior modelo. Por otro lado, si observamos el valor del COE para Estados Unidos para 2022, este resulta ser 8,8% y si restamos la tasa libre de riesgo de largo plazo que estima Duff & Phelps se obtiene un PRM para Estados Unidos de 5,1% lo cual es claramente inconsistente con lo que Duff & Phelps recomienda, es decir un 5,5%. Para buscar la consistencia sería necesario ajustar hacia arriba el COE de Estados Unidos en un 0,4%, pasando de 8,8% a 9,2%. En resumen, creemos necesario ajustar el COE estimado para Chile en al menos la misma magnitud que el COE de Estados Unidos. Es decir, el COE para Chile pasa de 11,50% a 11,90%. Por otro lado, la tasa libre de riesgo nominal para Chile se estimaría en 5,75%. Con todo esto el PRM para Chile se estima en 6,15%.

SS debiese estar ajustado por algún parámetro, probablemente mayor a 1, considerando la evidencia empírica en cuanto a la relación existente entre riesgo país y premio por riesgo de mercado (relación positiva y mayor que uno).

Este modelo es atribuido a Mariscal y Lee (1993), a menudo referido como el "Modelo Goldman & Sachs", es una extensión del modelo de valoración de activos de capital (CAPM) que busca estimar el costo de capital propio (K_e) para una empresa en un mercado emergente, ajustándolo por el Riesgo País (Country Risk Premium, CRP).

La prima de riesgo de mercado (ERP) para el mercado emergente (ERP_{EM}) se estima como la suma de la Prima de Riesgo de Mercado de un mercado desarrollado base (como EE. UU., ERP_{DM}) más la Prima de Riesgo País (CRP) del mercado emergente.

El modelo de Mariscal y Lee (1993) se enfoca en añadir una prima de riesgo específica al CAPM de un mercado desarrollado. La forma más simple de la Prima de Riesgo País (CRP) que se suma al costo de capital es a través del *spread* del bono soberano, pero la contribución central de Mariscal y Lee está en la forma de incorporar este riesgo en el costo de capital.

Si se quiere derivar el Equity Risk Premium Total (ERP_{EM}) para el mercado emergente implícito en este modelo, se agrupan los términos de riesgo:

$$\text{Costo de Capital} = R_f + ERP_{EM}$$

Por lo tanto, usando la definición de costo de capital a través del CAPM se puede deducir que:

$$ERP_{EM} = \beta \times ERP_{DM} + CRP$$

En la práctica al tratarse de un país entonces el beta se aproxima a 1 (cartera bien diversificada), con lo cual el premio por riesgo de mercado de un país emergente es la suma del premio por riesgo de mercado de un país desarrollado y el premio por riesgo país.

En la práctica, el CRP se estima comúnmente utilizando el *spread* de rendimiento de los bonos soberanos del país emergente (denominados en divisa fuerte como USD) sobre los bonos del Tesoro de EE. UU. de vencimiento similar:

$$CRP = YTM_{SB} - YTM_{US}$$

Donde:

- YTM_{SB} : Rendimiento al Vencimiento (*Yield to Maturity*) del Bono Soberano del país emergente (e.g., *Brady Bond* o *Eurobond* en USD).

- YTM_{UST} : Rendimiento al Vencimiento del Bono del Tesoro de EE. UU. de vencimiento equivalente.

En el cuadro que sigue se muestra el premio por riesgo país de Chile o CRP (122 puntos base de acuerdo con el valor del EMBI de Chile, el cual se condice con la diferencia entre las tasas del bono soberano de Chile y las tasas del bono del tesoro norteamericano) a junio 2025 (fecha más reciente disponible). Adicionalmente, se incluye el PRM para EEUU sugerido por Duff & Phelps de 5,5% (llamado PRM normalizado). Esto se hace de esta manera por tres razones. En primer lugar, tiene la bondad de mirar el largo plazo y no está solo basado en situaciones financieras y macroeconómicas contingentes y la otra virtud es que es consecuente con la metodología aplicada por la fuente de información en que se estima el modelo de Goldman-Sachs. Finalmente, esto permite mantener consistencia con los métodos de estimación usados en el tiempo para determinación de tarifas en el sector eléctrico de distribución de gas en red.

En el siguiente cuadro se muestra la estimación del modelo “Country Yield Spread” (Goldman & Sachs) bajo la perspectiva de inversionista norteamericano para Chile:

Cuadro 38: Estimación de PRM de Chile (Modelo de Goldman & Sachs)

Parámetro	Valor
PRM EEUU (Duff & Phelps)	5,50%
CRP Chile	1,22%
PRM Chile	6,72%

Fuente: Elaboración Propia, Información Cost of Capital Navigator

- **Modelo de premio por riesgo de mercado maduro más un premio por riesgo país**

Damodaran (2002) plantea que el problema de integración parcial de los mercados de capitales puede ser aproximado descomponiendo el premio por riesgo de mercado en dos componentes fundamentales, el primero corresponde al premio por riesgo de mercado esperado para un mercado maduro (ej. EEUU) y el segundo a un premio por riesgo de mercado país. Este último podría ser estimado en base a ratings de deuda soberana asumiendo alguna relación entre el riesgo de no pago de esas deudas y el riesgo de mercado país. Sin embargo, empresas o sectores específicos no tienen necesariamente un mismo comportamiento frente al riesgo de mercado país. En este sentido, la solución que propone el autor es añadir un factor de riesgo adicional al premio de mercado que dice relación con la exposición específica a ese riesgo (sectorial o individual):

$$r_{it} = r_{ft}^*(1 - \beta_i) + \beta_i r_{mt}^* + \lambda_i s_{it} \frac{\sigma_m}{\sigma_b} + v_{it}$$

Donde: el asterisco indica las tasas respectivas del mercado de EEUU, s_{it} corresponde al spread de deuda soberana, σ_j para $j = (m, d)$ corresponde a la volatilidad del mercado bursátil (m) y de deuda respectivamente (d)-que se suponen constantes- y v_{it} es un error de estimación. El parámetro λ_i asociado a este nuevo factor de riesgo a cada firma. Este se puede estimar y en principio tiene las mismas dificultades que tiene la estimación del riesgo sistemático en el modelo CAPM.

El autor para efectos de estimar el premio por riesgo de mercado ha supuesto que λ es igual a uno, tomando en cuenta que se trata del portafolio de mercado y no de un activo en particular. Finalmente, Damodaran (2025) realiza estimaciones con datos hasta junio 2025 y propone utilizar los siguientes modelos para determinar el premio por riesgo de mercado de un país emergente como Chile:

$$PRM_{Chile} = PRM_{EEUU} + CDS \text{ o Default Spread} \frac{\sigma_{Rm Chile}}{\sigma_{CDS \text{ o Default}}}$$

Cuadro 39: Estimación de PRM (Modelo Damodaran)

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
PRM EEUU	5,50%	PRM EEUU	5.50%
Default Spread	0,83%	CDS	0,87%
Relación de Volatilidades	1,5	Lambda	1,5
PRM Chile (DS)	6,75%	PRM Chile (CDS)	6,81%

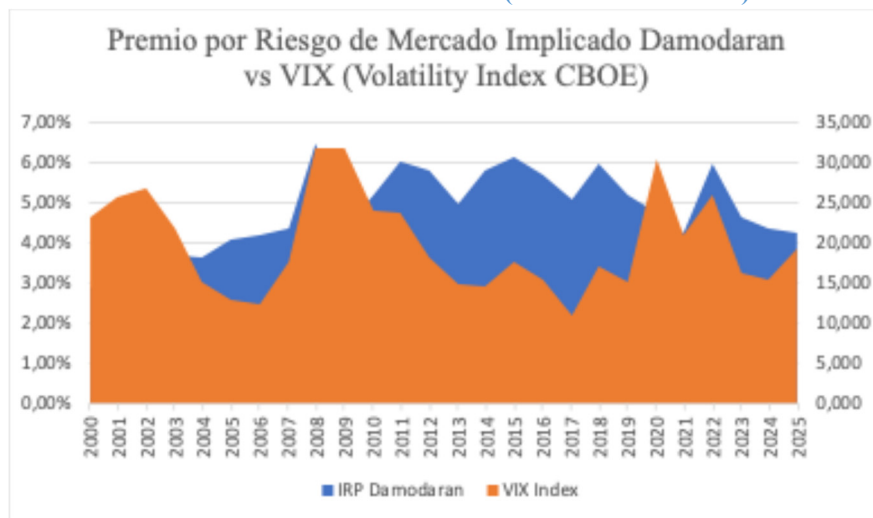
Fuente: Elaboración Propia, en base a datos Damodaran Online

El PRM para Estados Unidos lo estima basado en un retorno de mercado implicado, calculado sobre la base de un modelo de flujos de caja, suponiendo una tasa de crecimiento de los flujos para los próximos 5 años y luego asume una tasa de crecimiento constante al infinito.

El premio por riesgo de mercado estimado por Damodaran para Estados Unidos muestra importantes cambios, por ejemplo, su estimación para 2006 es de 2,2% y para 2020 y 2021 al alrededor de 6,00% y 4,00% respectivamente. Para junio 2025 estima un 4,21%. Los valores no están alineados con las expectativas de mercado en cuanto al nivel de volatilidad esperada. El índice más usado para referirse al nivel de volatilidad esperada del mercado accionario es el VIX (Volatility Index del CBOE), siendo preferido por académicos y analista. Esto se basa en datos corrientes y futuros del mercado, marcando las percepciones de los inversionistas respecto al riesgo. Damodaran usa un método que requiere al menos cuatro elementos importantes: valor del índice accionario (S&P) al momento de la estimación, los Flujos de Caja, con su respectiva tasa de crecimiento para los próximos cinco años y un valor terminal a fines del quinto año que supone un crecimiento constante al infinito. Por lo tanto, hay supuestos que interfieren con las expectativas de volatilidad, que

solo se ven reflejadas en el valor inicial que tiene del índice accionario ocupado para estimar la tasa de mercado. En el gráfico 1 se observa el VIX en el período 2000-2025 y además para el mismo período de tiempo se puede concluir que las estimaciones de PRM de Damodaran no están alineadas con las percepciones de riesgo del mercado. Es por esta razón que se opta usar la estimación de Kroll/Duff&Phelps que tiene la virtud de ser una estimación basada en diversas variables financieras y económicas. En procesos tarifarios anteriores se ha usado el mismo supuesto en relación al PRM de Estados Unidos sin modificar la metodología empleada⁵³.

Gráfico 1: Estimación de PRM (Modelo Damodaran)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Refinitiv Eikon

7.2.3 Premio por Riesgo de Mercado

Cada una de las estimaciones mostradas en el Cuadro 40 tienen sus propias virtudes⁵⁴ por lo cual se podría tomar el promedio de ambas como estimador del PRM, es decir, 6,78%. Sin embargo, se considerará también el resultado de aplicar el modelo de Goldman & Sachs. Por lo tanto, el PRM propuesto es el promedio entre el promedio de los dos métodos de Damodaran y Goldman & Sachs. El valor basado en Damodaran es 6,78% y el PRM estimado usando la segunda alternativa es 6,72%. Entonces, el PRM estimado para Chile es 6,75%,

Finalmente, en el siguiente cuadro se resume el PRM estimado con las dos metodologías descritas:

⁵³ Es importante señalar que el profesor Harvey no hace ninguna recomendación en cuanto a cómo estimar el PRM de Estados Unidos y además no se refiere a los valores que deben incorporarse en cada uno de los métodos para estimar el PRM de los países emergentes.

⁵⁴ La estimación basada en el rating de Moody's tiene la ventaja de mirar hacia el largo plazo y tiende a ser una estimación suavizada. Por su lado la estimación con base en el CDS tiene la ventaja de tener un valor actualizado de las expectativas del mercado en cuanto al riesgo país.

Cuadro 40: Resumen PRM para Chile bajo distintas Metodologías

Metodología	PRM Chile
Damodaran	6,78%
Goldman & Sachs	6,72%
Promedio	6,75%

Entonces el PRM para Chile, estimado a fines de junio 2025, es **6,75%**.

7.3 Metodología y Estimación del Beta de Activo del Sector de Distribución de Gas en Red

7.3.1 Selección de la muestra de Empresas de Referencia

En esta sección se explica cómo se escoge la muestra de empresas de referencia del sector de distribución de gas en red y que permitirá obtener el beta de activos del sector.

a) Industria (Filtro 1)

Se seleccionan las empresas clasificadas en el NAICS INTERNATIONAL INDUSTRY CODE 22121, referentes a Natural Gas Distribution, cuya información fue obtenida desde la base de datos LSEG Workplace. Adicionalmente, y para tener una muestra más específica al sector en cuestión, se utilizó la clasificación GICS_INDUSTRY_CODE 551020 que agrupa a las empresas del sector Gas Utilities. La muestra inicial consta de 112 empresas de 24 países distintos. A esta muestra se le aplican una serie de filtros adicionales, que permiten un adecuado estimación del beta para el negocio de gas, mostrando a continuación cada uno de ellos.

b) Sistema Regulatorio (Filtro 2)

Se eliminaron las empresas pertenecientes a China y Hong Kong debido a la falta de una regulación establecida claramente. Adicionalmente, se eliminaron las empresas de Chile para evitar problemas de endogeneidad. No es conveniente que en la muestra se consideren empresas chilenas puesto que sus tarifas son reguladas y una de las variables para determinar la tarifa es el costo de capital que en parte quedaría determinado por el comportamiento de los retornos de la acción. En el extremo, cada vez que la firma se acerca a un proceso de tarificación, se podría en forma artificial generar mayor volatilidad en el retorno de la acción, lo cual llevaría a un beta estimado más alto, siendo endógenamente inducido por decisiones de la firma. De este filtro se eliminan 35 empresas quedando con una muestra de 77 empresas.

c) Información Bursátil (Filtro 3)

En este filtro se eliminaron 2 empresas por no disponer información bursátil, es decir, por no transar sus acciones en el mercado accionario. Adicionalmente, se eliminaron 6 empresas por ser nuevas, lo que implica que disponían de cotizaciones bursátiles para un periodo de tiempo inferior a los dos últimos años usados para la estimación del beta (23-junio-2023 a 27-Jun-2025). Finalmente, la muestra de empresas queda reducida a 69 empresas.

d) Significancia Estadística (Filtro 4)

Se estiman los betas accionarios de las 69 empresas utilizando el modelo de mercado a través de un modelo de regresión lineal simple de MCO. Estos betas se estiman para periodos de 2 años, con frecuencias semanales. Para que el coeficiente beta de una acción refleje el riesgo sistemático adecuadamente, debe ser estadísticamente significativo. Es decir, el modelo de mercado explica el comportamiento de los retornos accionarios. Por lo tanto, se realiza una prueba de hipótesis para cada coeficiente beta, bajo la hipótesis nula de $\beta = 0$ y la hipótesis alternativa de $\beta \neq 0$. De este análisis, se eliminaron 15 empresas por presentar betas estadísticamente no significativos. Es así como la muestra de empresas se reduce a 54.

e) Estabilidad del Beta (Filtro 5)

Una vez analizada la significancia estadística de los coeficientes betas, se testea la estabilidad de estos coeficientes mediante el test CUSUM⁵⁵ y CUSUM Cuadrado⁵⁶ para los distintos periodos de tiempo. Este testeo permitirá considerar sólo aquellas empresas cuyas betas son estables, en cuanto a su media y varianza en el tiempo y por tanto nos permiten inferir que son buenos estimadores de los betas futuros. Como resultado de este filtro, se eliminan 17 empresas quedando la muestra compuesta por 37 empresas.

f) Negocio de Distribución de Gas en Red

A partir de estas 37 empresas, las cuales cumplen con los requisitos básicos para estimar el coeficiente de riesgo sistemático de la acción, se procede a analizar la participación de cada empresa en el negocio de Distribución de Gas en términos de sus ingresos. La gran diversificación de negocios es notoria en algunas empresas, participando también en otros negocios de energía (por ejemplo, petróleo) y/o en otras industrias como infraestructura, servicios financieros, etc. En todo caso se usa el mismo filtro presente en estudios pasados de costo de capital de la CNE, es decir, la empresa clasifica como Distribución de Gas en Red si al menos el 75% de los ingresos de la empresa provienen de esta actividad.

⁵⁵ CUSUM está diseñado para detectar cambios o desplazamientos pequeños y sostenidos en la **media** (μ) de un proceso. Se basa en acumular desviaciones respecto a un valor objetivo, amplificando así las señales de un cambio.

⁵⁶ También conocido como CUSUM de varianza está diseñado para detectar cambios en la **varianza** (σ^2) de un proceso. Se aplica sobre las desviaciones cuadradas de las observaciones respecto a la media objetiva o estimada del proceso.

Como resultado de aplicar este criterio, se eliminan 21 empresas obteniendo una muestra final de 16 compañías. En el Cuadro 41 se muestran los betas patrimoniales y el beta ajustado por Blume, este es el usado finalmente para poder obtener el beta de activos.

El beta patrimonial (beta de acción) obtenido para cada empresa de la muestra de referencia (usando retornos semanales para 2 años) se ajusta considerando la evidencia empírica y las prácticas actuales de Bloomberg, Kroll/Duff & Phelps y Value Line. Blume (1975) mostró que los valores estimados de riesgo sistemático, betas, en un período son valores sesgados de las estimaciones realizadas en el futuro, y que los valores tienden a regresar a la media especialmente para las carteras de bajo riesgo.

Considerando que la tendencia a regresar a la media es estacionaria en el tiempo, Blume buscó corregir el sesgo que produce las estimaciones corrientes de los betas. El ejercicio realizado para esto fue regresar los valores estimados de β de un período con los valores estimados del período previo, de forma de predecir mejor los β futuros ($\beta_2 = a + b \cdot \beta_1$). Por ejemplo, la comparación entre los períodos de 7/61-6/68 y 7/54-6/61 arrojó: $\beta_2 = 0.399 + 0.546 \cdot \beta_1$. Lo que se concluye es que betas mayores que uno están sobreestimados, por lo cual deben ser ajustados a la baja. Por otro lado, los betas menores a 1 están subestimados, por lo cual se deben ajustar hacia arriba. En suma, los betas se acercan hacia el valor 1.

La práctica aceptada entre las agencias tipo Bloomberg, Value Line o Kroll/Duff & Phelps es ajustar los coeficientes beta a través del ajuste propuesto por Blume. La ecuación para el ajuste más usada en los procesos regulatorios de empresas del área energía (Kroll/Duff & Phelps) es la siguiente:

$$\beta_{ajustado} = 0,371 + 0,635x\beta_{OLShistórico}$$

Cuadro 41: Betas patrimoniales y Betas patrimoniales ajustados
(muestra final seleccionada, con frecuencia semanal, para 2 años)

País	Nombre de la Empresa	RIC	Beta Patrimonial	Beta Pat. Ajustado
Colombia	Gas Natural del Oriente SA ESP	GNO.CN	0,402	0,626
Colombia	Promigas SA ESP	PMG.CN	0,598	0,751
Colombia	Grupo Energia Bogota SA ESP	GEB.CN	1,112	1,077
India	Gujarat State Petronet Ltd	GSPT.NS	0,613	0,760
Italy	Ascopiave SpA	ASCI.MI	0,434	0,647
Italy	Italgas SpA	IG.MI	0,589	0,745
Japan	Hiroshima Gas Co Ltd	9535.T	0,378	0,611
Japan	Shizuoka Gas Co Ltd	9543.T	0,294	0,558
Korea; Republic (S. Korea)	Inveni Co Ltd	015360.KS	0,396	0,622
Taiwan	Shin Hai Gas Corp	9926.TW	0,123	0,449
Turkey	Baskent Dogalgaz Dagitim Gayrimenkul Yatirim Ortakligi AS	BASGZ.IS	0,625	0,768
United States of America	Atmos Energy Corp	ATO.N	0,345	0,590
United States of America	Spire Inc	SR.N	0,388	0,617
United States of America	Northwest Natural Holding Co	NWN.N	0,447	0,655
United States of America	RGC Resources Inc	RGCO.OQ	0,910	0,949
United States of America	ONE Gas Inc	OGS.N	0,353	0,595

7.3.2 Estimación del Beta de Activos

Considerando que la mayoría de las empresas presenta deuda riesgosa (no libre de riesgo), se justifica el uso del modelo de Miles y Ezzell (1985) para desapalancar el *beta* patrimonial. Esta elección se alinea con la práctica de Kroll/Duff & Phelps y se ha convertido en el estándar para estimar las tasas de costo de capital de empresas reguladas del sector energético, vigente al menos desde 2017. Por lo tanto, la fórmula para desapalancar el beta del patrimonio es la siguiente:

$$\beta^u = \frac{\beta^e + \beta^b x (1 - t_c x \frac{k_b}{1 + k_b}) x \frac{B}{P}}{[1 + (1 - t_c x \frac{k_b}{1 + k_b}) x \frac{B}{P}]}$$

Donde:

β^u = beta patrimonial sin deuda o *unlevered beta*.

β^e = beta patrimonial ajustado o *adjusted equity beta*.

β^b = beta de la deuda o riesgo de la deuda.

k_b = costo de la deuda.

t_c = tasa de impuesto a las corporaciones o impuesto de primera categoría.

$\frac{B}{P}$ = razón de endeudamiento, valor presente de la deuda financiera dividido por valor bursátil del patrimonio (*market capitalization*). El valor de la deuda se aproxima por su valor contable.

Ahora nos referimos a cada uno de los parámetros que se incluyen en la fórmula de más arriba y que ayudan a determinar el beta desapalancado:

- f) **Relación de endeudamiento (B/P):** La relación deuda a valor económico de la empresa se obtiene como un promedio, entre el valor bruto de la deuda financiera a valor libro⁵⁷ y la suma del valor de capitalización bursátil de la empresa y el valor

⁵⁷ En el artículo de Miles y Ezzel (1980), en la pág. 722, se define claramente la deuda como “ B_{i-1} = the value of outstanding debt at time $i-1$ ” y como valor de mercado de la firma (V). Este último es la suma entre el valor de la deuda y el valor de capitalización bursátil de las acciones. Por otro lado, Miles y Ezzel (1985) desarrollan una nueva formulación para el ahorro tributario y siempre se refieren a L (leverage) como razón de endeudamiento de mercado, tal como también lo definen Modigliani y Miller (1963). En suma, L es deuda financiera bruta (“ D_0 is the level of current debt”) dividido por el valor de capitalización bursátil de las acciones (ver pag. 1486 a 1488). Todos los artículos más relevantes en esta área y que guardan relación con desapalancar el beta usan el mismo tipo de endeudamiento (económico), por ejemplo, Hamada (1972) y Rubinstein (1973).

libro de la deuda financiera, para el mismo período de tiempo en que se estimó el beta patrimonial. Luego, a partir de ese promedio se calcula la relación entre valor libro de la deuda y el valor de capitalización bursátil.

- g) **Tasa de impuesto a las Corporaciones:** La tasa de impuestos a las empresas corresponde a la tasa publicada anualmente por KPMG (tasa marginal de impuestos).
- h) **Beta de la Deuda:** El beta de la deuda se estima de la siguiente forma:

$$\beta^b = \frac{Spread}{PRM}$$

El *spread* se refiere a la diferencia entre el costo de la deuda y la tasa libre de riesgo. En este sentido lo que se hace es considerar el promedio del *spread* asociado a cada clasificación de riesgo que la empresa tenga. En LESG Workplace (llamado antes Thompson Reuters – Eikon) se puede acceder a una mayor cantidad de clasificaciones de riesgo. En caso de existir una sola clasificación para la empresa, entonces se usará el spread que corresponde a esa clasificación. Por otro lado, estas clasificaciones pueden no estar disponibles para algunas empresas. En este caso, se opta por utilizar el promedio de spread del resto de la muestra como aproximación. Por su lado, el PRM se obtiene como un promedio de los valores obtenidos a través del método de Damodaran, en la medida que trabajemos con empresas de varios países⁵⁸.

- i) **Costo de la Deuda:** Se estima como el spread más la tasa libre de riesgo.

En resumen, el procedimiento descrito anteriormente se realiza por cada una de las empresas seleccionadas que conforman la muestra de referencia relevante. Finalmente, se calculan medidas centrales de todos los betas de activos obtenidos (media y mediana). Se escoge la medida central más adecuada considerando la existencia o no de valores extremos y el tamaño de la muestra. Este valor central se convierte en el estimador del beta de activos de distribución de gas en red. En el Cuadro 37 se resumen los valores centrales estimados y los valores máximos y mínimos.

En el Cuadro 42 se muestran estadísticas descriptivas de los betas de activos para el sector de distribución de gas de red. Por su lado, en el Cuadro 43 se detalla cada uno de los componentes de la fórmula de Miles and Ezzel y que sirven para estimar el beta de activos. Las estadísticas para el beta de activos son las siguientes:

⁵⁸ Esta es la práctica normal puesto que el PRM estimado por Damodaran está públicamente disponible y además porque la estimación es hecha para un grupo importante de países. No se utiliza el método de EHV pues requiere para cada país conocer la tasa libre de riesgo en moneda local y nominal, para lo cual no hay suficiente información disponible y además los cambios metodológicos han generado claros cambios en los valores estimados.

Cuadro 42: Betas de Activos estimados para Gas en Red (promedio, mediana, max y min)

Promedio	0,480
Mediana	0,442
Máximo	0,756
Mínimo	0,274

Claramente no existe una diferencia apreciable entre el promedio y la mediana debido a que no existe valores extremos. Se recomienda el uso del promedio de los betas. A través de MCO entonces el beta de activos sería **0,480** para Gas en Red.

Cuadro 43: Beta de Activos estimado a través de MCO para el Sector de Gas en Red

Compañía	País	Beta Pat	Beta Pat. Ajustado	B/P	Clas. Riesgo	Spread Deuda	Costo de la Deuda	Impto.	PRM	Beta Deuda	Beta Activo
Gas Natural del Oriente SA ESP	Colombia	0,40	0,63	1,26	A3	1,179%	5,44%	0,35	9,6%	0,12	0,347
Promigas SA ESP	Colombia	0,60	0,75	1,50	A2	0,832%	5,09%	0,35	9,6%	0,09	0,355
Grupo Energía Bogotá SA ESP	Colombia	1,11	1,08	1,00	Baa1	1,572%	5,83%	0,35	9,6%	0,16	0,625
Gujarat State Petronet Ltd	India	0,61	0,76	0,01	Baa2	1,872%	6,13%	0,30	7,6%	0,25	0,756
Ascopiave SpA	Italy	0,43	0,65	0,75	Baa1	1,572%	5,83%	0,24	7,7%	0,20	0,458
Italgas SpA	Italy	0,59	0,75	1,64	Baa2	1,872%	6,13%	0,24	7,7%	0,24	0,434
Hiroshima Gas Co Ltd	Japan	0,38	0,61	2,12	A1	0,693%	4,95%	0,30	6,2%	0,11	0,274
Shizuoka Gas Co Ltd	Japan	0,29	0,56	0,23	A2	0,832%	5,09%	0,30	6,2%	0,14	0,479
Inveni Co Ltd	Korea; Republic (S. Korea)	0,40	0,62	0,93	A3	1,179%	5,44%	0,26	6,0%	0,20	0,419
Shin Hai Gas Corp	Taiwan	0,12	0,45	0,00	Aaa	0,000%	4,26%	0,20	13,1%	0,00	0,449
Baskent Dogalgaz Dagitim Gayrimenkul Yatirim Ortakligi	Turkey	0,63	0,77	0,12	A3	1,179%	5,44%	0,25	11,5%	0,10	0,697
Atmos Energy Corp	United States of America	0,35	0,59	0,38	A3	1,179%	5,44%	0,26	5,5%	0,21	0,488
Spire Inc	United States of America	0,39	0,62	1,30	Baa1	1,572%	5,83%	0,26	5,5%	0,29	0,431
Northwest Natural Holding Co	United States of America	0,45	0,65	1,17	A3	1,179%	5,44%	0,26	5,5%	0,21	0,419
RGC Resources Inc	United States of America	0,91	0,95	0,71	A2	0,832%	5,09%	0,26	5,5%	0,15	0,621
ONE Gas Inc	United States of America	0,35	0,60	0,83	A3	1,179%	5,44%	0,26	5,5%	0,21	0,423
										Promedio	0,480
										Mediana	0,442
										Maximo	0,756
										Minimo	0,274

7.3.3 Estimación de Betas Estocásticos para Distribución de Gas en Red

Creemos conveniente chequear el cambio que se puede producir en el beta al momento de cambiar el supuesto de MCO (beta constante) por el supuesto de beta estocástico. Esto se calcula para el beta patrimonial y luego se aplica la fórmula de Miles and Ezzel para desapalancar.

Cuadro 44: Fortalezas y Debilidades de Métodos de Estimación del Riesgo Sistemático

Metodología	Fortalezas	Debilidades
MCO	Es una metodología estándar, fácil de entender y fácil de aplicar. Es lo más utilizado para estimar el riesgo sistemático.	Su aplicación depende del cumplimiento de los supuestos de la metodología. Algunos son; linealidad en parámetros, resultados significativos para el beta estimado y estabilidad de coeficiente beta estimado, etc.
Método Estocástico	Logra captar la variabilidad del riesgo sistemático en el tiempo. Permite dar la libertad suficiente a la estimación del beta puesto que no asume ex ante que sea constante	Su utilización es poco intuitiva, considerando que es un procedimiento matemático que es sensible a los parámetros de entrada y la forma en que se modele la variabilidad del parámetro. En el caso de una regresión simple la aplicación del método es más sencillo.

Los métodos más usados para calcular betas estocásticos son: Rolling Window (OLS) y filtro de Kalman. Hemos optado por usar el Filtro de Kalman puesto que se ha mostrado que se obtienen betas sin sesgo de estimación y normalmente más precisos que aquellos estimados bajo el método de Rolling⁵⁹.

El filtro de Kalman es un algoritmo que optimiza el procesamiento recursivo de datos. Lo que hace es estimar la variable desconocida (el Beta) variando a través del tiempo. El proceso actualiza la estimación del beta usando nueva información por medio de la medición de la predicción del error, a través de un proceso iterativo. El método estima los parámetros de tal forma de minimizar los errores cuadráticos medios. El filtro de Kalman se basa en dos ecuaciones fundamentales:

- 1) Una ecuación de medición.
- 2) Una ecuación de transición.

⁵⁹ Ver Bentz y Commnors (1999), Nieto, Orge y Zarraga (2014) y Renzi-Picci (2016)

La ecuación de medición relaciona la variable desconocida (en este caso el beta) a variables observables (retornos de la acción y retornos de un índice accionario). En este caso se trata del modelo de mercado. Por su lado, la ecuación de transición permite que el beta varíe a través del tiempo, en este caso asumiendo un camino aleatorio (*random walk*).

Ambas ecuaciones corresponden a:

Ecuación de Medición	$R_{i,t} = \alpha + \beta_t R_{m,t} + \varepsilon_t$
Ecuación de Transición	$\beta_t = \beta_{t-1} + \mu_t$

Donde: $\varepsilon_t \sim N(0, h_t)$ y $\mu_t \sim N(0, q_t)$

Proceso del algoritmo:

Etapas 1: Comienza con la estimación actual (por ejemplo, con el coeficiente estimado a través de MCO) de la variable β_{t-1} en la ecuación de transición, acompañado de errores en ambas ecuaciones. Lo que hace es generar la mejor estimación ex ante del beta del período siguiente (β_t).

Etapas 2: Tomando el beta estimado (β_t) el filtro estima el retorno predicho de la acción a través de la Ecuación de Medición.

Etapas 3: El modelo calcula el error de predicción haciendo la diferencia entre el retorno de la acción realizado y el retorno predicho.

Etapas 4: Finalmente el modelo ajusta el beta predicho permitiendo que parte de error de predicción se incorpore a través de un beta ajustado. Este beta es reemplazado por el calculado en la Etapa 1 y el proceso comienza nuevamente.

El algoritmo se resuelve por la vía de Máxima Verosimilitud obteniendo el valor del parámetro desconocido (beta) minimizando el error de predicción. En el Cuadro 45 se muestra los resultados obtenidos para betas estocásticos estimados con datos semanales con un horizonte de dos años. En el Anexo N °1 se ejemplifica el comportamiento del beta patrimonial estocástico y el retorno predicho bajo la modalidad de un beta estocástico, durante el horizontes de estimación. Se ejemplifica usando el beta estimado para la empresa distribuidora de gas, ONE Gas Inc. (USA).

Cuadro 45: Beta patrimonial y beta de activos estocásticos (filtro de Kalman)

País	Nombre de la Empresa	Beta Patrimonial (MCO)	Beta Pat Estocastico	Beta Pat.(MCO) Ajustado	Bet Pat Esto Ajustado	Beta Activo (MCO)	Beta Activo Estocástico
Colombia	Gas Natural del Oriente SA ESP	0,40	0,35	0,63	0,59	0,347	0,332
Colombia	Promigas SA ESP	0,60	0,49	0,75	0,68	0,355	0,328
Colombia	Grupo Energia Bogota SA ESP	1,11	0,90	1,08	0,94	0,625	0,558
India	Gujarat State Petronet Ltd	0,61	0,75	0,76	0,85	0,756	0,841
Italy	Ascopiave SpA	0,43	0,33	0,65	0,58	0,458	0,420
Italy	Italgas SpA	0,59	0,47	0,75	0,67	0,434	0,405
Japan	Hiroshima Gas Co Ltd	0,38	0,44	0,61	0,65	0,274	0,287
Japan	Shizuoka Gas Co Ltd	0,29	0,27	0,56	0,54	0,479	0,465
Korea; Republic (S. Korea)	Inveni Co Ltd	0,40	0,41	0,62	0,63	0,419	0,422
Taiwan	Shin Hai Gas Corp	0,12	0,26	0,45	0,54	0,449	0,535
Turkey	Baskent Dogalgaz Dagitim Gayrimenkul Yatirim Ortakligi	0,63	0,57	0,77	0,73	0,697	0,663
United States of America	Atmos Energy Corp	0,35	0,28	0,59	0,55	0,488	0,456
United States of America	Spire Inc	0,39	0,28	0,62	0,55	0,431	0,400
United States of America	Northwest Natural Holding Co	0,45	0,36	0,65	0,60	0,419	0,393
United States of America	RGC Resources Inc	0,91	0,83	0,95	0,90	0,621	0,590
United States of America	ONE Gas Inc	0,35	0,28	0,60	0,55	0,423	0,399
						Promedio	0,480
						Mediana	0,442
						Máximo	0,756
						Mínimo	0,274

Claramente los betas de activos estocásticos, calculados usando el filtro de Kalman, nos entregan una estimación que en promedio es inferior a los estimados por Mínimos Cuadrados Ordinarios (promedio 0,468 y 0,480). No existe una razón matemática ni estadística que lleve a la conclusión que siempre el beta de activo estocástico debiera ser inferior al beta de activo (MCO). Por otro lado, se puede observar que el uso del promedio aritmético o la mediana entrega resultados similares. Por lo tanto, el mejor estimador del beta de activo estocástico es el promedio, equivalente a 0,468. En conclusión, nuestra recomendación es usar el valor medio de los promedios de ambos betas como estimador del beta de activos de este sector, es decir, **0,474**.

7.4 Metodología y Estimación del Beta de Activo del Sector de Transmisión Eléctrica

7.4.1 Selección de la muestra de Empresas de Referencia

a) Industria (Filtro 1)

Se seleccionan las empresas clasificadas en el NAICS INTERNATIONAL INDUSTRY CODE 22112, referentes a Electric Power Transmission, Control, and Distribution, cuya información fue obtenida desde la base de datos LSEG. La muestra inicial consta de 152 empresas de 43 países distintos. A esta muestra se le aplican una serie de filtros adicionales detallados a continuación.

b) País (Filtro 2)

Se eliminaron las empresas pertenecientes a China debido al tipo de regulación imperante en el país. Adicionalmente, se eliminaron las empresas de Chile para evitar problemas de endogeneidad. De este filtro se eliminan 9 empresas quedando con una muestra de 143 empresas.

c) Información Bursátil (Filtro 3)

En este filtro se eliminaron 3 empresas por no disponer información bursátil, es decir, por no transar sus acciones en el mercado accionario. Adicionalmente, se eliminaron 3 empresas por ser nuevas, lo que implica que disponían de cotizaciones bursátiles para un periodo de tiempo inferior a los dos últimos años de estudio (30-Junio-2023 a 27-Jun-2025). Finalmente, 2 empresas se eliminan por transacciones discontinuas. Con esto la muestra de empresas queda reducida a 135 empresas.

d) Significancia Estadística (Filtro 4)

Se estiman los betas accionarios de las 135 empresas utilizando el modelo de mercado a través de un modelo de regresión lineal simple de MCO. Estos betas se estiman para periodos de 5, 4, 3 y 2 años. Para que el coeficiente beta de una acción refleje el riesgo sistemático de buena manera, debe ser estadísticamente significativo. Por lo tanto, se realiza una prueba de

hipótesis para cada coeficiente beta, bajo la hipótesis nula de $\beta = 0$ y la hipótesis alternativa de $\beta \neq 0$. De este análisis, se eliminaron 42 empresas por presentar betas estadísticamente no significativos. De este proceso, la muestra de empresas se reduce a 93.

e) Estabilidad del Beta (Filtro 5)

Una vez analizada la significancia estadística de los coeficientes betas, se testea por la estabilidad de estos coeficientes mediante las pruebas de CUSUM y CUCUM Cuadrado para los distintos periodos de tiempo. Este testeo permitirá considerar sólo aquellas empresas cuyos betas son estables en el tiempo y por tanto nos permitan inferir que son buenos estimadores de los betas futuros. Como resultado de este filtro, se eliminan 64 empresas, principalmente pertenecientes a Rusia (32) y Brasil (8), obteniendo una muestra restante de 29 empresas.

f) Negocio de Transmisión

A partir de estas 29 empresas, las cuales cumplen con los requisitos básicos para estimar el coeficiente de riesgo sistemático de la acción, se procede a analizar la participación de cada empresa en el negocio de Transmisión de Electricidad en términos de sus ingresos. Cabe destacar que el principal problema es en la disponibilidad y claridad de la información reportada por las empresas. Por un lado, es bastante notoria la gran diversificación de negocios de algunas empresas. Existen empresas que además de participar en la transmisión y distribución de electricidad, participan también en otros negocios de energía (gas, solar, etc) y/o en otras industrias como infraestructura, servicios financieros, etc. Por otro lado, en muchos casos las empresas no separan sus ingresos por Distribución y Transmisión de Electricidad, es más común que se informen por separado los de Generación de Electricidad.

El negocio de Distribución y Transmisión tienen en común que ambos son transporte de electricidad y ambos están regulados, por lo que el riesgo también debiese ser similar. En cambio, el negocio de Generación de Electricidad en general es un negocio en competencia, no regulado, y por tanto su riesgo del negocio es distintito de los negocios regulados de transporte de electricidad. Por lo tanto, se eliminan de la muestra aquellas empresas en que, pudiendo separar los negocios de transporte de electricidad (transmisión y distribución) del de generación de electricidad, los ingresos provenientes de transmisión y distribución sean inferior al 75% de los ingresos totales.

Como resultado de aplicar este criterio, se eliminan 14 empresas obteniendo una muestra final de 15 empresas. En el Cuadro 46 se muestran los betas patrimoniales y el beta ajustado por Blume, este último es el usado finalmente para poder obtener el beta de activos.

Cuadro 46: Betas patrimoniales y Betas patrimoniales ajustados (Transmisión Eléctrica)

País	Nombre de la Empresa	RIC	Beta Patrimonial	Beta Pat. Ajustado
Brazil	Transmissora Alianca de Energia Eletrica S/A	TAAE11.SA	0,742	0,842
Brazil	Alupar Investimento SA	ALUP11.SA	0,846	0,908
Canada	Hydro One Ltd	H.TO	0,561	0,727
Colombia	Interconnection Electric SA ESP	ISA.CN	1,098	1,068
Italy	Terna Rete Elettrica Nazionale SpA	TRN.MI	0,466	0,667
Jersey	Jersey Electricity PLC	JLEC.L	0,549	0,720
Spain	Redeia Corporacion SA	REDE.MC	0,460	0,663
United States of America	American Electric Power Company Inc	AEP.OQ	0,227	0,515
United States of America	Eversource Energy	ES.N	0,437	0,648
United States of America	Idacorp Inc	IDA.N	0,224	0,513
United States of America	OGE Energy Corp	OGE.N	0,408	0,630
United States of America	Pinnacle West Capital Corp	PNW.N	0,258	0,535
United States of America	Evergy Inc	EVRG.OQ	0,357	0,598
United States of America	Entergy Corp	ETR.N	0,424	0,640
United States of America	Portland General Electric Co	POR.N	0,362	0,601

Tal como se puede apreciar en el Cuadro 47, el promedio de los betas de activos estimado para el sector de Transmisión Eléctrica es 0,457. Considerando que no existen valores extremos que generen una distribución asimétrica recomendamos este valor para ser usado como beta de activos en la estimación del costo de capital para Transmisión Eléctrica. En el Cuadro 48 se detalla la forma de cálculo usando el método de Miles y Ezzel.

Cuadro 47: Beta de activos estimado usando MCO (promedio, mediana, max y min)

Promedio	0,457
Mediana	0,467
Máximo	0,530
Mínimo	0,275

Cuadro 48: Beta de Activos estimado a través de MCO para el Sector de Transmisión Eléctrica

País	Beta Pat.	Beta Pat. Ajustado	B/P	Clas. Riesgo	Spread Deuda	Costo de la Deuda	Impto.	PRM	Beta Deuda	Beta Activo
Brazil	0,742	0,842	5,899	NA	1,612%	5,872%	34,0%	9,13%	0,177	0,275
Brazil	0,846	0,908	1,431	NA	1,612%	5,872%	34,0%	9,13%	0,177	0,481
Canada	0,561	0,727	0,663	A2	0,832%	5,092%	26,0%	5,65%	0,147	0,498
Colombia	1,098	1,068	1,831	BBB+	1,872%	6,132%	35,0%	9,60%	0,195	0,508
Italy	0,466	0,667	0,840	A3	1,179%	5,439%	24,0%	7,73%	0,153	0,434
Jersey	0,549	0,720	0,691	NA	1,612%	5,872%	20,0%	6,38%	0,253	0,530
Spain	0,46	0,663	0,719	A3	1,179%	5,439%	25,0%	7,03%	0,168	0,458
United States of Americ	0,227	0,515	0,966	Baa2	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,430
United States of Americ	0,437	0,648	1,313	Baa3	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,475
United States of Americ	0,224	0,513	0,548	Baa4	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,453
United States of Americ	0,408	0,630	0,679	Baa5	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,514
United States of Americ	0,258	0,535	1,041	Baa6	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,436
United States of Americ	0,357	0,598	1,049	Baa7	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,467
United States of Americ	0,424	0,640	1,047	Baa8	1,872%	6,132%	25,6%	5,50%	0,340	0,488
United States of Americ	0,362	0,601	1,013	A3	1,179%	5,439%	25,6%	5,50%	0,214	0,408
									Promedio	0,457
									Mediana	0,467
									Máximo	0,530
									Mínimo	0,275

7.4.2 Estimación de Betas Estocásticos para Transmisión Eléctrica

Creemos conveniente chequear el cambio que se puede producir en el beta al momento de cambiar el supuesto de MCO (beta constante) por el supuesto de beta estocástico. Esto se calcula para el beta patrimonial y luego se aplica la fórmula de Miles y Ezzel para desapalancar.

El filtro de Kalman es un algoritmo que optimiza el procesamiento recursivo de datos. Lo que hace es estimar la variable desconocida (el Beta) variando a través del tiempo. El proceso actualiza la estimación del beta usando nueva información por medio de la medición de la predicción del error, a través de un proceso iterativo. El método estima los parámetros de tal forma de minimizar los errores cuadrados medio. El filtro de Kalman se basa en dos ecuaciones fundamentales:

- 1) Una ecuación de medición.
- 2) Una ecuación de transición.

La ecuación de medición relaciona la variable desconocida (en este caso el beta) a variables observables (retornos de la acción y retornos de un índice accionario). En este caso se trata del modelo de mercado. Por su lado, la ecuación de transición permite que el beta varíe a través del tiempo, en este caso asumiendo un camino aleatorio (*random walk*).

Ambas ecuaciones corresponden a:

Ecuación de Medición	$R_{i,t} = \alpha + \beta_t R_{m,t} + \varepsilon_t$
Ecuación de Transición	$\beta_t = \beta_{t-1} + \mu_t$

Donde: $\varepsilon_t \sim N(0, h_t)$ y $\mu_t \sim N(0, q_t)$

Proceso del algoritmo:

Etapas 1: Comienza con la estimación actual (por ejemplo, el coeficiente estimado a través de MCO) de la variable β_{t-1} en la ecuación de transición, acompañado de errores en ambas ecuaciones. Lo que hace es generar la mejor estimación ex ante del beta del período siguiente (β_t).

Etapas 2: Tomando el beta estimado (β_t) el filtro estima el retorno predicho de la acción a través de la Ecuación de Medición.

Etapas 3: El modelo calcula el error de predicción haciendo la diferencia entre el retorno de la acción realizado y el retorno predicho.

Etapas 4: Finalmente el modelo ajusta el beta predicho permitiendo que parte de error de predicción se incorpore a través de un beta ajustado. Este beta es reemplazado por el calculado en la Etapa 1 y el proceso comienza nuevamente.

El algoritmo se resuelve por la vía de Máxima Verosimilitud obteniendo el valor del parámetro desconocido (beta) minimizando el error de predicción.

En el Anexo N° 1 se muestra el comportamiento del beta patrimonial estocástico y el retorno predicho bajo la modalidad de un beta estocástico, durante el horizonte de estimación. Se ejemplifica usando el beta estimado para la empresa de transmisión eléctrica, Portland General Electric (USA).

En el Cuadro 49 se muestra los resultados obtenidos para betas estocásticos estimados con datos semanales con un horizonte de dos años.

Se puede apreciar que no existe una diferencia relevante entre el promedio del beta de activos estimado a través de MCO (0,457) y aquel estimado a través del filtro de Kalman (0,450). Nuestra recomendación es utilizar el promedio simple de los promedios estimados, es decir, el beta de activos para Transmisión Eléctrica sería **0,454**.

Cuadro 49: Beta patrimonial y beta de activos estocásticos para Transmisión Eléctrica (filtro de Kalman)

Nombre de la Empresa	Beta Patrimonial (MCO)	Beta Pat Estocastico	Beta Pat.(MCO) Ajustado	Bet Pat Esto Ajustado	Beta Activo (MCO)	Beta Activo Estocástico
Transmissora Alianca de Energia Eletrica S/A	0,742	0,732	0,842	0,836	0,275	0,274
Alupar Investimento SA	0,846	0,857	0,908	0,915	0,481	0,453
Hydro One Ltd	0,561	0,457	0,727	0,661	0,498	0,488
Interconnection Electric SA ESP	1,098	1,109	1,068	1,075	0,508	0,453
Terna Rete Elettrica Nazionale SpA	0,466	0,292	0,667	0,556	0,434	0,387
Jersey Electricity PLC	0,549	0,582	0,720	0,741	0,530	0,589
Redeia Corporacion SA	0,46	0,422	0,663	0,639	0,457	0,471
American Electric Power Company Inc	0,227	0,150	0,515	0,466	0,430	0,411
Eversource Energy	0,437	0,367	0,648	0,604	0,475	0,409
Idacorp Inc	0,224	0,162	0,513	0,474	0,453	0,527
OGE Energy Corp	0,408	0,379	0,630	0,612	0,514	0,568
Pinnacle West Capital Corp	0,258	0,262	0,535	0,537	0,436	0,431
Evergy Inc	0,357	0,321	0,598	0,575	0,467	0,447
Entergy Corp	0,424	0,409	0,640	0,631	0,488	0,475
Portland General Electric Co	0,362	0,250	0,601	0,530	0,409	0,372
				Promedio	0,457	0,450
				Mediana	0,467	0,453
				Máximo	0,530	0,589
				Mínimo	0,275	0,274

7.5 Resumen Final: Tasa de descuento de una empresa eficiente de Transmisión eléctrica y Tasa de Costo de Capital de Distribución de Gas de Red.

Una vez estimados los tres parámetros fundamentales del modelo CAPM, a decir R_f , PRM y coeficiente $Beta$ de los activos para ambas industrias, procederemos a estimar la tasa de descuento de una empresa eficiente de transmisión eléctrica y la tasa de costo de capital de las distribuidoras de gas de red. Los resultados se muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 50: Tasa de Descuento y Tasa de Costo de Capital del negocio industria de transmisión eléctrica y distribución de gas de red respectivamente

	Industria de Transmisión Eléctrica	Industria de Distribución de Gas de Red
Beta negocio	0,454	0,474
PRM	6,75%	6,75%
Rf	2,60%	2,55%
Tasa de descuento / Tasa de costo de capital	5,66%	5,75%

8 Referencias

- Alexander, G. J. and P. G. Benson. 1982. More on beta as a random coefficient. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol 17 No 1. pp. 27-36.
- Amstad M., Remolona E. and Shek J. 2016. How do global investors differentiate between sovereign risks? The new normal versus the old. Monetary and Economic Department, Bank of International Settlements.
- Banz, R. W. 1981. The Relationship Between Return and Market Value of Common Stocks. *Journal of Financial Economics*. Vol 9 No 1. pp. 3-18.
- Basu, S. 1977. Investment Performance of Common Stocks in Relation to Their Price-Earnings Ratios: A Test of the Efficient Market Hypothesis. *Journal of Finance*. Vol 12 No 3. pp. 129-56.
- Bauwens, L., S. Laurent and J. V. K. Rombouts. 2006. Multivariate GARCH models: a survey. *Journal of Applied Econometrics*. Vol 21 No 1. pp. 79-109.
- Bekaert, G. and C. R. Harvey. 1995. Time-Varying Conditional World Market Integration. *Journal of Finance*. Vol 50 No 2. pp. 403-444.
- Black, F., M. C. Jensen and M. Scholes. 1972. The Capital Asset Pricing Model: Some Empirical Tests. *Studies in the Theory of Capital Markets*. Michael C. Jensen, Editorial New York: Praeger. pp. 79-121.
- Blume, M. and I. Friend. 1973. A New Look at the Capital Asset Pricing Model. *Journal of Finance*. Vol 28 No 1. pp. 19-33.
- Blume, M. W. 1975. Betas and their regression tendencies. *Journal of Finance*. Vol 30 No 3. pp. 785-795.
- Bogue, M. 1973. The Estimation and Behavior of Systematic Risk. Unpublished dissertation, Graduate School of Business Administration, Stanford University.
- Bollerslev, T., R. Engle and J. Wooldridge. 1998. A Capital Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances. *Journal of Political Economy*. Vol 96 No 1. pp. 116-131.
- Bos, T. and P. Newbold. 1984. An empirical investigation of the possibility of stochastic systematic risk in the market model. *The Journal of Business*. Vol 57 No 1. pp. 35-41.
- Brennan, M. and Subrahmanyam, A. 1996. Market microstructure and asset pricing: on the compensation for illiquidity in stock returns. *Journal of Financial Economics* 41. pp 441-464.
- Campbell, J. Y. and R. J. Shiller. 1988. Stock Prices, Earnings, and Expected Dividends. *Journal of Finance*. Vol 43 No 3. pp. 661-676.
- Campbell, J. Y., A. W. Lo, and A. C. MacKinlay. 1997. *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press's Notable Centenary Titles.
- Chen S. and Ch. Lee. 1982. Bayesian and mixed estimators of time varying betas. *Journal of Economics and Business*. Vol 34 No 4. pp. 291-301.

- Choudhry, T. 2005. Time-varying beta and the Asian financial crisis: Evidence from Malaysian and Taiwanese firms. *Pacific-Basin Finance Journal*. Vol 13 No 1. pp. 93-118.
- Choudhry, T. and H. Wu. 2008. Forecasting ability of GARCH vs Kalman filter method: evidence from daily UK time-varying beta. *Journal of Forecasting*. Vol 27 No 8. pp. 670-689.
- Clare, A. D. and P. Kaplan. 1998. A Globally Nested Capital Asset Pricing Model. Ibbotson Associates Working Paper.
- Claus, J.J. and J.K. Thomas. 2001. Equity Premia as Low as Three Percent? Evidence from Analysts' Earnings Forecasts for Domestic and International Stock Markets. *Journal of Finance*. Vol 55 No 5. pp. 1629-66.
- Damodaran, A. 2002. *Investment Valuation (Second Edition)*. John Wiley and Sons, New York.
- Damodaran, A. 2005. Marketability and Value: Measuring the Illiquidity Discount. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=841484> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.841484>
- Damodaran, A. 2013. Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications – The 2013 Edition. SSRN Working Paper. No. 2238064.
- Damodaran, A. 2019. Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications –The 2019 Edition. Updated April 2019. Working Paper, New York University.
- DeAngelo, H., L. DeAngelo and R. Stulz. 2006. Dividend policy and the earned/contributed capital mix: a test of the life-cycle theory. *Journal of Financial Economics*. Vol 81 No 2. pp. 227-254.
- De La Cuadra, R. and V. García. 1987. Modelo de Valuación de Activos de Capital y Riesgo Financiero. *Cuadernos de Economía*. Vol 24 No 73. pp. 359-374.
- Díaz, C. and F. Higuera. 2012. Contraste Empírico del CAPM en el mercado accionario chileno. *Ingeniare, Revista chilena de ingeniería*. Vol 20 No 2. pp. 255-266.
- Dimson, E., P. Marsh and M. Staunton. 2002. *Triumph of the Optimists: 101 Years of Global Investment Returns*. New Jersey: Princeton University Press.
- Dimson, E., P. Marsh and M. Staunton. 2006. The Worldwide Equity Premium: A Smaller Puzzle. SSRN Working Paper. No. 891620.
- Dimson, E., P. Marsh and M. Staunton. 2019. Credit Suisse Research Institute, Credit Suisse Global Investment Returns, Summary Edition, Global Investment Returns Yearbook.
- Douglas, G. W. 1968. Risk in the Equity Markets: An Empirical Appraisal of Market Efficiency. *Yale Economic Essays*. No. IX.
- Duarte, J., Z. Ramírez and K. Sierra. 2014. Estudio del Efecto Tamaño en los Principales Mercados Bursátiles de Latinoamérica. *Revista Internacional de Administración y Finanzas*. Vol 7 No 5. pp. 41-50.
- Ejara, D., A. Krapl, T. O'Brien and Santiago Ruiz. 2020. Local, Global and International CAPM: For which countries does model choice matter? *Journal of Investment Management*. Second Quarter.

- Erb, C. B., C. R. Harvey and T. E. Viskanta. 1995. Country credit risk and global portfolio selection. *Journal of Portfolio Management*. Vol Winter 1995. pp. 74-83.
- Erb, C. B., C. R. Harvey and T. E. Viskanta. 1996. Expected returns and volatility in 135 countries. *The Journal of Portfolio Management*. Vol 22 No 3. pp. 46-58.
- Fabozzi, F. and J. C. Francis. 1978. Beta as a random coefficient. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol 13 No 1. pp. 101-116.
- Fama, E. F. and J. D. MacBeth. 1973. Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests. *Journal of Political Economy*. Vol 81 No 3. pp. 607-636.
- Fama, E. F. and K. R. French. 1988. Dividend yields and expected stock returns. *Journal of Financial Economics*. Vol 22 No 1. pp. 3-25.
- Fama, E. F. and K. R. French. 1992. The Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Finance*. Vol 47 No 2. pp. 427-465.
- Fama, E. F. and K. R. French. 1993. Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. *Journal of Financial Economics*. Vol 33 No 1. pp. 3-56.
- Fama, E. F. and K. R. French. 1996. Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. *Journal of Finance*. Vol 51 No 1. pp. 55-84.
- Fama, E. F. and K. R. French. 2002. The Equity Risk Premium. *Journal of Finance*. Vol 57 No 2. pp. 637-659.
- Fama, E. F. and K. R. French. 2015. A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*. Vol 116 No 1. pp. 1-22.
- Fernández, P., Ortiz and I. Acin. 2019. Market Risk Premium used in 69 countries in 2016: a survey. IESE Business School. University of Navarra.
- Fisher, L. and J. Kamin. 1978. Forecasting systematic risk.. Chicago: University of Chicago, Center for Research in Security Prices.. Working Paper No. 13
- Friend, I. and M. Blume. 1970. Measurement of Portfolio Performance under Uncertainty. *American Economic Review*. Vol 60 No 4. pp. 607-636.
- Fuentes, R. and S. Zurita. 2005. La prima por riesgo de las acciones en mercados emergentes: el caso de Chile. *CEMLA*, julio-septiembre, pp.223-254.
- Fuentes, R., J. Gregoire and S. Zurita. 2006. Factores macroeconómicos en rendimientos accionarios chilenos. *El trimestre económico*. Vol LXXIII No 289. pp. 125-138.
- Godfrey S. and R. Espinosa. 1996. A Practical Approach to calculating Costs of Equity for Investmantes in Emerging Markets. *Journal of Applied Corporate Finance*. Vol 9 No 3. pp. 80-89.
- Goetzmann, W.N. and R.G. Ibbotson. 2006. History and the Equity Risk Premium. R. Mehra (Ed.), *Handbook of Investments: Equity Risk Premium*. Amsterdam: Elsevier.
- Gordon, M. 1962. *The Investment, Financing and Valuation of the Corporation*. Homewood, IL. Irwin.
- Gordon, M. J. and E. Shapiro. 1956. Capital Equipment Analysis: The Required Rate of Profit. *Management Science*. Vol 3 No 1. pp. 102-110.

- Goyal, A. and I. Welch. 2007. A Comprehensive Look at the Empirical Performance of Equity Premium Prediction. *The Review of Financial Studies*. Vol 22 No 4. pp. 1455–1508.
- Graham, J.R. and C.R. Harvey. 2005. The Equity Risk Premium in September 2005: Evidence from the Global CFO Outlook Survey. Working Paper, Duke University, September.
- Graham, J.R. and C.R. Harvey. 2016. The Equity Risk Premium in 2016. SSRN Working Paper. No. 2816603.
- Hamada, R.S.. 1972. The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks. *The Journal of Finance*, vol. 27 (2). pp. 435-452
- Harris, R.S., F.C. Marston, D.R. Mishra and T.J. O'Brien. 2003. Ex Ante Cost of Equity Estimates of S&P 500 Firms: The Choice Between Global and Domestic CAPM. *Financial Management*. Vol 32 No 3. pp. 51-66.
- Harvey, C.R.. 1991. The World Price of Covariance Risk. *Journal of Finance*, 46. pp 111-157
- Harvey, C. R. 1995. Predictable risk and returns in emerging markets, *Review of Financial Studies* 8. pp. 773--816.
- Harvey, C. R. 2005. 12 Ways to Calculate the International Cost of Capital. Duke University, National Bureau of Economic Research. https://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Teaching/BA456_2006/Harvey_12_ways_to.pdf
- Hawawini, G. 1983. Why beta shifts as the return interval changes. *Financial Analysts Journal*. Vol 39 No 3. pp. 73-77.
- Ilmanen, A. 2003. Expected returns on stocks and bonds. *Journal of Portfolio Management*. Vol 29. pp. 7-27.
- Jagannathan, R., E. R. McGrattan and A. D. Shcherbina. 2000. The Declining U.S. Equity Premium. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*. Vol 24. pp. 3-19.
- Jegadeesh, N. and S. Titman. 1993. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. *Journal of Finance*. Vol 48 No 1. pp. 65-91.
- Lee, K. 2011. The world price of liquidity risk. *Journal of Financial Economics* 99. pp. 136–161.
- Lettau M., S. Ludvigson and J. Wachter. 2004. The Declining Equity Premium: What Roles Does Macroeconomic Risk Play. NBER Working Paper. No. 10270.
- Lin W.T., Y.H. Chen and J. Boot . 1992. The Dynamic and Stochastic Instability of Betas: Implications for Forecasting Stock Returns. *Journal of Forecasting*. Vol 11 No 6. pp. 517-541.
- Lin, H. J. and W. T. Lin. 2000. A Dynamic and Stochastic Beta and Its Implications in Global Capital Markets. *International Finance*. Vol 3 No 1. pp. 123-160.
- Lintner, J. 1965. The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*. Vol 47 No 1. pp. 13-37.

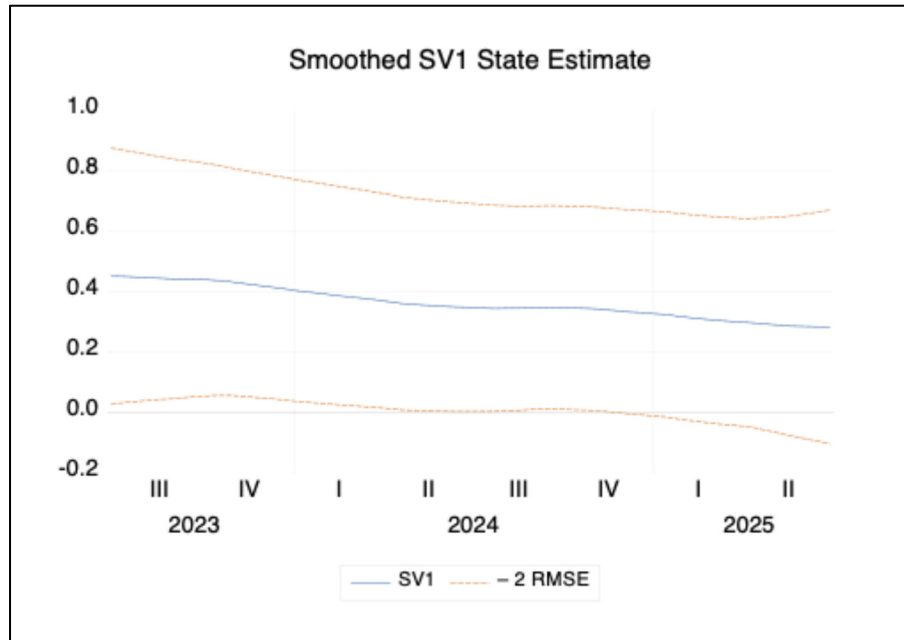
- Lira, F. and C. Sotz. 2011. Estimación del Premio por Riesgo en Chile. Central Bank of Chile Working Papers. No. 617.
- Mariscal, J.O. and Hurgis K. 1999. A Long-Term Perspective on Short-Term Risk Long-Term Discount Rates for Emerging Markets. Global Emerging Markets. Goldman-Sachs.
- Mariscal, J. O. and R. M. Lee. 1993. The valuation of Mexican stocks: an extension of the capital asset pricing model to emerging markets. New York: Goldman Sachs Investment Research.
- Markowitz, H. 1952. Portfolio Selection. Journal of Finance. Vol 7 No 1. pp. 77-91.
- Markowitz, H. 1959. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Cowles Foundation Monograph, New York: John Wiley & Sons, Inc. Monograph No. 16.
- Marshall, P. and E. Walker. 2000. Day-of-the Week and Size Effects in Emerging Markets: Evidence from Chile. Revista de Análisis Económico. Vol 15 No 2. pp. 89-108.
- Mayfield, E. S. 2004. Estimating the Market Risk Premium. Journal of Financial Economics. Vol 73. pp. 465-496.
- McDonald, B. 1983. Beta Nonstationary and the Use of the Chen and Lee Estimator: A Note. Journal of Finance. Vol 38 No 3. pp. 1005-1009.
- Mehra, R. and E. Prescott. 1985. The Equity Premium: A Puzzle. Journal of Monetary Economics. Vol 15. pp. 145-161.
- Merton, R. C. 1973. An Intertemporal Capital Asset Pricing Model. Econometrica. Vol 41 No 5. pp. 867-887.
- Merton, R. C. 1980. On estimating the expected return on the market: An exploratory investigation. Journal of Financial Economics. Vol 8 No 4. pp. 323-361.
- Miles, J and J. Ezzell. 1985. Reformulating Tax Shield Valuation: A Note. The Journal of Finance, Vol XL, N°5. Pp. 1485-1492.
- Miller, M.H. and M. Scholes. 1972. Rates of return in relation to risk: A reexamination of some recent findings. M.C. Jensen, ed., Studies in the theory of capital markets (Praeger, New York). pp. 47-75.
- Ng, L. 1991. Tests of the CAPM with time-varying covariances: a multivariate GARCH approach. Journal of Finance. Vol 46 No 4. pp. 1507-1520.
- Nieto, B., S. Orbe and A. Zarroga. 2014. Time-Varying Market Beta: Does the estimation methodology matter? SORT-Statistics and Operations Research Transactions. Vol 38 No 1. pp. 13-42.
- Novy-Marx, R. 2013. The other side of value: The gross profitability premium. Journal of Financial Economics. Vol 108. pp. 1-28.
- Ohlson, J. and B. Rosenberg. 1982. Systematic risk of the CRSP equal-weighted common stock index: A history estimated by stochastic parameter regression. The Journal of Business. Vol 55 No 1. pp. 121-145.
- Opaso, J. 2012. Sistemas regulatorios en el Sector Eléctrico y su relación con el Riesgo Sistemático (Beta): Evidencia Internacional. Tesis para optar al grado de Magíster en Finanzas de la Universidad de Chile.

- Pástor, L. and Stambaugh. 2003. Liquidity risk and expected stock returns. *Journal of Political Economy* 111, pp. 642–685.
- Peltzman, S. 1976. Toward a more general theory of regulation. *Journal of Law and Economics*. Vol 19. pp. 211-240.
- Reyes, M. G. 1999. Size, time-varying beta, and conditional heteroscedasticity in UK stock returns. *Review of Financial Economics*. Vol 8 No 1. pp. 1-10.
- Rosenberg, B., K. Reid and R. Lanstein. 1985. Persuasive Evidence of Market Inefficiency. *Journal of Portfolio Management*. Vol 11. pp. 9-17.
- Rubinstein, M. E. 1973. A Mean-Variance synthesis of Corporate Financial Theory. *Journal of Finance*. Vol 28 No 1. pp. 167–181.
- Rubio, F. 1997. Corte transversal de los retornos en el mercado accionario chileno, entre enero 1981 y abril de 1994. Tesis para optar al grado de Magíster en Administración, mención Finanzas. Universidad de Chile.
- Sharpe, W. F. 1964. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*. Vol 19 No 3. pp. 425-442.
- Siegel, J. J. 2005. Perspectives on the Equity Risk Premium. *Financial Analysts Journal*. Vol 61 No 6. pp. 61-71.
- Stambaugh, R. F. 1982. On The Exclusion of Assets from Tests of the Two-Parameter Model: A Sensitivity Analysis. *Journal of Financial Economics*. Vol 10 No 3. pp. 237-268.
- Stattman, D. 1980. Book Values and Stock Returns. *The Chicago MBA: A Journal of Selected Papers*. Vol 4. pp. 25-45.
- Sunder, S. 1980. Stationarity of Market Risk: Random Coefficients Tests for Individual Stocks. *Journal of Finance*. Vol 35 No 4. pp. 883–896.
- Titman, S., K. C. J. Wei and F. Xie. 2004. Capital Investments and Stock Returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. Vol 39 No 4. pp. 677-700.
- Warnes I. and Warnes P. 2014. Country risk and the cost of equity in emerging markets. *Journal of Multinational Financial Management* 28. pp. 15-27.
- Welch, I. 2000. Views of Financial Economists on the Equity Premium and on Professional Controversies. *Journal of Business*. Vol 73 No 4. pp. 501-537.
- Wilson, J. and C. Jones. 2002. An Analysis of the S&P 500 Index and Cowles's Extensions: Price Indexes and Stock Returns, 1870–1999. *Journal of Business*. Vol 75. pp. 505-533.
- Zúñiga, S. 1994. El CAPM en Chile: evidencia de regularidades empíricas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*. No 23. pp. 5-13.

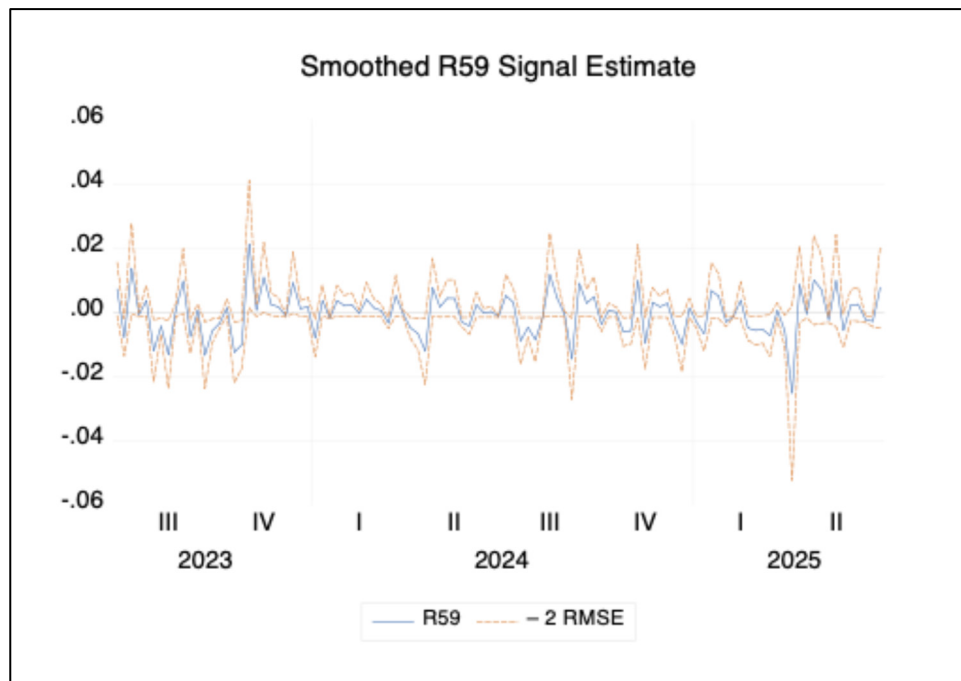
9 Anexos

ANEXO N ° 1

Ejemplo de trayectoria del beta estocástico y el movimiento de los retornos estimación para ONE Gas Inc. (USA)



SV1 es equivalente al Beta patrimonial estocástico ONE Gas Inc. (USA) y tal como se



observa se mueve alrededor de un valor de 0,4 y se encuentra dentro del intervalo de confianza.

Este gráfico muestra cómo se comporta el valor predicho del retorno de la empresa ONE Gas Inc. (línea azul) y a línea roja muestra el intervalo de confianza del retorno. En suma, el retorno muestra un comportamiento estocástico y su estimación es confiable considerando que está dentro del intervalo de confianza.

Ejemplo del Comportamiento del retornos y beta patrimonial estocástico de una empresa de Transmisión Eléctrica

