



El Costo de Capital en Industrias Reguladas: Una aplicación a la Distribución de Electricidad en el Perú

Documento de Trabajo N° 19

Oficina de Estudios Económicos

Lima, Agosto del 2005



Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

OSINERG

El Costo de Capital en Industrias Reguladas: Una aplicación a la Distribución de Electricidad en el Perú

Documento de Trabajo N° 19, preparado por la Oficina de Estudios Económicos.

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente.

Elaborado por Raúl Pérez-Reyes E y Raúl García C.

Para comentarios o sugerencias dirigirse a:

OSINERG

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Tel. (511) 219-3400, anexo 1057

Fax (511) 219-3413

<http://www.osinerg.gob.pe/osinerg/investigacion>

Correo electrónico: rperezreyes@osinerg.gob.pe y rgarcia@osinerg.gob.pe





TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Costo de Capital: aspectos conceptuales.....	6
2.1. Consumo intertemporal, riqueza e inversión.....	8
2.2. Selección de cartera, comportamiento optimizador y análisis media varianza	12
2.3. El modelo de valoración de activos de capital y el WACC.	23
3. Costo de Capital en industrias reguladas.	33
4. Costo de Capital en la Distribución de Electricidad en el Perú.	36
5. Rentabilidad de la Distribución de Electricidad en el Perú.	41
5.1 Indicadores de Rentabilidad.....	41
5.2 Otros Indicadores de la Rentabilidad Empresarial.	44
5.3 Rentabilidad de las Empresas de Distribución de Electricidad: 1997 - 2004.	46
6. Conclusiones.....	62
7. Bibliografía.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Balance General de una Empresa: formato simplificado	7
Gráfico N° 2: Decisión de consumo-ahorro intertemporal	10
Gráfico N° 3: Preferencias media-varianza	18
Gráfico N° 4: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=-1.00$)	21
Gráfico N° 5: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=-0.50$)	21
Gráfico N° 6: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=1.00$).....	22
Gráfico N° 7: Conjunto factible de inversión en cartera según la correlación estadística entre los activos	22
Gráfico N° 8: Selección de cartera y relación riesgo-rentabilidad óptima.....	23
Gráfico N° 9: Evolución del ROIC y Otros Indicadores de Rentabilidad	46
Gráfico N° 10: ROA: 1997-2000.....	49
Gráfico N° 11: ROA: 2001-2004.....	50
Gráfico N° 12: ROA: Variación entre Períodos	51
Gráfico N° 13: ROE: 1997-2000	53
Gráfico N° 14: ROE: 2001-2004	54
Gráfico N° 15: ROE: Variación entre Períodos.....	54
Gráfico N° 16: ROIC: 1997-2000.....	56
Gráfico N° 17: ROIC: 2001-2004.....	57
Gráfico N° 18: ROIC: Variación entre Períodos	58
Gráfico N° 19: ROIC: Promedio 1994-2004	61



Gráfico N° 20: ROIC: Comparación de Casos - 1997	62
Gráfico N° 21: ROIC: Comparación de Casos - 2001	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Riesgo y rentabilidad de un portafolio: el caso de dos activos de inversión.....	20
Cuadro N° 2: Indicadores de rentabilidad libre de riesgo, de mercado y riesgo soberano	37
Cuadro N° 3: Nivel de Endeudamiento de Largo Plazo de las empresas Distribuidoras (2001-2004).....	38
Cuadro N° 4: Estimación de Betas según Damodaran para el Sector Eléctrico (2004).....	39
Cuadro N° 5: Estimación del Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC) para la Distribución de Electricidad en el Perú	40
Cuadro N° 6: Empresas Distribuidoras Consideradas en la Estimación del Costo de Capital.....	47
Cuadro N° 7: Rentabilidad sobre Activos de las Distribuidoras 1997-2004.....	49
Cuadro N° 8: Rentabilidad sobre Activos de las Distribuidoras Desagregada	50
Cuadro N° 9: Rentabilidad sobre el Patrimonio de las Empresas Distribuidoras 1997-2004	52
Cuadro N° 10: Rentabilidad sobre Patrimonio de las Empresas Distribuidoras Desagregada	53
Cuadro N° 11: Rentabilidad sobre el Capital Invertido de las Empresas Distribuidoras 1997-2004.....	55
Cuadro N° 12: Rentabilidad sobre el Capital Invertido de las Empresas Distribuidoras Desagregada	56
Cuadro N° 13: Cálculo del ROIC Utilizando Datos Contables	58
Cuadro N° 14: Cálculo del Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización.....	59
Cuadro N° 15: Cálculo del ROIC Utilizando Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización, con Datos de Estados de Flujo de Efectivo e Inversiones Ejecutadas	60
Cuadro N° 16: Cálculo del ROIC Utilizando Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización, con Datos de Inversiones Ejecutadas	60
Cuadro N° 17: Cálculo del ROIC Utilizando el Valor Nuevo de Reemplazo ..	60





El Costo de Capital en Industrias Reguladas. Una aplicación a la Distribución de Electricidad

Raúl Pérez-Reyes E. y Raúl García C.

1. Introducción¹

Tanto en los regímenes de regulación de monopolios naturales basados en la estimación de costos como en aquellos basados en el diseño de incentivos, un elemento de discusión, entre empresas, usuarios y organismo regulador, es el relacionado con el valor del costo de capital a ser utilizado en el proceso de fijación de tarifas.

El costo de capital de un inversionista representa la medición del costo de oportunidad disponible para él respecto del capital que dicho agente está dispuesto a invertir. Este costo de oportunidad disponible implica medir la rentabilidad que el inversor obtendría si decidiese invertir un monto similar en uno o varios proyectos alternativos, por un período de maduración de la inversión semejante, bajo un esquema de capitalización.

Es en este sentido que esta variable se convierte en un determinante clave en el proceso de inversión por parte de los agentes privados, ya que los inversionistas decidirán invertir dependiendo de cuanto es el costo del capital que les será reconocido respecto al que ellos consideran su costo de oportunidad. Por tanto, un tema importante para ellos es la obtención precisa de esta variable por parte del ente regulador en base a una determinada metodología. De esta forma, un elemento sobremano relevante respecto del costo de capital es la metodología utilizada en su determinación, no necesariamente por su aceptación académica o empírica, sino por su utilidad práctica.

Sin embargo, si bien existe cierta convergencia sobre los criterios para estimar el costo del capital, ello no debe limitar al regulador en su búsqueda de la mejor metodología de estimación del costo de capital. Es en este esfuerzo, que se debe analizar, en primer lugar, la modelación de las decisiones de inversión en una cartera de valores; lo cual, a su vez, implica la formulación y estimación de diversos modelos teóricos de elección de la cartera bajo incertidumbre. Entre

¹. Versión revisada en febrero del 2006. Se agradece la asistencia de Claudia Fernández – Dávila, Pamela Medina y Erix Ruiz.





estos modelos hay tres que son los que tienen mayor aceptación en el mundo de la teoría financiera. Ellos son: (i) modelo de valoración de activos de capital (*Capital Asset Pricing Model, CAPM*); (ii) modelo de valoración de arbitraje (*Arbitrage Pricing Theory, APT*); y, (iii) el modelo de crecimiento de dividendos (*Dividend Growth Model, DGM*).

En general, los resultados no son concluyentes a favor de un determinado modelo teórico. Sin embargo, el CAPM es el que ha sido principalmente utilizado, tanto por los organismos reguladores a nivel internacional como por los bancos de inversión, al momento de realizar sus valorizaciones y asesorar decisiones de inversión en carteras de valores.

En la segunda sección, se presentan los fundamentos y características principales del modelo CAPM, desarrollando algebraicamente las expresiones utilizadas para estimar el costo de oportunidad del capital para las empresas reguladas; al mismo tiempo que se exponen sus limitaciones. En la tercera sección, se hace una breve descripción de las características del costo de capital en industrias reguladas. En la cuarta sección, se presenta una estimación del costo de capital para el caso de la distribución de electricidad en el Perú; mientras que en la quinta sección, se presentan los principales indicadores de rentabilidad que requieren ser contrastados con el costo de capital promedio ponderado estimado. Finalmente, en la sexta sección se presentan las conclusiones del estudio.

2. Costo de Capital: aspectos conceptuales.

La determinación del costo de capital es un concepto estrechamente relacionado con la definición de beneficios económicos, en la medida que cualquier nivel de rentabilidad que exceda el costo de capital será considerado como beneficios económicos sobre normales, es decir, el capital estará obteniendo un nivel de retorno por encima de su costo de oportunidad.

La definición de costo de capital a utilizarse, entendido como la tasa a la que se descuentan los flujos futuros netos asociados a los activos fijos en los que la empresa analizada ha invertido en el pasado, dependerá de la definición de los flujos de fondos considerados. Cuando se utiliza flujos de caja libres², la tasa de

². El flujo de caja libre (conocido como “Free Cash Flow”, FCF), corresponde al flujo de caja generado por las operaciones de la empresa después de impuestos, reinversión en activos fijos y capital de trabajo. El flujo de caja libre viene a ser el efectivo disponible para los suministradores de fondos (capital propio y financiamiento externo).



descuento de los flujos corresponderá al costo promedio ponderado de capital (*Weighted Average Cost of Capital*, WACC); mientras que cuando se considera el flujo de caja de capital es necesario utilizar como tasa de descuento el rendimiento sobre los activos.

Para propósitos de la determinación de tarifas, el costo de capital relevante para descontar los flujos de fondos asociados a un activo fijo es el costo promedio ponderado del capital, el cual consiste en considerar que una empresa, al momento de decidir invertir en determinados activos fijos, tiene dos fuentes de financiamiento de largo plazo: endeudamiento con terceros (mercados financieros) y/o aumento de capital (mercados de capitales).

Un supuesto convencional en diversos estudios de costos de servicios públicos, es que los activos y pasivos líquidos coinciden en todo momento y representan magnitudes pequeñas, de forma que el costo del capital de trabajo no es una variable a ser considerada en la determinación del costo de capital. Si los activos y pasivos líquidos coinciden en todo momento, es posible sacarlos del análisis de rentabilidad de largo plazo y quedarse sólo con lo relacionado al financiamiento de los activos fijos, el que por definición de la maduración de esos activos, debiese ser el financiamiento de largo plazo.

Gráfico N° 1: Balance General de una Empresa: formato simplificado

Activos	Pasivos
Activos Líquidos	Deuda de C.P.
Activos Fijos (K)	Deuda de L.P. (D)
	Patrimonio (E)

Estas consideraciones nos llevan a definir al activo fijo, el cual es igual al endeudamiento de largo plazo más el patrimonio de la empresa, esto es:

$K = D + E$. Entonces, el costo promedio ponderado del capital (WACC) se redefine como:

$$WACC_t^j = \delta_t^j = \left(\frac{D_t}{D_t + E_t} \right) (1-t) R_d + \left(\frac{E_t}{D_t + E_t} \right) R_j$$

Donde t es la tasa del impuesto a la renta que pagan las empresas, R_d es la tasa de interés que se paga por el endeudamiento con terceros (mercados financieros), también denominado costo de endeudamiento que, dada la naturaleza de largo plazo, puede ser concebida como la tasa de retorno de los bonos de largo plazo emitidos por la empresa y transados en mercados financieros; y R_j es el retorno que espera un accionista en el caso de que financie la inversión realizada o por realizar por la empresa “j” mediante la compra de acciones de dicha empresa, también denominado costo del patrimonio o costo del capital propio.

En ambos casos, considerando el costo de endeudamiento y el costo del patrimonio, estamos buscando explicar la evolución de la rentabilidad de activos que son riesgosos, uno más que el otro, en la medida de que ninguno de ellos tiene el retorno efectivo asegurado sino sólo retornos esperados. Para ello, es necesario conocer las características de la demanda por este tipo de activos con riesgo.

Para obtener dicha información, es necesario contar con un marco conceptual que nos lleve a entender bajo qué condiciones un agente económico demanda un activo determinado, como consecuencia de un comportamiento racional, por parte del mismo. Esto nos lleva al tema de las decisiones de consumo individuales, y luego agregadas, que se realizan bajo condiciones de incertidumbre, en las que es necesario determinar cuánto ahorra un agente económico. Una vez que se toma esa decisión, es necesario analizar a qué tipo de activos el individuo asigna sus ahorros, es decir, cómo construyen una cartera o portafolio de inversión en activos riesgosos.

2.1. Consumo intertemporal, riqueza e inversión.

Explicar el concepto de costo de capital fuera del contexto en el que se toman decisiones de ahorro-inversión sería errado, pues ambos conceptos están estrechamente vinculados en el largo plazo. En primer lugar, las familias

deciden cuanto consumir y ahorrar en el presente y recién, en base a aquella decisión, se decide en que activos invertir el monto que no se ha consumido.

Los desarrollos conceptuales sobre el tema de la decisión de ahorro-inversión de las familias parten por entender que ésta no es otra cosa que el resultado de una decisión de consumo intertemporal, en donde el ahorro o la inversión hoy está asociada a la postergación del consumo presente y a la expectativa de que esa postergación implicará obtener mayores ingresos en el futuro. Hecho que a su vez permitirá elevar el consumo futuro, dada una tasa de retorno esperada, que hará que dicha postergación del consumo presente sea razonable.

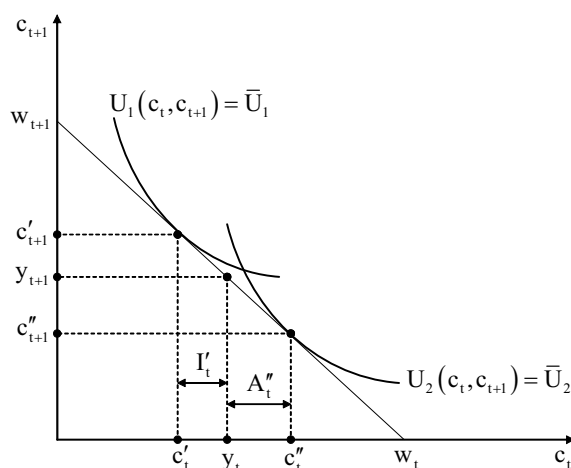
Luego de decidir cuánto ahorra o invierte y cuánto consume en el presente, el agente económico debe decidir cómo asignar sus ahorros a los distintos tipos de activos disponibles para generar riqueza y obtener una rentabilidad que justifique la decisión de postergar el consumo presente por consumo futuro. Esto último implica la selección de una cartera de valores a invertir.

La primera etapa de este proceso de decisión de ahorro-inversión se formaliza a través de la consideración de la decisión de ahorro-inversión como parte de la decisión de un consumidor que maximiza su utilidad, pero intertemporalmente. Consideremos para ello que el consumidor elige en dos períodos, el presente (t) y el futuro ($t+1$), su consumo de un bien agregado y que en ambos períodos tiene empleo, por lo tanto tiene ingresos, los que asumiremos para fines expositivos como de igual cuantía. Entonces el consumidor buscará maximizar su utilidad intertemporalmente, sujeto a una restricción presupuestal intertemporal. Asimismo, se asume que la inexistencia de costos de transacción y de competencia perfecta permite establecer que la tasa de interés a la que se endeuda y la que recibe por sus depósitos es la misma. Así, el problema de optimización formalmente se representa como:

$$\begin{aligned} & \text{Max } U(c_t, c_{t+1}) \\ & \text{s.a.} \\ & c_t + \frac{c_{t+1}}{(1+r)} = y_t + \frac{y_{t+1}}{(1+r)} \equiv w_t \end{aligned}$$

Lo que gráficamente, para el caso de dos agentes con el mismo ingreso presente y futuro, se puede representar de la siguiente forma:

Gráfico N° 2: Decisión de consumo-ahorro intertemporal



Así, dependiendo de las preferencias de los individuos, existirán agentes que invierten y agentes económicos que ahorran, de forma que estos últimos financian las decisiones de inversión de los primeros agentes. En el caso del análisis de las decisiones de inversión de una empresa, donde se puede recurrir al mercado de capitales o al mercado financiero para obtener los fondos necesarios, debe considerarse también que, en última instancia, estas fuentes de financiamiento se alimentan de los ahorros de otros agentes económicos. De forma tal que no es posible considerar la decisión de inversión de una empresa, y la rentabilidad asociada a dicha inversión, sin considerar la rentabilidad mínima que los accionistas u ofertantes de fondos prestables requieren.

Es por ello que es posible considerar como marco de análisis que el objetivo de la empresa es maximizar la riqueza de sus accionistas, actuales y futuros. Se define la riqueza del accionista, desde el punto de vista financiero, como el valor presente de los flujos de caja después de impuestos que son pagados por la empresa al accionista hasta el momento en que se vende la acción (primer término de la ecuación), más el valor residual de dicha acción (segundo término de la ecuación), esto es:

$$w_t = \sum_{s=0}^{T-1} \frac{D_{t+s}}{(1+r_e)^s} + \frac{A_T}{(1+r_e)^T}$$

Si consideramos un horizonte de inversión largo, el valor residual de la acción, en valor presente, tiende a ser cero, y la riqueza puede ser definida de forma equivalente como:

$$w_t = \sum_{s=0}^{+\infty} \frac{D_{t+s}}{(1+r_e)^s}$$

Esta definición reconoce las ganancias de capital que puedan surgir por ventas en períodos infinitos, dado que la vida útil se percibe como infinita. Esto a su vez nos lleva a analizar la definición de flujo de dividendos después de impuestos que recibe el accionista, lo que requiere definir las fuentes y usos de los fondos de los que dispone una empresa en cada año, los cuales se pueden representar como la igualdad de:

$$\underbrace{IT_t + P_t S_t}_{\text{Fuentes}} = \underbrace{D_t + GO_t + I_t}_{\text{Usos}}$$

Donde IT son los ingresos por ventas, P es el precio de una acción de la empresa, S es el número de nuevas acciones emitidas por la empresa, GO son los gastos operativos e I representa la inversión de la empresa, todas en el período “t”. De allí, es posible definir a los dividendos después de impuestos como:

$$D_t = IT_t + P_t S_t - GO_t - I_t$$

Por lo que la definición de riqueza de los accionistas también es igual a:

$$w_t = \sum_{s=0}^{+\infty} \frac{(IT_{t+s} + P_{t+s} S_{t+s} - GO_{t+s} - I_{t+s})}{(1+r_e)^s}$$

Estas definiciones, que son de naturaleza económica, no coinciden con las definiciones contables de flujos de dividendos. Esta última es igual a:

$$BN_t = IT_t + P_t S_t - GO_t - Dep_t$$

Donde BN es el beneficio contable y Dep representa el gasto de depreciación de los activos fijos. De acuerdo con Weston y Copeland (1988), es posible relacionar el concepto de beneficio contable con el de dividendo económico, antes señalados. Para ello se debe utilizar el concepto de cambio neto en el valor contable de los activos fijos, A, tal que:

$$\Delta A_t = I_t - \text{Dep}_t$$

$$D_t = IT_t + P_t S_t - GO_t - \text{Dep}_t - (I_t - \text{Dep}_t)$$

$$D_t = \text{BN}_t - \Delta A_t$$

Con lo que la definición de riqueza del individuo, que utiliza la información contable-financiera, se replantea como:

$$w_t = \sum_{s=0}^{+\infty} \frac{(\text{BN}_{t+s} - \Delta A_{t+s})}{(1 + r_e)^s}$$

Como ya se indicó, luego de decidir el nivel de ahorro, el consumidor, deberá realizar una selección del portafolio de valores en los que destinará dichos fondos de ahorro, para ello es relevante analizar las decisiones de cartera de un agente que maximiza su riqueza, lo que nos lleva al tema de la actitud de los agentes frente al riesgo.

2.2. Selección de cartera, comportamiento optimizador y análisis media varianza.

Si consideramos el problema del consumidor, la maximización de la utilidad sujeta a una restricción presupuestal puede ser planteada de forma equivalente a través de la función de utilidad indirecta,³ la cual permite expresar la utilidad en el óptimo como una función de los ingresos, en nuestro caso, en valor presente; y de los precios, con lo que es posible plantear la relación directa entre el

³ Ver Ingersoll (1988) o Varian (1992).

consumo óptimo (que maximiza la utilidad) y el nivel de ingreso en valor presente o su equivalente que es la riqueza, w_t .

Si se considera que en una segunda etapa, dada la decisión de cuánto ahorrar en la primera, la decisión del consumidor se centra en elegir un portafolio de inversión óptimo, es posible establecer una relación entre la riqueza que resulta de un portafolio y la rentabilidad que el mismo brinda. Siguiendo a Weston y Copeland (1988):

$$w_{t+1}^p = w_t (1 + R_p)$$

$$R_p = \sum_{j=1}^N \phi_j R_j$$

$$R_j = \frac{P_{t+1}^j - P_t^j + D_{t+1}^j}{P_t^j} = \frac{P_{t+1}^j + D_{t+1}^j}{P_t^j} - 1$$

Donde ϕ_j representa la ponderación en el portafolio de la inversión asociada al activo “j”, R_j la rentabilidad asociada al activo “j”, P_t^j el precio del activo “j” en el período “t”, D_{t+1}^j los dividendos que se reciben por la tenencia del activo “j” en el período “t+1”, R_p la rentabilidad del portafolio “p” y w_{t+1}^p a la riqueza en el período “t+1” asociada al portafolio “p”.

Si además se considera que los agentes económicos tienen un ordenamiento en sus preferencias, y que dichas preferencias cumplen con ciertas características, es posible asegurar que existe una función de utilidad esperada que permite representar las preferencias que sobre diversas loterías tiene un consumidor.⁴ Esto nos permitirá definir que el criterio de optimalidad en las decisiones de un consumidor bajo condiciones de incertidumbre es el de la maximización de la utilidad esperada, sujeta a la restricción presupuestal esperada.

Se define a la función de utilidad esperada como:

⁴ Para detalles sobre los axiomas en el comportamiento del consumidor bajo incertidumbre ver Ingersoll (1988).

$$EU(W_{t+1}) = \sum_{i=1}^n \pi_i U(W_{t+1}^i)$$

Donde el subíndice “i” representa cada uno de los posibles estados de la naturaleza en el período “t+1” y π_i representa la probabilidad de ocurrencia de cada estado posible en el período “t+1”.

La función de utilidad, $U(W)$, presenta algunas propiedades que reflejan la actitud del individuo respecto del riesgo de cambios en su riqueza. Cuando la utilidad marginal de la riqueza es constante, se dice que el individuo es neutral respecto del riesgo de que cambie su riqueza, cuando la utilidad marginal de la riqueza es decreciente se dice que es adverso al riesgo de cambios en su riqueza y cuando la utilidad marginal es creciente el individuo es amante del riesgo.

Estas características están relacionadas con la segunda derivada de la función de utilidad. Bajo el supuesto de que el individuo representativo es adverso al riesgo, la función de utilidad debe de mostrar una segunda derivada negativa, lo cual lo asocia a la concavidad de dicha función de utilidad.

De otro lado, un individuo adverso al riesgo puede ser caracterizado porque la utilidad de un nivel de riqueza determinado es mayor que el nivel de utilidad esperada de dicha riqueza, esto es:

$$U(W_{t+1}) \geq EU(W_{t+1})$$

De forma tal que un consumidor adverso al riesgo estará dispuesto a pagar una prima con la finalidad de eliminar el riesgo asociado a dicha cartera.

Dada la conducta respecto del riesgo del individuo, cada agente económico decidirá su portafolio de forma tal que éste le permita maximizar su utilidad esperada, sujeto a una restricción presupuestal intertemporal, en la que se consideran los posibles estados que los distintos activos adquiridos pueden tener. Siguiendo a Marín y Rubio (2001), esto puede ser formalizado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\{Q_j\}_{j=1}^N} EU(W_{t+1}) \\ & \text{sujeto a :} \\ & W_t = \sum_{j=1}^N Q_j P_t^j \\ & W_{t+1} = \sum_{j=1}^N Q_j P_{t+1}^j \end{aligned}$$

Donde Q_j representa la cantidad de cada activo “j” adquirido y P_j representa el precio de cada activo “j” en ambos periodos: “t” y “t+1”. Este problema puede ser planteado de otra forma si restamos la segunda restricción presupuestal de la primera, introducimos la rentabilidad asociada a cada activo, R_j , y si definimos a la ponderación de cada activo en el portafolio en el período de decisión de inversión como $\phi_j = Q_j P_t^j / W_t$, de forma que podemos obtener la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\{\phi_j\}_{j=1}^N} EU(W_{t+1}) \\ & \text{sujeto a :} \\ & W_{t+1} = W_t \left[\sum_{j=1}^N \phi_j (1 + R_j) \right] \equiv W_t (1 + R_p) \end{aligned}$$

De manera que cada ϕ_j óptimo, representa la ponderación sobre la riqueza inicial que se le asignará a cada activo con la finalidad de maximizar la utilidad esperada de la riqueza del período “t+1”.

Si asumimos que uno de los activos del portafolio de inversión no tiene riesgo, activo que se puede asociar con un bono gubernamental que emite un cupón anual equivalente a “r” unidades monetarias por cada 100 unidades monetarias del valor inicial del bono, en el período “t+1”; el problema de selección de cartera se plantea como:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\{\omega_j\}_{j=1}^N} EU(W_{t+1}) \\ & \text{sujeto a:} \\ & W_{t+1} = W_t \left[(1+r) - \sum_{j=1}^{N-1} \phi_j (R_j - r) \right] \equiv W_t (1+R_p) \end{aligned}$$

Obteniendo las condiciones de primer orden para el activo “j” se tiene la siguiente igualdad:

$$E \left[U'(W_{t+1}) (R_j - r) \right] = 0$$

Una forma alternativa de determinar la cartera óptima es a través del análisis media-varianza, para ello es necesario primero definir la función de utilidad esperada, como una aproximación de Taylor, esto es:⁵

$$EU(W_{t+1}) \approx \sum_{k=0}^{+\infty} \left(\frac{1}{k!} \right) U^k(E[W_{t+1}]) E[W_{t+1} - E[W_{t+1}]]^k$$

Y considerar que la función de utilidad es cuadrática o que la riqueza del individuo es una variable aleatoria continua que sigue una distribución de probabilidad normal. En ambos casos, mediante los dos primeros momentos de la variable aleatoria (media y varianza) es posible aproximar la función de utilidad esperada de la riqueza.

Si consideramos que la rentabilidad de un activo determinado es una variable aleatoria normalmente distribuida, definida por:

$$\begin{aligned} R_j & \sim N(\bar{R}_j, \sigma_j^2) \\ \bar{R}_j & = E(R_j) = \sum_{s=1}^S \pi_s R_j^s \\ \sigma_j^2 & = \sum_{s=1}^S \pi_s [R_j^s - E(R_j)]^2 \end{aligned}$$

⁵ Ver Marín y Rubio (2001), Op. Cit.

Que en términos de una cartera determinada implican que:⁶

$$R_p \sim N(\bar{R}_p, \sigma_p^2)$$

Cuando se considera que los rendimientos de los activos en el período “t+1”, como una variable aleatoria, están distribuidos mediante una función de probabilidad normal, es posible utilizar los dos primeros momentos de la aproximación de Taylor para caracterizar a la función de utilidad esperada, esto es, mediante su media, $E(w_{t+1}^p)$, y su varianza, $V(w_{t+1}^p) = E[w_{t+1}^p - E(w_{t+1}^p)]^2$, de forma tal que es posible afirmar que:

$$W_{t+1} \sim N(W_t(1 + \bar{R}_p), W_t^2 \sigma_p^2) \equiv N(\mu_W, \sigma_W^2)$$

Con lo que el valor esperado de la función de utilidad, en forma funcional, es equivalente a:

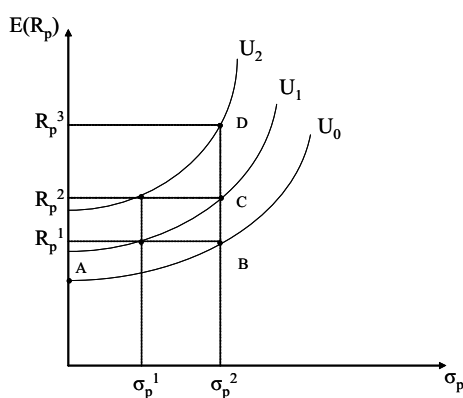
$$EU(W_{t+1}) = \int_{-\infty}^{+\infty} U(W_{t+1}) \frac{e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{W_{t+1} - \mu_W}{\sigma_W} \right)^2}}{(2\pi\sigma_W^2)^{1/2}} dW_{t+1} = V(\bar{R}_p, \sigma_p^2)$$

De esta forma, se asocia la maximización de la utilidad esperada a la maximización de una función de utilidad indirecta, que depende de la media y la varianza de la riqueza del individuo, la que a su vez depende de la rentabilidad promedio y de la varianza del portafolio de inversión del individuo. Esto permite apreciar el problema de elección bajo incertidumbre mediante la maximización de la utilidad esperada como un problema de decisión que se puede restringir a la rentabilidad promedio y la varianza asociada a los diversos portafolios de inversión que puede tener un individuo.

⁶ La sumatoria de transformaciones lineales de una variable aleatoria normal, sigue siendo una variable aleatoria normal.

Si se define el espacio media-varianza del portafolio, es posible graficar las preferencias de los individuos a través de curvas de indiferencia, como se muestra a continuación.

Gráfico N° 3: Preferencias media-varianza



Como se aprecia en el Gráfico N° 3, es posible obtener el mismo nivel de utilidad con diversas combinaciones de riesgo y rentabilidad, de forma que se mantendrá un nivel de utilidad determinado, U_0 , si ante un incremento del riesgo se incrementa la rentabilidad. Esto debido a que se considera que los agentes son adversos al riesgo, propiedad que es representada por la utilidad marginal decreciente de la riqueza. Esto se observa en la comparación de los puntos A y B. Para ese nivel de utilidad, en el punto A se obtiene un nivel de rentabilidad que no tiene riesgo y que da una utilidad igual a U_0 , mientras que en el punto B, se obtiene el mismo nivel de utilidad, pero dado que hay mayor riesgo en portafolio, sólo es posible sostener ese nivel de utilidad si se incrementa la rentabilidad esperada del mismo.

Si para un mismo nivel de riesgo se obtiene del portafolio una rentabilidad mayor, claramente el agente obtendrá un mayor nivel de satisfacción, por lo que desplazamientos verticales hacia el origen reducen el nivel de utilidad, y en sentido contrario la aumentan. Esto se aprecia en el punto D, en comparación con los puntos C y B, donde dados el mismo nivel de riesgo, la rentabilidad es mayor en cada uno de estos puntos, en la medida que se aleja del origen.

Pero las curvas de nivel media-varianza sólo reflejan las preferencias de los agentes económicos y su actitud frente al riesgo. Sin embargo, es necesario confrontar las preferencias de los agentes con el conjunto factible de inversiones diversificadas disponibles para cada agente económico, dadas las rentabilidades y varianza de cada activo que compone el portafolio, así como la correlación entre los diversos activos.

Como se recuerda se definió a la rentabilidad del portafolio como:

$$R_p = \sum_{j=1}^N \phi_j R_j$$

Luego el valor esperado y la varianza del portafolio son iguales a:

$$E(R_p) = \sum_{j=1}^N \phi_j E(R_j)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^N \sum_{h=1}^N \phi_j \phi_h \sigma_{jh} = \sum_{j=1}^N \sum_{h=1}^N \phi_j \phi_h \rho_{jh} \sigma_j \sigma_h$$

Donde ρ_{jh} es la correlación simple entre el rendimiento del activo “j” y el del activo “h”, σ_j es la desviación estándar del rendimiento del activo “j” y $\sigma_j^2 = \sigma_{jj}$ es la varianza de la rentabilidad del activo “j”. En la medida que se modifiquen las ponderaciones de la cartera, la rentabilidad y la varianza de la misma se irán modificando.

Si consideramos el caso de dos activos: 1 y 2 y asumimos que $\rho_{12} = \rho_{21}$, podremos apreciar que la definición de rentabilidad esperada y varianza del portafolio se simplifica y se obtiene las siguientes expresiones:

$$E(R_p) = \phi_1 E(R_1) + \phi_2 E(R_2)$$

$$V(R_p) = \sigma_p^2 = \phi_1^2 \sigma_1^2 + \phi_2^2 \sigma_2^2 + 2\phi_1 \phi_2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2$$

Un ejemplo para este caso se puede apreciar en el Cuadro N° 1, para el caso de dos activos, cuyas rentabilidades y varianzas son conocidas, así como la

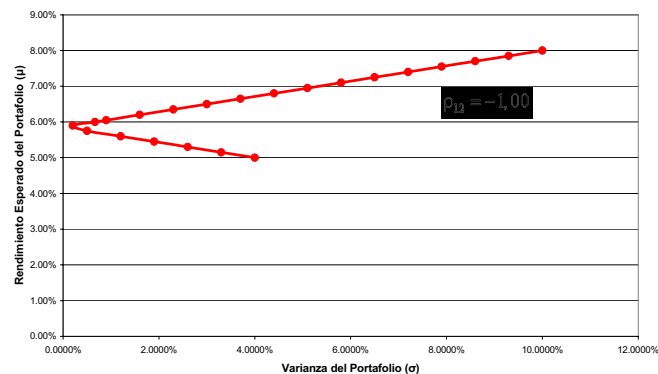
correlación estadística entre sus rentabilidades. En este caso se asumió que la correlación era negativa (y perfecta) e igual a -1, esto es: $\rho_{12} = -1.00$.

Lo que gráficamente se representa como una función no lineal, pero que muestra una solución de esquina, es decir, que existe una rentabilidad factible en la que no hay riesgo de cartera (la varianza del portafolio es aproximadamente cero). Esto quiere decir que, con una correlación negativa perfecta, es posible diversificar la cartera de tal forma, que se elimina la varianza del portafolio, en el caso de una decisión de inversión eficiente. Esto se aprecia en el Gráfico N° 4

Cuadro N° 1: Riesgo y rentabilidad de un portafolio: el caso de dos activos de inversión

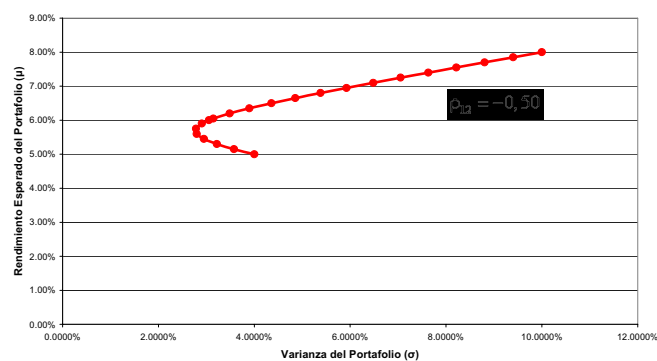
Rentabilidad de Activo 1 =		5.00%	
Varianza de Activo 1 =		0.16%	
Rentabilidad de Activo 2 =		8.00%	
Varianza de Activo 2 =		1%	
Correlación entre 1 y 2 =		-1.00000	
Ponderaciones de Cartera		Rendimiento esperado del portafolio	Desviación Estándar del Portafolio
Activo 1	Activo 2		
0%	100%	8.00%	10.0000%
5%	95%	7.85%	9.3000%
10%	90%	7.70%	8.6000%
15%	85%	7.55%	7.9000%
20%	80%	7.40%	7.2000%
25%	75%	7.25%	6.5000%
30%	70%	7.10%	5.8000%
35%	65%	6.95%	5.1000%
40%	60%	6.80%	4.4000%
45%	55%	6.65%	3.7000%
50%	50%	6.50%	3.0000%
55%	45%	6.35%	2.3000%
60%	40%	6.20%	1.6000%
65%	35%	6.05%	0.9000%
67%	33%	6.00%	0.6667%
70%	30%	5.90%	0.2000%
75%	25%	5.75%	0.5000%
80%	20%	5.60%	1.2000%
85%	15%	5.45%	1.9000%
90%	10%	5.30%	2.6000%
95%	5%	5.15%	3.3000%
100%	0%	5.00%	4.0000%

Gráfico N° 4: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=-1.00$)



Por otro lado, si consideramos una correlación negativa entre ambos rendimientos, pero menor a cero, por ejemplo $\rho_{12} = -0.50$, el gráfico del conjunto de oportunidades de inversión se convierte en no lineal, como se aprecia en el Gráfico N° 5. No obstante, todavía existe una única cartera de inversión que minimice el riesgo esperado, a saber, la varianza del portafolio; aunque no se elimine del todo como en el caso anterior.

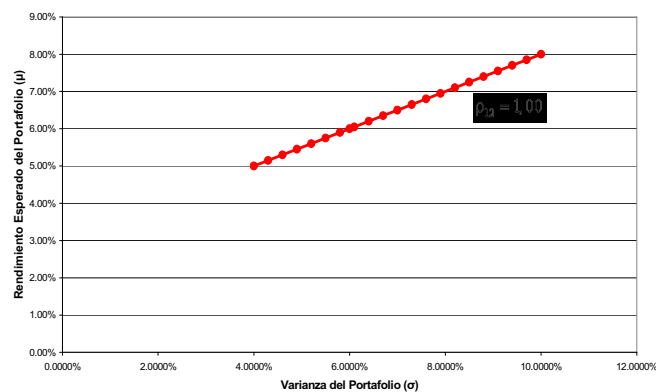
Gráfico N° 5: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=-0.50$)



Finalmente, en el caso que consideremos una correlación positiva entre ambos rendimientos e igual a 1, $\rho_{12} = 1.00$, el gráfico del conjunto de oportunidades de inversión sería una línea recta, tal como se aprecia en el Gráfico N° 6. La

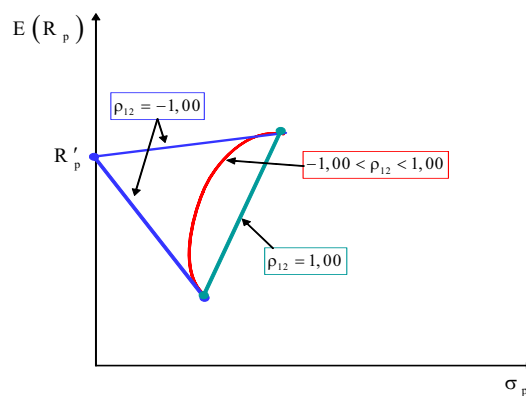
particularidad de este caso es que a cada combinación de activos le corresponde un único rendimiento esperado, así como una única varianza.

Gráfico N° 6: Conjunto de Oportunidades Factibles ($\rho_{12}=1.00$)



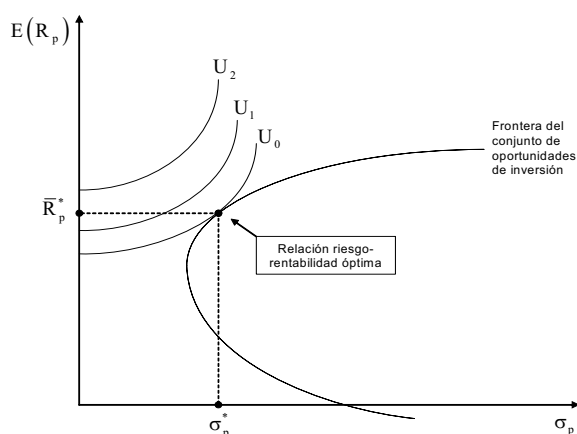
Por tanto, la forma del conjunto de oportunidades factibles estará determinada por el valor de la correlación entre los rendimientos de los activos, con lo que es posible apreciar que éste tendrá como expresión general la mostrada en el Gráfico N° 7.

Gráfico N° 7: Conjunto factible de inversión en cartera según la correlación estadística entre los activos



Sin embargo, para la elección de la cartera óptima debemos combinar las preferencias media-varianza, representadas por las curvas de utilidad; y el conjunto factible del portafolio. La selección de cartera óptima requerirá que el individuo maximice la rentabilidad de su portafolio diversificando su inversión en determinados activos según las posibilidades de inversión que tiene, tomando en cuenta sus preferencias con respecto al riesgo (en este caso se considera un individuo adverso al mismo); lo que se formaliza como el punto en el cual las dos curvas son tangentes (ver Gráfico N° 8).

Gráfico N° 8: Selección de cartera y relación riesgo-rentabilidad óptima



Ello implica que ante un incremento del riesgo del portafolio elegido, sólo se podrá sostener un mismo nivel de utilidad si hay un incremento de la rentabilidad de dicho portafolio, definido por el vector de ponderación de cada activo en el portafolio.

2.3. El modelo de valoración de activos de capital y el WACC.⁷

La determinación de la cartera óptima, en el marco del análisis media-varianza, supone la determinación de las ponderaciones óptimas de cada activo de inversión respecto del total de riqueza inicial. Cuando se plantean formalmente las condiciones de optimalidad de la selección del portafolio, se requiere

⁷ Este acápite se basa en Marín y Rubio (2001), Op. Cit.

establecer el valor esperado de los activos involucrados, lo que nos lleva a una teoría de la valoración de los activos de inversión. La teoría de mayor aceptación para su obtención es la denominada CAPM, la cual consiste en establecer los determinantes del valor esperado de la rentabilidad de cada activo. Para ello, se plantea el problema de maximización de la utilidad esperada reformulado, de tal forma que si:

$$w_{t+1}^p = w_t (1 + R_p) \equiv w_t \sum_{j=1}^N \phi_j (1 + R_j)$$

Se puede expresar el problema de optimización de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{\{\phi_j\}_{j=1}^N} \quad EU \left(w_t \sum_{j=1}^N \phi_j (1 + R_j) \right) \\ & \text{sujeto a :} \\ & \quad \sum_{j=1}^N \phi_j = 1 \end{aligned}$$

Si además se considera que existe un activo del portafolio que no tiene riesgo (versión de Sharpe, 1963) y se derivan las condiciones de primer orden para el resto de activos de inversión con riesgo, se tiene:

$$w_t E \left[U' (w_{t+1}) (1 + R_j) \right] = \lambda \quad ; j = 1, \dots, (N-1).$$

Aplicando la misma condición de optimalidad al caso del activo de inversión sin riesgo se obtiene la siguiente condición:

$$w_t (1 + r_f) E \left[U' (w_{t+1}) \right] = \lambda$$

Donde r_f es el rendimiento del activo sin riesgo.

Por lo que de igualar ambas condiciones de primer orden, se tendrá que:

$$E \left[U' (w_{t+1}) (1 + R_j) \right] = (1 + r_f) E \left[U' (w_{t+1}) \right]$$

Si consideramos la definición de valor esperado de un producto,⁸ esta expresión puede ser replanteada como:

$$E[U'(w_{t+1})]E[1 + R_j] + \text{Cov}(U'(w_{t+1}), R_j) = (1 + r_f)E[U'(w_{t+1})]$$

De donde se obtiene la siguiente expresión sobre la condición de optimalidad:

$$E(R_j) = r_f + \left[\frac{-\text{Cov}(U'(w_{t+1}), R_j)}{E[U'(w_{t+1})]} \right] ; \quad j = 1, \dots, (N-1).$$

El lado derecho de la expresión indica que el retorno esperado de un activo debe ser igual a una tasa libre de riesgo más una prima por el riesgo que el agente le asigna al activo de inversión “j”.⁹ En la medida que la media de la rentabilidad efectiva de un activo sea mayor que el lado derecho, el agente aumentará la ponderación del activo “j” en su portafolio, y caso contrario, reducirá su inversión en el activo cuando la rentabilidad promedio efectiva sea menor que la rentabilidad esperada por el inversionista. De forma que la ponderación de un activo en el portafolio irá aumentando hasta que se cumpla la expresión anterior. Dadas las ponderaciones óptimas para cada uno de los (N-1) activos, la ponderación del activo sin riesgo será determinada. Hay que recalcar, que este proceso de determinación del portafolio óptimo es simultáneo.

Hasta este momento, la derivación de las condiciones de optimalidad no ha requerido la definición de normalidad para el comportamiento de los agentes económicos individuales. Si se considera este supuesto, tanto el rendimiento de cada activo como la riqueza del individuo en el período “t+1” estarán normalmente distribuidas. Esto permite aplicar alguna de las propiedades de la covarianza, en variables normales,¹⁰ de forma que es posible expresar la condición de optimalidad como:

⁸ $E(XY) = E(X)E(Y) + \text{Cov}(X, Y)$

⁹ Existe una relación inversa entre la utilidad marginal de la riqueza futura y la rentabilidad de cada activo, en la medida que un incremento de la rentabilidad de cualquier activo eleva la riqueza futura y al tener utilidad marginal decreciente, dicho incremento en la rentabilidad implica una menor utilidad marginal de la riqueza futura.

¹⁰ $\text{Cov}[x, g(y)] = E[g'(y)]\text{Cov}[x, y] \quad \text{y} \quad \sum_{i=1}^K \text{Cov}[x, y_i] = \text{Cov}\left[x, \sum_{i=1}^K y_i\right]$

$$E(R_j) = r_f + \theta_i \text{Cov}(w_{t+1}, R_j) \quad ; \quad j = 1, \dots, (N-1).$$

Donde para cada agente económico “i”, se define que:

$$\theta_i = \frac{E[U_i''(w_{t+1})]}{E[U_i'(w_{t+1})]} \quad ; \quad j = 1, \dots, (N-1).$$

Si la condición de optimalidad individual se agrega para todos los agentes económicos (P), esta condición de optimalidad agregada (de mercado), se puede expresar como:¹¹

$$E(R_j) = r_f + \left[\sum_{i=1}^P \theta_i^{-1} \right]^{-1} \text{Cov}(R_j, w_t^m (1 + R_m))$$

Esto puede plantearse como:

$$E(R_j) = r_f + \theta_m \text{Cov}(R_j, R_m)$$

Con la finalidad de determinar θ_m es necesario calcular la rentabilidad esperada del mercado. Para ello, es necesario definir las ponderaciones del mercado de cada uno de los activos, en el “portafolio” de mercado, que representan un agregado de las decisiones de portafolio de los individuos.

$$\sum_{j=1}^N \phi_j^m E(R_j) = \sum_{j=1}^N \phi_j^m r_f + \sum_{j=1}^N \phi_j^m \theta_m \text{Cov}(R_j, R_m)$$

¹¹ Se define la riqueza de forma agregada como:

$$w_t^m = \sum_{i=1}^P w_t^i$$

$$w_{t+1}^m = w_t^m (1 + R_m)$$

Donde se define a R_m como la rentabilidad de mercado y w_t^m a la riqueza agregada en cada período de tiempo.

Expresión que, utilizando la propiedad de la suma de las covarianzas se puede simplificar como:

$$E(R_m) = r_f + \theta_m \sum_{j=1}^N \text{Cov}(R_j, \phi_j^m R_m) = r_f + \theta_m \sigma_m^2$$

Esta última ecuación permite despejar el parámetro θ_m con la finalidad de reemplazarlo en la definición de rentabilidad esperada de cada activo de inversión “j”, de forma que se obtiene la siguiente expresión:

$$E(R_j) = r_f + \left[\frac{E(R_m) - r_f}{\sigma_m^2} \right] \text{Cov}(R_j, R_m)$$

Lo que puede ser planteado de forma alternativa como:

$$E(R_j) = r_f + \left[\frac{\text{Cov}(R_j, R_m)}{\sigma_m^2} \right] [E(R_m) - r_f] = r_f + \beta_j [E(R_m) - r_f]$$

Esta expresión indica que se invertirá, a nivel agregado, en el activo de inversión “j” en la medida de que la rentabilidad promedio efectiva sea superior al lado derecho de esta expresión, y viceversa, se reducirá la inversión en el activo “j” si la rentabilidad promedio efectiva es menor. La inversión agregada en el activo de inversión “j” se detendrá cuando la rentabilidad promedio efectiva sea igual al lado derecho de la anterior expresión.

La expresión de la derecha tiene tres componentes, de un lado tenemos la rentabilidad libre de riesgo. Dado que estamos ante un activo con riesgo, debido a las preferencias media-varianza, no debería haber un activo riesgoso cuya rentabilidad sea menor, en valor esperado, que la rentabilidad del activo sin riesgo, pues en dicho caso, sólo se invertiría en el activo sin riesgo. Por tanto, la segunda expresión debería ser positiva en valor esperado. Esta segunda expresión tiene, a su vez, dos componentes, de un lado el parámetro β_j y de otro lado el premio en términos de rentabilidad que surge de invertir en un portafolio de mercado.

Dado que lo que nos interesa son las condiciones de equilibrio tanto para las acciones (E) como los bonos (D) emitidos por la empresa a la que deseamos

calcularle el costo de capital, es posible utilizar la condición de equilibrio derivada del modelo CAPM para ambos activos riesgosos. Esto se puede expresar como:

$$E(R_E) = r_f + \left[\frac{\text{Cov}(R_E, R_m)}{\sigma_m^2} \right] [E(R_m) - r_f] = r_f + \beta_E [E(R_m) - r_f]$$

$$E(R_D) = r_f + \left[\frac{\text{Cov}(R_D, R_m)}{\sigma_m^2} \right] [E(R_m) - r_f] = r_f + \beta_D [E(R_m) - r_f]$$

Dada la definición de costo de capital promedio ponderado (WACC), considerando que los gastos financieros reducen los pagos de impuesto a la renta, y dada la tasa anual de impuesto a la renta (t_r); ambas expresiones permiten obtener la siguiente expresión:

$$\delta_t^j = \left(\frac{E_t}{D_t + E_t} \right) \{ r_f + \beta_E [E(R_m) - r_f] \} + \left(\frac{D_t}{D_t + E_t} \right) (1 - t_r) \{ r_f + \beta_D [E(R_m) - r_f] \}$$

Esta expresión puede ser reordenada y planteada de las siguientes formas alternativas, las cuales son consistentes con la expresión simplificada usada tradicionalmente:

$$\delta_t^j = \left(1 - \frac{t_r D_t}{D_t + E_t} \right) r_f + \left[\left(\frac{D_t}{D_t + E_t} \right) (1 - t_r) \beta_D + \left(\frac{E_t}{D_t + E_t} \right) \beta_E \right] [E(R_m) - r_f]$$

$$\delta_t^j = (1 - \tau) r_f + \tilde{\beta}_A [E(R_m) - r_f]$$

Esta última definición considera que:

$$\tau = \left(\frac{t_r D_t}{D_t + E_t} \right) \quad \text{y} \quad \tilde{\beta}_A = \left(\frac{D_t}{D_t + E_t} \right) (1 - t_r) \beta_D + \left(\frac{E_t}{D_t + E_t} \right) \beta_E$$

Los tenedores (demandantes) de los bonos de largo plazo emitidos por una empresa, no son acreedores residuales, en la medida que la emisión de los bonos implica la existencia de ciertos colaterales; mientras que los tenedores de acciones sí son acreedores residuales, pues a ellos se les cancela las acreencias

al final del proceso de liquidación de la empresa. Esto hace que el nivel de riesgo asociado a un bono emitido por una empresa sea menor que el que existe para una acción común emitida por la misma empresa. Distinto es el nivel de riesgo, que respecto de estas últimas, tienen las acciones preferentes, en la medida que no son acreedores residuales.

En cuanto a los componentes del costo de capital, existen algunos de ellos que la empresa puede controlar directamente y otros que no. Entre los primeros se encuentran el costo del endeudamiento y el nivel de apalancamiento financiero. En este tema existe una discusión muy importante sobre el nivel de ratio de deuda óptimo. Si es que el regulador fija el costo de endeudamiento igual al costo marginal, la empresa tendrá incentivos a aumentar su nivel de apalancamiento, pues estas dos últimas variables presentan una relación directa. No obstante, a mayor nivel de apalancamiento, existe también una mayor probabilidad de que la empresa caiga en bancarrota, hecho que presenta unos costos determinados. En el caso de un monopolio regulado, estos costos se trasladan a los usuarios del servicio como disminución en su bienestar pues ya no se brinda más el mismo. Estos costos sociales no son tomados en cuenta por la empresa, que solo se basa en los costos privados en su toma de decisiones. El problema que se presenta para el ente regulador es uno de “*moral hazard*”, donde el regulador debe fijar un contrato que le permita inducir a la empresa a que elija un ratio deuda óptimo.

Un tema adicional al momento de determinar el costo de capital promedio ponderado, en el caso de países emergentes, es el relacionado con la consideración del riesgo soberano en el que se incurre cuando se diversifica geográficamente el portafolio de inversión, tanto para el costo de endeudamiento como para el costo de capital propio (patrimonio). De acuerdo a la forma como se ha derivado el costo de capital, el riesgo a ser considerado es el riesgo no diversificable, por lo que si se guarda consistencia, la inclusión del riesgo soberano debería sólo hacerse en aquellos que dicho riesgo no sea diversificable.

El método más utilizado para su cálculo es el de *spread* de los bonos soberanos, que cuantifica al riesgo país como la diferencia entre el rendimiento de un activo libre de riesgo y su equivalente en el país emergente. Normalmente, los bonos del tesoro norteamericano a 30 años han jugado el papel de los instrumentos libres de riesgo, comparándose los con los bonos soberanos del país emergente de igual maduración.

Cabe resaltar que si bien este método de cálculo del riesgo país es el que se ha utilizado tradicionalmente, tiene algunas limitaciones. Una de ellas es el poco sustento teórico que tiene el hecho de utilizar como referentes a los bonos emitidos por el tesoro estadounidense al plazo de 30 años; si bien es una práctica común, poco se ha hecho por demostrar que se utilizan por ser los menos riesgosos –cosa que muchas veces no resulta ser verdadera. Por otro lado, comparar aquel activo no riesgoso que se haya escogido con un bono soberano de un país emergente no siempre es correcto, pues puede ocurrir que en dicho país los bonos emitidos por los agentes privados sean menos riesgosos, especialmente cuando se trata de empresas multinacionales. Asimismo, en los países emergentes, el riesgo país puede resultar inestable, no necesariamente sistemático y no diversificable y variar de acuerdo a la actividad en que se quiera invertir; temas que esta metodología de estimación ha dejado de lado. Finalmente, hay que notar que si utilizamos esta metodología lo que se calcula en realidad es el riesgo por *default*, es decir, el riesgo crediticio, que no necesariamente abarca todo el concepto de riesgo país.

En lo que respecta al tratamiento del riesgo país en la decisión de los inversionistas, es importante considerar que la práctica común en la mayoría de países emergentes, es la de incorporar todo el riesgo país de forma aditiva, como una corrección a la tasa de retorno libre de riesgo. Sin embargo, dicha práctica implica reconocer que todo el riesgo país es no diversificable, como ya se mencionó anteriormente. Esto resulta contra intuitivo cuando se analiza el comportamiento de grandes empresas, en especial multinacionales, en la medida que el riesgo que éstas enfrentan se diversifica al tener en su cartera la rentabilidad de activos en países con mucha estabilidad conjuntamente con aquellos que ofrecen media rentabilidad y mayor riesgo y con aquellas que ofrecen mayor rentabilidad aún y mayor riesgo que las anteriores.

Si adoptamos la metodología aditiva, el costo promedio ponderado del capital es igual a:

$$\delta_t^j = (1 - \tau) [r_f + \lambda r_p] + \tilde{\beta}_A [E(R_m) - r_f]$$

Esta variable se calculará igual al caso estándar cuando lambda (λ) sea igual a uno, y un valor entre cero y uno indicará que es posible diversificar el riesgo país de alguna forma. Por tratarse de un tema de tan reciente tratamiento, no hay una metodología que tenga consenso mayoritario sobre la estimación del parámetro lambda. Una de las propuestas ha sido desarrollada por Sabal (2004), y considera que lambda es el coeficiente de correlación simple entre el índice

bursátil doméstico y el índice S&P500, de tal forma que dicha correlación captura la relación entre ambos mercados bursátiles. Sin embargo, esta metodología requiere que ambos mercados de valores reflejen eficiencia débil, al menos, en la formación de sus precios, lo cual no se puede afirmar para el caso del mercado de valores peruano.

Por otro lado, hay otros dos enfoques sobre cómo obtener el λ ; (i) en función de los ingresos donde el λ es el resultado de la división entre los ingresos en el país de la empresa que invierte y los ingresos en el país de la industria a la cual dicha empresa pertenece, tal como lo sugiere Damodaran (2004); y, (ii) mediante dos regresiones lineales, la primera entre los retornos de la empresa y los bonos emitidos por el gobierno del país emergente y la segunda entre el retorno del mercado del país emergente y los bonos soberanos de dicho país, bajo este enfoque λ es el cociente de las pendientes de las dos regresiones señaladas.

Si es que no adoptamos el cálculo del riesgo país que se realiza utilizando el *spread* de los bonos soberanos, existen metodologías adicionales que intentan modelar algunas situaciones dejadas de lado y resolver los problemas del enfoque tradicional.¹² Entre ellas se destacan cuatro enfoques. La primera consiste en obtener la desviación estándar relativa, representada por el cociente entre la desviación del país emergente y la estadounidense, la cual será multiplicada por la prima de riesgo del mercado americano para obtener aquella correspondiente al país emergente. El riesgo país será la diferencia entre las dos.

Un segundo enfoque propuesto por Damodaran (2004) consiste en una mezcla de los anteriores, es decir, se utiliza el *spread* de los bonos soberanos estadounidenses así como la desviación relativa entendida esta vez como el cociente de la desviación estándar del país emergente y de los bonos que este emite. El riesgo país, entonces, será definido como la multiplicación de estos dos indicadores.

El tercer y cuarto enfoque se basan en la modificación del modelo CAPM, especialmente de la definición del β . El primero de ellos es el CAPM modificado que tiene en cuenta la diferencia de riesgos entre proyectos; mientras que el segundo es denominado el β *offshore* del proyecto que toma en cuenta la relación entre el riesgo asociado al proyecto y el existente en el mercado emergente. No obstante, hay que recordar que el β no mide que

¹² Ver Bravo (2004)



tanto es afectado un sector industrial por el riesgo país sino solo la covarianza entre los retornos de una acción y el retorno del mercado, hecho por el cual no resulta muy usado.

En este aspecto, no existe un consenso académico sobre el cálculo del λ ni sobre la adición del riesgo país. Ninguno de los enfoques alternativos mencionados tiene aceptación general ni ha sido utilizado de forma preferencial. Así, considerando la ausencia de consenso respecto a una metodología que cuantifique el riesgo no diversificable asociado al riesgo país, se ha optado por ser conservadores y aplicar un enfoque estándar, el que considera que el riesgo país es aditivo y el λ es igual a uno.

Finalmente, si bien el modelo CAPM tiene una serie de ventajas derivadas de su facilidad de implementación e interpretación, su fundación en axiomas razonables y en que permite estimar apropiadamente las tasas de retorno de referencia para industrias reguladas; su uso común por los reguladores a nivel internacional no lo libera de tener ciertos problemas conceptuales y de contrastes empíricos que muchas veces no lo ratifican.

Entre sus principales limitaciones podemos mencionar cuatro. La primera de ellas es que el modelo se basa en muchas variables no observables, tales como los rendimientos esperados (sobre todo el del mercado) y el riesgo beta. Esta situación causa problemas conceptuales y de estimación. La segunda limitación esta relacionada con el hecho que los datos que se utilizan tiene alta volatilidad, por lo que las estimaciones econométricas se tiene un problema de heterocedasticidad; la cual, si resulta ser autorregresiva, puede, además, generar estimaciones sesgadas. Una tercera limitación es que el modelo CAPM es un modelo estático de un solo periodo; no obstante, mucha de la información necesaria para los contrastes está disponible como series de tiempo, lo cual dificulta la comparación. Finalmente, una limitación adicional que ha enfrentado este enfoque es el pobre desempeño que ha tenido en diversos contrastes empíricos, esto se puede deber a la inconsistencia entre el enfoque conceptual y los datos o a un problema de especificación, es decir que se este utilizando variables *proxis* no representativas.

Las nuevas alternativas que se han presentado, sin considerar las dos mencionadas al inicio del texto, son los modelos multi-factor, los modelos macro-factor y los modelos de crecimiento de dividendos. No obstante, para efectos de este trabajo utilizaremos el modelo CAPM, ateniéndonos al uso convencional del mismo en las diversas actividades de servicios públicos





reguladas, dejando en claro que se conocen sus ventajas así como sus limitaciones.

3. Costo de Capital en industrias reguladas.

Como señalan Guasch y Spiller (1999), las razones por las que se regula económicamente una actividad determinada, son tres: (i) la existencia de economías de escala, o en general, la presencia de subaditividad de costos, (ii) la especificidad de activos, reflejado en elevados costos hundidos como proporción de sus costos totales, y (iii) la presencia de una actividad de consumo masivo. Por ello, la regulación económica de los servicios públicos se constituye en una forma de regulación del margen de ganancia, de forma directa o indirecta. Esto se realiza a través del mecanismo regulatorio empleado en la regulación tarifaria.

Al margen del mecanismo regulatorio establecido, es necesario estimar cuál es la tasa de rentabilidad razonable que obtendría una empresa dedicada a la actividad regulada, si es que existiese competencia en la provisión del mismo. Este es el paradigma sobre el que se construye la regulación tarifaria.



Uno de los países con mayor tradición regulatoria es los Estados Unidos de Norteamérica, allí, a través de diversas sentencias judiciales se han establecido criterios que deben ser utilizados al momento de determinar qué es una tasa de retorno o ganancia justa y razonable. En la sentencia judicial en la disputa entre Bluefield Water Works Co. y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de West Virginia, la Corte Suprema de dicho país, en 1923, estableció que:



“Rates which are not sufficient to yield a reasonable return on the value of the property used at the time it is being used to render the service are unjust, unreasonable and confiscatory, and their enforcement deprives the public utility company of its property in violation of the Fourteenth Amendment.

...
The return should be reasonably sufficient to assure confidence in the financial soundness of the utility and should be adequate, under efficient and economical management, to maintain and support its credit and enable it to raise the money necessary for the proper discharge of its public duties. A rate of return may be reasonable at one time and become too high or too low by changes affecting opportunities for investment, the money market and business conditions generally.”





Por lo cual, al margen de la metodología que utilicemos para estimar el costo de capital, lo relevante es que sirva como herramienta para determinar una tasa de retorno razonable, que de un lado permita a la empresa recuperar sus inversiones y de otro lado reconozca que la tasa de ganancia debe dar como resultado beneficios normales para la empresa regulada, es decir, el beneficio contable no debe exceder el costo de oportunidad del capital de la empresa, tanto de sus accionistas como sus acreedores de largo plazo.

El hecho de que una empresa esté regulada tiene un impacto sobre el costo del capital, la tasa de retorno que se le reconocerá a la empresa. Si es que el regulador propone un costo muy bajo, las inversiones en el sector tenderán a disminuir, lo que ocasionará una pérdida de bienestar para los ciudadanos en términos de cobertura, sobre todo si estamos hablando de una industria de servicios de consumo masivo. Por otro lado, si el ente regulador propone un costo de capital muy elevado, existirá una tendencia a la proliferación de las inversiones en el sector (sobreinversión), probablemente muy intensivas en capital, hecho que no necesariamente es el escenario óptimo, pues pueden existir tecnologías más intensivas en trabajo que sean más productivas.



Asimismo, cuando una industria es regulada y el ente regulador varía los costos del capital; estas modificaciones tienen una influencia directa en los *price caps* y en consecuencia, en las tasas de retorno de la inversión. Esto ocurre debido a que el inversionista toma en cuenta el valor presente neto de la inversión para decidir si invertir en incrementar su capital. Si varía el costo del capital, se modificará en algún sentido su inversión en dicho factor, lo que tendrá un efecto en su productividad. Este variable, considerada como el factor de productividad, a su vez, tendrá un impacto directo en el *price cap* y en la rentabilidad de la empresa. Si el costo del capital es muy elevado y la empresa reguladora ya ha fijado un valor para el *price cap*, las empresas reguladas tenderán a usar tecnologías intensivas en capital, las cuales no necesariamente son las óptimas como se ha mencionado anteriormente, de tal manera que se apropien de gran parte del excedente al haber disminuido sus costos y hasta que el ente regulador fije otra vez los *price caps*. Por otro lado, si el costo del capital que se ha fijado es muy bajo, las empresas no tienen incentivos para invertir en productividad, lo cual tampoco se presenta como una solución óptima.



A nivel internacional, existen algunos estudios que intentan analizar los determinantes del nivel de riesgo relativo, medido a través de los betas, de las empresas reguladas. En particular, Hogan, Sharpe y Volker (1980) y





posteriormente Binder y Norton (1999) encuentran que la regulación puede “amortiguar” shocks sobre el flujo de caja de las empresas, reduciendo los niveles de riesgo de las empresas, tal como lo había señalado Peltzman (1976). Esta reducción del riesgo comercial se traduce también en una estructura de financiamiento que permite una mayor participación de la deuda (Taggart; 1985).

Finalmente, los efectos son diferentes de acuerdo a los mecanismos de fijación de precios, aunque los betas decrecen cuando la regulación es más orientada al reconocimiento de los costos. Por ello, se han planteado correcciones de los betas considerando que un esquema de “precios topes” (*prices caps*) es más riesgoso que un esquema de “tasa de retorno” (*rate of return*),¹³ usándose ratios basados en las diferencias de los betas de empresas similares que operan con marcos regulatorios diferentes. Existen cuatro esquemas de regulación que son los más utilizados y que presentan resultados distintos.

El primero de ellos es la regulación mediante precios máximos. Esta consiste en fijar los precios y un método de indexación de los mismos por un periodo de tiempo determinado. La empresa, entonces, tiene un fuerte incentivo para ser eficiente vía reducción de costos y de esa manera apropiarse de las ganancias por productividad en el periodo de vigencia de los precios máximos. Para lograrlo, la empresa va a aumentar su exposición al riesgo, lo que se verá reflejado en un beta mayor para el sector. El problema con este esquema es que así como hay incentivos para que la empresa sea eficiente mientras estén vigentes los precios establecidos en un periodo pasado, esta también tienen un incentivo perverso de aumentar sus costos cuando se acerca el tiempo de que el ente regulador evalúe la modificación de estos precios topes. Hay que notar que para evitar este problema es muy importante que el regulador no tenga memoria de corto plazo.

El segundo esquema importante es el de precios máximos con traslados de costos. Este es muy parecido al anterior con la salvedad que permite que los costos no controlables por la empresa sean trasladados a los precios, de tal manera que disminuye el riesgo que la empresa enfrenta y, por lo tanto, su beta asociada. No obstante, existe la posibilidad de que el regulador se aproveche de esta situación y que solamente traslada la disminución de costos a los consumidores, mas no su incremento.

¹³ Ver Memoria de Gestión de ENRE (2001) de Argentina, Capítulo 12; y Mayer, Weed y Alexander (1996).



Un tercer enfoque utilizado en la regulación es el de ingresos máximos, el cual consiste en la limitación de los mismos para la empresa regulada. Existe una disminución del riesgo de la empresa con el correspondiente efecto en los betas del sector. Por otro lado, la firma no se ve afectada por las fluctuaciones de la demanda. Muchos recomiendan este enfoque si es que existe una gran proporción de costos fijos en la inversión.

El último enfoque consiste en la regulación vía tasa de ganancia. En este caso, la empresa tiene un retorno asegurado por lo que no enfrenta mucho riesgo pero tampoco tienen muchos incentivos para aumentar su eficiencia así como se produce una distorsión en la combinación de insumos pues se incentiva el aumento del stock de capital.

Las prácticas regulatorias difieren según los países y el sector regulado, debiendo tomar en cuenta qué esquema es el que promueve mayores incentivos o menos riesgo para la empresa y contrastándolo con el sector que se pretende regular.

4. Costo de Capital en la Distribución de Electricidad en el Perú.

Con la finalidad de implementar el cálculo del costo de capital promedio ponderado (WACC), tal como se ha derivado previamente, se requiere estimar los parámetros que permitan calcular la expresión siguiente:

$$\delta_t^j = (1 - \tau) [r_f + \lambda r_p] + \tilde{\beta}_A [E(R_m) - r_f]$$

A efectos de dicho cálculo se considerará como tasa libre de riesgo a la tasa de interés anual de los bonos del tesoro de los EE.UU. a 30 años, en la medida de que este plazo de maduración del bono se asemeja al período de depreciación de una parte importante de los activos considerados al determinar el valor agregado de distribución.

En lo que se refiere al riesgo soberano o riesgo país del Perú se ha considerado el margen anual sobre la tasa libre de riesgo que pagan los bonos globales emitidos por el Estado Peruano, en el 2003, con un vencimiento a 30 años, con la finalidad de guardar consistencia con el tratamiento del plazo de vencimiento de la tasa de retorno libre de riesgo.



Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

Adicionalmente se ha asumido que la incorporación de riesgo país será de forma aditiva y que el parámetro lambda es igual a 1, debido a las dificultades de consenso metodológico y cálculo anteriormente mencionadas.

En lo que respecta a la prima de riesgo que se obtiene, esta se puede calcular como un promedio aritmético o geométrico. La forma de estimación no se debe subestimar pues tiene influencia en los resultados ya que mientras más volátiles sean las tasas de retorno que se comparen, el hecho de utilizar una u otra metodología originará resultados muy diferentes.

Si se calculan retornos pasados de un activo, lo correcto es utilizar un promedio geométrico, debido a que, a diferencia de la media aritmética, no presenta un sesgo hacia arriba y representa el verdadero valor promedio, aunque tiene mayor dificultad en el cálculo. No obstante, en nuestro caso, lo que el modelo CAPM requiere es obtener primas de riesgo futuros utilizando retornos promedio futuros. Estos últimos son de carácter aleatorio y usualmente el periodo de estimación es largo, en dicho caso, se tiende a usar un promedio aritmético. En estos casos, el promedio geométrico es quien presenta un sesgo hacia abajo.

En lo que respecta a la rentabilidad del portafolio que tendría un inversionista global, se ha considerado la rentabilidad anual del índice de precios del mercado de valores de Nueva York, el índice Standard and Poor's 500 (S&P 500) que presenta el rendimiento promedio de las 500 acciones con mayor transacción en dicho mercado. Para el cálculo de la tasa anual se ha considerado el precio al cierre de cada último día del mes respecto del mismo día del año anterior.

Cuadro N° 2: Indicadores de rentabilidad libre de riesgo, de mercado y riesgo soberano

Mes/Año	Spread - Embi+ Perú (%)	Spread - Perú Global 2012 (%)	Spread - Perú Global 2033 (%)	Bonos Tesoro EE.UU. - 10 años (%)	Bonos Tesoro EE.UU. - 30 años (%)	S&P500 (%)
Ene 99 - Jun 05	5.12	4.06	3.93	4.86	5.35	2.31
Jun 01 - Jun 05	4.58	4.06	3.93	4.36	5.07	-1.41
Jun 02 - Jun 05	4.25	4.02	3.93	4.16	4.93	3.48
Jun 03 - Jun 05	3.29	3.09	3.93	4.20	4.91	14.09
Jun 04 - Jun 05	2.91	2.71	3.83	4.26	4.81	7.55
Ene 05 - Jun 05	2.29	2.15	3.50	4.22	4.57	5.60

Fuentes: Banco Central de Reserva del Perú y Yahoo Finance.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.



A efectos del tratamiento impositivo, se ha considerado como tasa de impuesto a la renta promedio a la tasa marginal del impuesto a la renta, esto es, se ha considerado una tasa de 30%.

En lo que se refiere al tratamiento del nivel de endeudamiento de largo plazo, como se puede apreciar en el Cuadro N° 3, dicho indicador en promedio entre el 2001 y 2004 ha sido de 13.9%, mostrando las empresas privadas los mayores niveles de endeudamiento, con un promedio de 23.5% respecto del 4.1% de las empresas públicas.

En lo que se refiere al parámetro beta sobre activos, se ha asumido un beta sobre la deuda igual a 1, tal como se acostumbra hacer en los estudios de costo de capital, lo que implica que la remuneración de la deuda de largo plazo es igual al retorno de un portafolio global diversificado (S&P 500) más la prima de riesgo país, como una proxy del costo de oportunidad de una entidad financiera que evalúa hacer un préstamo de largo plazo a alguna de las empresas reguladas. Mientras que el beta sobre el patrimonio ha sido obtenido de fuentes alternativas: (i) un estudio encargado por la GART a ESAN (2004); (ii) el valor reportado para el sector eléctrico por Damodaran en su website; y, (iii) el valor promedio para el sector eléctrico por Alexander et. al. (1996).

Cuadro N° 3: Nivel de Endeudamiento de Largo Plazo de las empresas Distribuidoras (2001-2004)

Empresa		2001	2002	2003	2004	2001-2004
Coelvisa	VILL	49.6%	0.0%	0.0%	0.0%	12.4%
Edecañete	EDCA	4.9%	5.0%	3.9%	3.4%	4.3%
Edelnor	EDLN	15.1%	18.2%	17.0%	25.8%	19.1%
Electro Oriente	ELOR	2.3%	4.1%	3.1%	2.2%	2.9%
Electro Sur Este	ELSE	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Electro Sur Medio	ELSM	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Electro Ucayali	ELUC	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Electrocentro	ELC	1.1%	6.2%	1.3%	0.7%	2.3%
Electronoroeste	ELNO	7.3%	14.3%	9.1%	4.9%	8.9%
Electronorte	ELN	18.7%	19.8%	14.9%	17.9%	17.8%
Electrosur	ELS	2.2%	3.7%	3.5%	0.4%	2.4%
Hidrandina	ELNM	6.5%	4.7%	4.3%	4.5%	5.0%
Luz del Sur	LDS	30.8%	27.9%	40.3%	38.9%	34.5%
Seal	SEAL	2.9%	1.4%	1.1%	0.9%	1.6%
Sersa	SERS	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total Distribución		11.7%	13.2%	13.9%	16.6%	13.9%
Emp. Públicas		3.9%	5.7%	3.6%	3.1%	4.1%
Emp. Privadas		19.7%	20.2%	24.3%	29.7%	23.5%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Tanto en el caso de ESAN como en el de Damodaran (2004), el coeficiente beta es calculado sobre la base de los betas correspondientes a un conjunto de empresas representativas del sector eléctrico de los Estados Unidos de Norteamérica. Los betas corresponden a las empresas de servicio público de electricidad (*utilities*) y no a las netamente generadoras o transmisoras. Estos betas han sido ajustados por sus respectivos ratios deuda/capital (D/E) al 31 de diciembre de 2002 y la tasa de impuestos a fin de corregir el efecto de apalancamiento. El beta no apalancado se define como:¹⁴

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

Donde t_r es la tasa impositiva promedio en los Estados Unidos de Norteamérica que se utiliza para reducir el impacto del financiamiento sobre el riesgo considerando que una parte de éste generará crédito fiscal, D y E son la deuda financiera de largo plazo y la capitalización bursátil de cada empresa al 31 de diciembre del 2002, respectivamente. En este caso se han tomado datos de “*utilities*” de EE.UU. y se han obtenido los resultados que se presentan a continuación:

Cuadro N° 4: Estimación de Betas según Damodaran para el Sector Eléctrico (2004)

Zona	Número de Empresas	Beta Promedio	Ratio D/E	Tasa Impositiva	Beta sin Apalancar
Electric Util. (Central)	25	0.76	91.2%	29.29%	0.46
Electric Utility (East)	31	0.72	81.9%	28.04%	0.45
Electric Utility (West)	16	0.79	82.2%	27.26%	0.50

Fuente: Damodaran (2004).

Lo que muestra un valor del beta sobre patrimonio promedio de 0.46 para la muestra considerada en el caso de Damodaran.

Lo que haremos es mostrar los resultados que se obtienen con estos valores, con la finalidad de obtener un rango de valores dentro de los que razonablemente debería oscilar el costo de capital promedio ponderado.

¹⁴ La derivación de esta relación corresponde a Rubinstein (1973).

Cuadro N° 5: Estimación del Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC) para la Distribución de Electricidad en el Perú

Beta sobre el Patrimonio	0.46		0.165		0.20	
Beta sobre Activos	0.49		0.24		0.27	
Periodo	WACC después (neto) de impuestos	WACC antes (bruto) de impuestos	WACC después (neto) de impuestos	WACC antes (bruto) de impuestos	WACC después (neto) de impuestos	WACC antes (bruto) de impuestos
Ene 99 - Jun 05	7.40	10.57	8.17	11.68	8.08	11.54
Jun 01 - Jun 05	5.43	7.76	7.08	10.11	6.88	9.83
Jun 02 - Jun 05	7.78	11.11	8.15	11.64	8.10	11.57
Jun 03 - Jun 05	13.01	18.58	10.68	15.25	10.95	15.65
Jun 04 - Jun 05	9.64	13.77	8.94	12.77	9.02	12.89
Ene 05 - Jun 05	8.24	11.77	7.98	11.40	8.01	11.44

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

Respecto del período considerado para realizar las estimaciones hay dos enfoques generalmente aceptados. El primero, parte del principio de que los parámetros a ser calculados no deben reflejar un momento determinado del ciclo económico, por lo que debe considerarse un período de tiempo lo suficiente largo como para abarcar varios ciclos económicos y obtener un buen predictor de la evolución futura de dichos parámetros.

El segundo enfoque, utiliza un promedio simple de un período de tiempo breve, cercano al período de decisión. Este enfoque asume que los agentes procesan la información de forma eficiente y que los valores de mercado recientes reflejan toda la información disponible sobre el futuro, por lo que se proyecta el futuro basándose en los valores recientes de los parámetros a ser considerados.

Ambos enfoques tienen sus ventajas y desventajas, pero lo relevante es una utilización lo más consistente posible de los datos, de forma que se minimice la utilización de parámetros estimados en períodos de tiempo distintos. A este respecto, debido a los problemas de utilizar series de tiempo desde 1928, para todas la variables a ser consideradas, en especial del riesgo país, es que hemos considerado utilizar la información reciente, esto es, el promedio simple de dichos parámetros entre enero y junio de 2005, lo cual está resaltado en amarillo en los Cuadros N° 2 y 5.

Esto hace que el costo de capital promedio ponderado para la distribución de electricidad esté entre 7.98 y 8.24% anual, antes de impuestos, valores que después de impuestos están entre 11.40 y 11.77%. Estos resultados son comparables, en primer lugar, con la tasa de descuento de 12% anual establecida en la Ley de Concesiones, en dicho caso, los resultados obtenidos en la estimación del costo de capital muestran resultados bastante similares a la tasa de descuento establecida en la Ley de Concesiones.

En segundo lugar, estos resultados deben de ser comparados con los resultados que se obtienen en las empresas realmente, para tener una idea relativa de los márgenes de ganancia de las empresas respecto de su costo de oportunidad del capital. Para ello es necesario estimar indicadores de rentabilidad empresarial que sean comparables con el costo promedio ponderado del capital. A ello se dedica la siguiente sección de este documento.

5. Rentabilidad de la Distribución de Electricidad en el Perú.

5.1 Indicadores de Rentabilidad.

La literatura moderna de teoría financiera considera fundamentalmente dos métodos para la evaluación de la rentabilidad de una empresa. El primero es el método tradicional de valor presente neto (VPN), asociado principalmente con el análisis de rentabilidad de largo plazo, y el segundo es el de *Economic Value Added* (EVA), asociado principalmente con el análisis de resultados en el corto plazo. Ambos métodos deben converger en sus resultados en el largo plazo como medidas del valor de una empresa.

El método de VPN.

Este método mide el valor presente de los flujos de caja positivos de un proyecto deducido del valor presente de sus flujos de caja negativos. El valor presente de un flujo de caja futuro corresponde a sus valores nominales de cada período ajustados por el valor del tiempo (i.e. el costo de oportunidad de recibirlo en el futuro en vez de en la fecha). De este modo, el valor presente neto representa el valor creado por la empresa a lo largo de su tiempo de vida. De manera formal se presenta como sigue:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_T}{(1+r)^T}$$

Donde:

CF_t = Flujo de caja en el período t y, CF_0 = Inversión inicial (-).

r = Costo ponderado del capital (WACC, Weighted Average Cost of Capital).

El Método del Valor Económico Agregado.

Este método mide los resultados operativos obtenidos por la empresa en cada período respecto a los resultados esperados de los inversionistas. El EVA se define formalmente como sigue:

$$EVA = (ROIC - WACC) \times KI$$

Los elementos básicos de este método son el *Return on Invested Capital* (ROIC) y el *Weighted Average Cost of Capital* WACC. El ROIC es un indicador de rentabilidad que se define como:

$$ROIC = \frac{NOPAT}{KI}$$

Donde:

$NOPAT$ = *Net Operating Profit After Tax* (utilidad operativa neta luego de impuestos).

KI = Capital invertido.

El NOPAT se calcula multiplicando la utilidad operativa del Estados de Ganancias y Pérdidas por el complemento de la tasa impositiva (Utilidad Operativa*(1-t)). El NOPAT refleja los resultados estrictamente operativos de la empresa, pues excluye todo otro resultado no relacionado directamente con sus operaciones, tales como gastos financieros u otros ingresos extraordinarios. No obstante, sí es importante mencionar que el NOPAT contiene a la depreciación del ejercicio, por cuanto representa un costo económico real asumido por el negocio en el período (la amortización del stock de capital).

El capital invertido (KI) resulta de la suma del capital propio y del capital provisto por acreedores (i.e. deuda). El capital propio corresponde al patrimonio neto, mientras que el capital de acreedores a la deuda financiera.

El ROIC, *return on invested capital*, es el retorno sobre el capital invertido, es decir, el ratio de retorno sobre el capital que la compañía ha puesto a trabajar. A su vez, el WACC mide el costo de oportunidad de este capital requerido por los proveedores de fondos del proyecto, por lo cual ambos indicadores son comparables. Una empresa con un valor de ROIC mayor a su WACC refleja creación de valor, es decir retornos por encima del costo de oportunidad del capital, y viceversa.

El ROIC puede ser desagregado de la siguiente forma:

$$ROIC = MO \times Ef$$

Donde:

$$MO = \frac{NOPAT}{\text{ingresos}} \quad (\text{Medida del margen operativo}).$$

$$Ef = \frac{\text{Ingresos}}{KI} \quad (\text{Medida de eficiencia en el uso del capital invertido}).$$

Esta desagregación es útil, por cuanto MO refleja la calidad en la gestión de gastos operativos, mientras que Ef mide la eficiencia en el uso del capital invertido (también conocido como rotación del capital invertido).

Como ya se planteó, el WACC¹⁵ se define como:

$$WACC = r_D (1 - t_c) \frac{D}{(D + E_L)} + r_E \frac{E_L}{(D + E_L)}$$

De esta forma, $\frac{D}{(E_L + D)}$ y $\frac{E_L}{(E_L + D)}$ son las proporciones de deuda y de capital propio, respectivamente, que componen la estructura de capital de la empresa.

Como se ha mencionado, el WACC refleja el costo de oportunidad del capital total provisto a la empresa, que equivale precisamente al promedio ponderado de los costos de oportunidad de cada uno de sus componentes, capital propio y deuda, ponderados por su contribución a la estructura de capital de la compañía. De esta forma, el WACC determina el mínimo retorno económico que la compañía debe generar para compensar a sus accionistas y acreedores por haber asumido el riesgo de la empresa.¹⁶

¹⁵. Una discusión más amplia que incluye el cálculo preliminar del WACC en el sector eléctrico se presenta en la Ayuda Memoria “El Costo de Capital de las Empresas de Distribución Eléctrica” y la presentación “Aproximación al Costo de Capital de las Empresas Distribución y Transmisión en el Perú” de la OEE.

¹⁶. Chan, A. (2001).

Equivalencia del VPN y el EVA.

La importancia del EVA como indicador de rentabilidad de corto plazo es su consistencia como medida del valor generado por una empresa a lo largo de su vida útil. Así, se puede demostrar que el valor presente de los EVA descontados con el WACC a lo largo de la vida de una empresa más el costo del capital invertido inicial es una medida del valor de la empresa equivalente al valor de la empresa obtenido con el VPN.¹⁷

$$\begin{aligned}\text{Valor de la empresa} &= \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(1 + \text{WACC})^t} \right) \times \text{FCF}_t \\ &= \text{Capital inicial} + \sum_{t=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(1 + \text{WACC})^t} \right) \times \text{EVA}_t\end{aligned}$$

5.2 Otros Indicadores de la Rentabilidad Empresarial.

Además de los métodos de VPN y EVA, existen otros indicadores utilizados como medidas de la rentabilidad de las empresas. En esta sección se discutirá brevemente la consistencia de dichos indicadores con el costo promedio ponderado del capital.

- El retorno sobre activos (ROA, “*Return on Assets*”, igual a utilidad neta / activo total).
- El retorno sobre el patrimonio (ROE, “*Return on Equity*”, igual a utilidad neta / patrimonio).
- EBITDA¹⁸ sobre activo total.
- EBITDA sobre activo fijo.
- EBITDA sobre patrimonio.

Cualesquiera sean sus resultados, estos índices conducen a conclusiones equivocadas, debido a que sus componentes no reflejan en rigor o el retorno por

¹⁷. Al respecto puede consultarse las notas de clase de Dumrauf (2002), y para mayores detalles el documento de Hartman (2000).

¹⁸. El EBITDA (*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization* en inglés) es un indicador del flujo de caja que genera una empresa en marcha, aunque requiere algunas correcciones para usarse como flujo de caja libre en las valorizaciones.



Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

las operaciones del negocio o el capital efectivamente utilizado en dichas operaciones, o ambos indicadores.

Con respecto a los indicadores de retorno, la utilidad neta no es un indicador relevante por cuanto contiene cuentas no relacionadas directamente con las operaciones del negocio, tales como gastos financieros¹⁹ o ingresos extraordinarios²⁰.

Por su parte, el EBITDA ignora a la depreciación, concepto que recoge el costo económico asumido por la empresa por el uso de activos, y que por tanto debe ser deducido como parte de los gastos operativos para obtener las utilidades económicas de la empresa.

En cuanto a indicadores de capital, el patrimonio refleja sólo parcialmente el capital utilizado por la compañía (por cuanto ignora el capital adquirido mediante deuda financiera), el activo fijo refleja sólo parcialmente el uso del capital provisto a la empresa (ignora al capital de trabajo), y el activo total contiene en forma imprecisa el uso del capital provisto a la compañía.

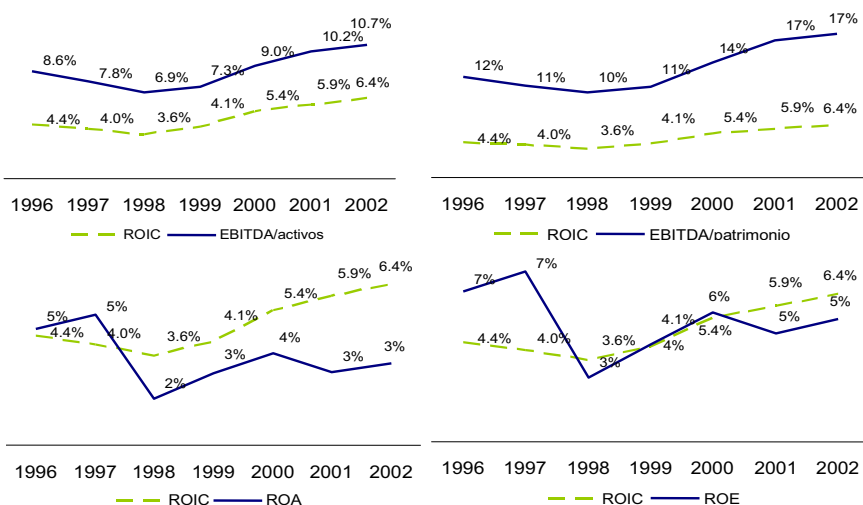
En el Gráfico N° 9 se puede ver cómo la construcción de indicadores basados en el EBITDA pueden sobreestimar la rentabilidad de corto plazo de las empresas, siendo el caso más importante cuando sólo se considera como denominador al patrimonio, mientras que indicadores basados en la utilidad neta (ROA y ROE) tienen un comportamiento más inestable en el tiempo y están distorsionados por temas como los gastos financieros que tienen que efectuar las empresas.

¹⁹. El tamaño de los gastos financieros de una compañía tienen relación con su estructura de financiamiento, pero no con su capacidad de generar utilidades económicas, concepto que el NOPAT intenta recoger.

²⁰. Un ingreso extraordinario se genera, por ejemplo, ante la venta de algún activo fijo, de manera que dicho ingreso proviene de la diferencia entre el valor de venta y el valor contable de dicho activo fijo. Una cuenta de esta naturaleza no corresponde conceptualmente a las utilidades económicas generadas por la empresa.



Gráfico N° 9: Evolución del ROIC y Otros Indicadores de Rentabilidad



Fuente: Estados Financieros de las Empresas.

5.3 Rentabilidad de las Empresas de Distribución de Electricidad: 1997 - 2004.

En esta sección se analiza la evolución de los principales indicadores de rentabilidad de las empresas de distribución de electricidad en el Perú. Para ello se ha calculado el ROE (retorno sobre el patrimonio), ROA (retorno sobre activos) y ROIC (retorno sobre el capital invertido) para cada empresa distribuidora, así como para el conjunto de empresas públicas, para el conjunto de empresas privadas y para el agregado de empresas distribuidoras, utilizando la información financiera anual presentada por éstas a la GART. Se ha tomado un promedio para dos periodos: 1997-2000 y 2001-2004. A continuación se pasa a definir los indicadores utilizados en el análisis:

$$ROA_t^i = \frac{(\pi_t^i - g_t^i)(1 - t_r)}{A_t^i} = \left(\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Activos Totales}} \right)_t^i$$

$$ROE_t^i = \frac{(\pi_t^i - g_t^i)(1 - t_r)}{E_t^i} = \left(\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Patrimonio}} \right)_t^i$$

$$ROIC_t^i = \frac{\pi_t^i (1 - t_r)}{D_t^i + E_t^i} = \left(\frac{\text{Utilidad Operativa} * (1 - \text{tasa impositiva})}{\text{Pasivo No Corriente} + \text{Patrimonio Neto}} \right)_t^i$$

Las empresas distribuidoras de electricidad en el Perú analizadas fueron las siguientes:

Cuadro N° 6: Empresas Distribuidoras Consideradas en la Estimación del Costo de Capital

Empresa	Código	Propiedad
Coelvisa	VILL	Privada
Edecañete	EDCA	Privada
Edelnor	EDLN	Privada
Electro Oriente	ELOR	Pública
Electro Sur Este	ELSE	Pública
Electro Sur Medio	ELSM	Privada
Electro Ucayali	ELUC	Pública
Electrocentro	ELC	Pública
Electronoroeste	ELNO	Pública
Electronorte	ELN	Pública
Electrosur	ELS	Pública
Hidrandina	ELNM	Pública
Luz del Sur	LDS	Privada
Seal	SEAL	Pública
Sersa	SERS	Privada

No se considerará en el análisis las empresas Electro Pangoa, Electro Puno, Electro Tocache, Emsemsa y Emseusa, debido a que no se cuenta con toda la información financiera anual para el período 1997-2004.



Rentabilidad sobre Activos (ROA)

La rentabilidad de las empresas distribuidoras respecto de sus activos fue de 3.4% en el período 1997-2000 y de 4.0% en el período 2001-2004. Para el primer período estudiado, la empresa que presentó mayor rentabilidad económica fue Sersa (23.1%), seguida de Luz del Sur (11.7%); asimismo la empresa Electronoroeste y Electro Oriente presentaron los menores ratios (-10.1% y -7.0%).

El agregado de empresas públicas presentó un ratio negativo de -2.1%, mientras que el agregado de empresas privadas presentó un ratio de 8.1% en dicho período. [Ver Gráfico N° 10].

Para el período comprendido entre el 2001 y el 2004, nuevamente las empresas que obtuvieron mayor rentabilidad económica fueron Sersa (12.5%) y Luz del Sur (10.6%). Las empresas que tuvieron los menores ratios fueron Electro Oriente (-0.9%) y Edecañete (-0.5%). Las empresas públicas presentaron una rentabilidad de 1.1% y las privadas de 6.3%. [Ver Gráfico N° 11].

Las empresas que han presentado un mayor ROA en el período 2001-2004 con respecto al del período 1997-2000 han sido Electro Oriente, Electro Sur Este, Electro Ucayali, Electro Centro, Electronoroeste, Electronorte, Hidrandina y Seal. Destacando la mejora de Electronoroeste al pasar de -10.1% a 1.6%, Electro Oriente que pasó de -7.0% a -0.9% y Electronorte que aumentó su ROA de -4.2% a 0.5%.

Asimismo, Sersa fue la empresa que presentó la mayor disminución de este indicador al pasar de 23.1% a 12.5%. A nivel agregado se ha observado una mejoría, sin embargo el conjunto de empresas privadas han presentado una disminución de su ROA. [Ver Gráfico N° 12].

Con respecto a las principales distribuidoras, Luz del Sur presentó una disminución de su ROA de 11.7% a 10.6%, del mismo modo Edelnor mostró una caída de este indicador de 6.6% a 4.0%.

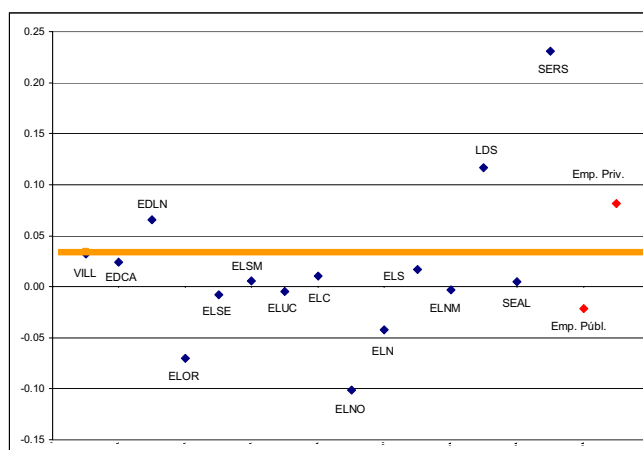


Cuadro N° 7: Rentabilidad sobre Activos de las Distribuidoras 1997-2004

Empresa		1997-2000	2001-2004
Coelvisa	VILL	3.70%	1.62%
Edecañete	EDCA	2.42%	-0.51%
Edelnor	EDLN	6.60%	4.01%
Electro Oriente	ELOR	-7.00%	-0.90%
Elector Sur Este	ELSE	-8.00%	0.36%
Electro Sur Medio	ELSM	0.58%	0.44%
Electro Ucayali	ELUC	-0.44%	0.11%
Electrocentro	ELC	1.03%	3.12%
Electronoroeste	ELNO	-10.11%	1.56%
Electronorte	ELN	-4.19%	0.48%
Electrosur	ELS	1.71%	0.76%
Hidrandina	ELNM	-0.27%	1.09%
Luz del Sur	LDS	11.70%	10.56%
Seal	SEAL	0.49%	1.54%
Sersa	SERS	23.06%	12.47%
Total Distribución	TOTAL	3.42%	4.01
Emp. Públicas		-2.12%	1.09%
Emp. Privadas		8.15%	6.27%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Gráfico N° 10: ROA: 1997-2000



Fuente: Osinerg – GART.

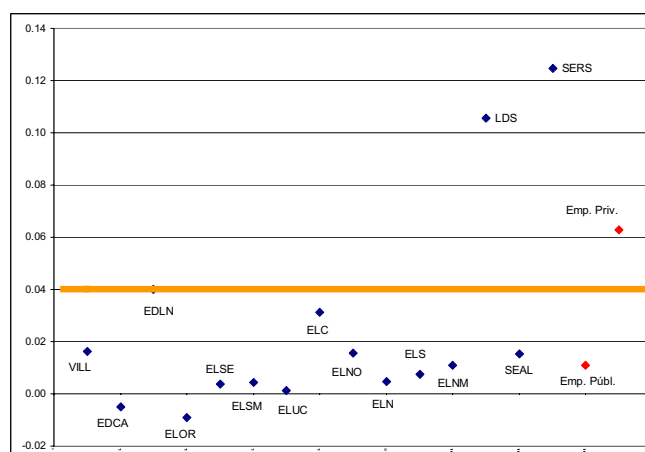
**Cuadro N° 8: Rentabilidad sobre Activos de las Distribuidoras
Desagregada**

Empresa		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Coelvisa	VILL	7.61%	2.34%	2.01%	0.71%	0.01%	0.80%	1.50%	4.16%
Edecañete	EDCA	3.39%	3.05%	0.06%	3.18%	1.70%	-0.84%	-5.03%	2.11%
Edelnor	EDLN	8.99%	8.34%	5.23%	3.83%	4.12%	4.65%	4.30%	2.97%
Electro Oriente	ELOR	-0.17%	-9.36%	0.59%	-19.08%	-1.78%	-5.03%	1.75%	1.47%
Electro Sur Este	ELSE	0.11%	-3.54%	0.10%	0.14%	0.20%	0.29%	0.50%	0.46%
Electro Sur Medio	ELSM	-1.04%	1.96%	0.46%	0.93%	0.82%	1.09%	0.54%	-0.71%
Electro Ucayali	ELUC	-2.91%	0.82%	0.08%	0.25%	-2.01%	-1.55%	0.04%	3.96%
Electrocentro	ELC	1.06%	-1.78%	0.49%	4.36%	1.47%	2.59%	2.41%	6.03%
Electronoroeste	ELNO	-27.07%	-11.42%	-2.56%	0.62%	-0.82%	2.14%	2.26%	2.67%
Electronorte	ELN	-12.17%	-2.00%	-2.77%	0.19%	-3.62%	2.60%	1.28%	1.65%
Electrosur	ELS	1.01%	0.95%	2.39%	2.50%	0.71%	1.28%	0.23%	0.85%
Hidrandina	ELNM	1.24%	-5.54%	0.04%	3.16%	-0.16%	0.68%	1.29%	2.54%
Luz del Sur	LDS	11.76%	11.32%	10.57%	13.16%	12.07%	10.69%	11.21%	8.27%
Seal	SEAL	1.16%	1.45%	0.55%	-1.20%	0.87%	4.28%	0.88%	0.13%
Sersa	SERS	37.01%	16.17%	23.77%	15.27%	11.88%	9.27%	15.18%	13.54%
Distribución	TOTAL	3.89%	2.61%	3.66%	3.51%	3.68%	4.13%	4.28%	3.96%
Emp. Públicas		-3.01%	-4.33%	-0.13%	-1.00%	-0.29%	0.79%	1.37%	2.49%
Emp. Privadas		9.49%	8.98%	6.89%	7.23%	6.80%	6.65%	6.54%	5.09%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.

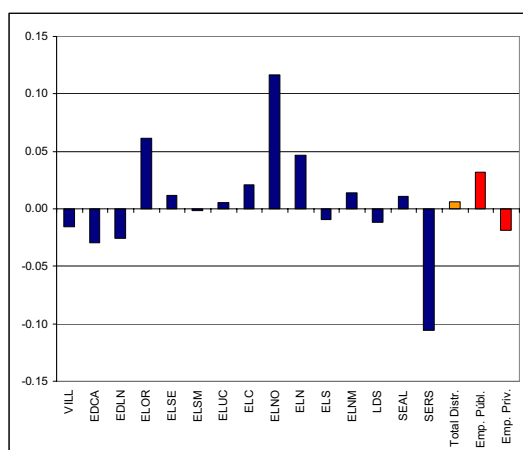
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Gráfico N° 11: ROA: 2001-2004



Fuente: Osinerg – GART.

Gráfico N° 12: ROA: Variación entre Períodos



Fuente: Osinerg – GART.

Rentabilidad sobre el Patrimonio (ROE)

La Rentabilidad Financiera (ROE) de las distribuidoras para el período 1997-2000 fue de 4.7%, y en el período 2001-2004 fue de 6.0%. Entre 1997 y 2000, la empresa que obtuvo un mayor ROE fue Sersa (29.8%), seguida de Luz del Sur (19.6%); las empresas que presentaron la menor rentabilidad financiera fueron Electronoroeste (-19.6%) y Electro Oriente (-10.0%). Las empresas públicas presentaron un ROE negativo de -2.7%, mientras que las empresas privadas presentaron un retorno de 12.5%. [Ver Gráfico N° 13].

Para el segundo período estudiado, 2001-2004, fue Luz del Sur la que presentó un mayor indicador (23.8%), seguida de Sersa (20.4%). En tanto, las empresas Electro Oriente y Edecañete presentaron los peores indicadores (-1.0% y -0.7% respectivamente). En este período las empresas públicas presentaron un ROE de 1.3% y las privadas de 11.7%. [Gráfico N° 14].

Las empresas que han presentado un mayor ROE en el período 2001-2004 con respecto al del período 1997-2000 han sido Electro Oriente, Electro Sur Este, Electro Ucayali, Electro Centro, Electronoroeste, Electronorte, Hidrandina, Luz del Sur y Seal. Destacando la mejora de Electronoroeste que pasó de -19.6% a

2.1%, Electro Oriente que pasó de -10.0% a -1.0%, Electronorte, de -7.0% a 0.7%. Asimismo, Sersa fue la empresa que presentó la mayor disminución de este indicador al pasar de 29.8% a 20.4%. A nivel agregado se ha observado una mejoría de este indicador, sin embargo el conjunto de empresas privadas han presentado una disminución de su ROE. [Ver Gráfico N° 15].

Cuadro N° 9: Rentabilidad sobre el Patrimonio de las Empresas Distribuidoras 1997-2004

Empresa		1997-2000	2001-2004
Coelvisa	VILL	5.71%	2.39%
Edecañete	EDCA	3.00%	-0.69%
Edelnor	EDLN	9.96%	7.01%
Electro Oriente	ELOR	-10.04%	-1.03%
Electro Sur Este	ELSE	-1.57%	0.39%
Electro Sur Medio	ELSM	0.79%	0.58%
Electro Ucayali	ELUC	-0.46%	0.15%
Electrocentro	ELC	1.19%	3.58%
Electronoroeste	ELNO	-19.60%	2.14%
Electronorte	ELN	-7.00%	0.65%
Electrosur	ELS	1.92%	0.85%
Hidrandina	ELNM	-0.28%	1.24%
Luz del Sur	LDS	19.60%	23.76%
Seal	SEAL	0.64%	2.11%
Sersa	SERS	29.85%	20.38%
Total Distribución	TOTAL	4.75%	5.99%
Emp. Públicas		-2.73%	1.28%
Emp. Privadas		12.55%	11.75%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Cuadro N° 10: Rentabilidad sobre Patrimonio de las Empresas Distribuidoras Desagregada

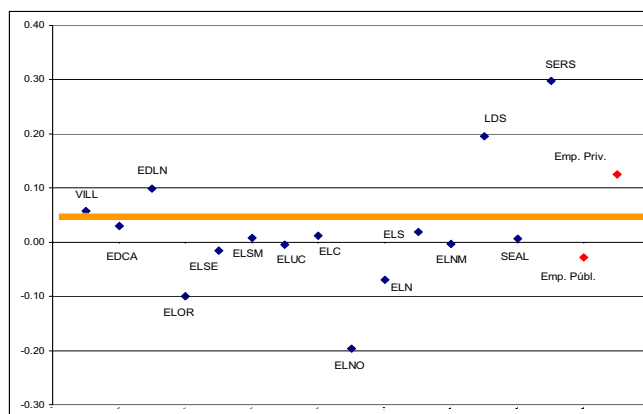
Empresa		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Coelvisa	VILL	11.94%	4.56%	4.13%	2.21%	0.03%	1.24%	2.33%	5.96%
Edecaféte	EDCA	4.42%	3.78%	0.08%	3.71%	1.94%	-0.98%	-6.56%	2.84%
Edelnor	EDLN	12.81%	12.58%	8.36%	6.09%	7.07%	7.72%	7.64%	5.62%
Electro Oriente	ELOR	-0.22%	-11.76%	0.67%	-28.85%	-1.88%	-5.74%	1.93%	1.57%
Electro Sur Este	ELSE	0.13%	-6.65%	0.10%	0.15%	0.21%	0.33%	0.54%	0.49%
Electro Sur Medio	ELSM	-1.19%	2.62%	0.57%	1.16%	1.10%	1.51%	0.76%	-1.03%
Electro Ucayali	ELUC	-3.02%	0.84%	0.08%	0.25%	-2.07%	-1.62%	0.04%	4.27%
Electrocentro	ELC	1.24%	-1.91%	0.53%	4.89%	1.71%	2.92%	2.75%	6.92%
Electronoroeste	ELNO	-60.32%	-15.42%	-3.50%	0.84%	-1.20%	3.01%	3.09%	3.65%
Electronorte	ELN	-22.33%	-2.43%	-3.49%	0.26%	-6.14%	4.21%	2.00%	2.55%
Electrosur	ELS	1.18%	1.18%	2.63%	2.71%	0.76%	1.46%	0.25%	0.93%
Hidrandina	ELNM	1.68%	-6.46%	0.04%	3.63%	-0.18%	0.78%	1.47%	2.91%
Luz del Sur	LDS	16.95%	17.19%	18.00%	26.24%	25.90%	21.60%	27.71%	19.84%
Seal	SEAL	1.44%	2.04%	0.73%	-1.67%	1.20%	5.91%	1.17%	0.17%
Sersa	SERS	45.94%	22.08%	27.42%	23.94%	22.35%	14.38%	22.61%	22.18%
Distribución	TOTAL	5.35%	3.63%	4.99%	5.02%	5.39%	6.03%	6.44%	6.11%
	Emp. Públicas	4.01%	5.57%	0.15%	-1.20%	0.35%	0.94%	1.60%	2.91%
	Emp. Privadas	13.41%	13.47%	11.09%	12.23%	12.32%	11.63%	12.67%	10.37%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

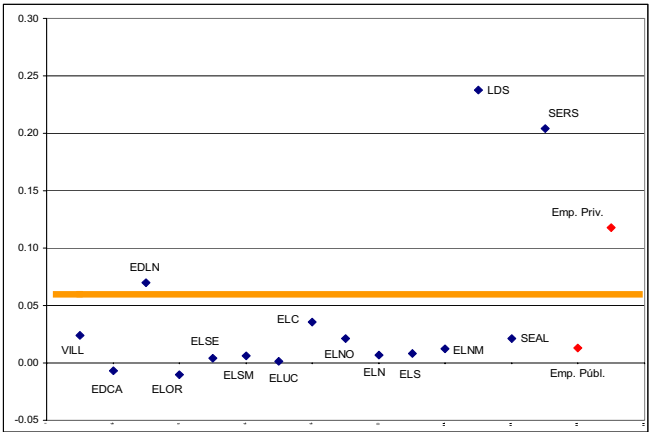
Con respecto a las principales distribuidoras, Luz del Sur presentó un incremento de su ROE de 19.6% a 23.8%, mientras que Edelnor presentó una caída de este indicador de 10.0% a 7.0%.

Gráfico N° 13: ROE: 1997-2000



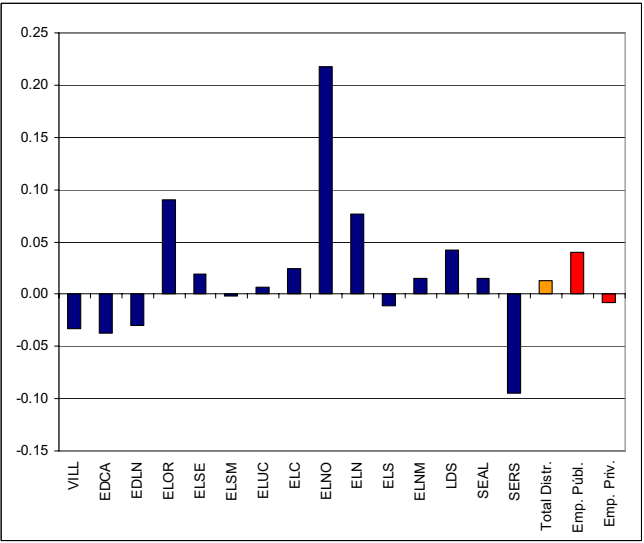
Fuente: Osinerg – GART.

Gráfico N° 14: ROE: 2001-2004



Fuente: Osinerg – GART.

Gráfico N° 15: ROE: Variación entre Períodos



Fuente: Osinerg – GART.

Rentabilidad sobre el Capital Invertido (ROIC)

La tasa anual de retorno sobre el capital invertido (ROIC) del agregado de empresas distribuidoras fue de 3.6% entre 1997 y 2000, asimismo fue de 4.7% para el período comprendido entre el 2001 y 2004. Para el primer período, las empresas que presentaron un mayor ROIC fueron Sersa (31.6%) y Luz del Sur (11.6%). La empresa Coelvisa fue la que presentó el peor indicador (-17.0%). Las empresas públicas presentaron un ROIC de -0.6% y las empresas privadas de 7.7%. [Ver Gráfico N° 16].

Para el segundo período, las empresas que presentaron un mayor ROIC fueron nuevamente Sersa (21.2%) y Luz del Sur (11.1%). Igualmente Coelvisa presentó de nuevo el menor indicador (-0.1%). El agregado de empresas públicas presentaron un ROIC de 1.2%, y las empresas privadas presentaron un ROIC de 7.7%. [Ver Gráfico N° 17].

Cuadro N° 11: Rentabilidad sobre el Capital Invertido de las Empresas Distribuidoras 1997-2004

Empresa		1997-2000	2001-2004
Coelvisa	VILL	-16.95%	-0.09%
Edecañete	EDCA	-0.23%	0.03%
Edelnor	EDLN	6.08%	5.99%
Electro Oriente	ELOR	-1.67%	0.34%
Electro Sur Este	ELSE	-0.41%	0.60%
Electro Sur Medio	ELSM	0.03%	1.71%
Electro Ucayali	ELUC	0.38%	-0.01%
Electrocentro	ELC	0.83%	1.45%
Electronoroeste	ELNO	-2.77%	2.53%
Electronorte	ELN	-1.72%	2.52%
Electrosur	ELS	1.55%	0.82%
Hidrandina	ELNM	-1.08%	1.39%
Luz del Sur	LDS	11.59%	11.14%
Seal	SEAL	1.07%	1.80%
Sersa	SERS	31.56%	21.17%
Total Distribución	TOTAL	3.63%	4.71%
Emp. Públicas		-0.58%	1.20%
Emp. Privadas		7.66%	7.66%

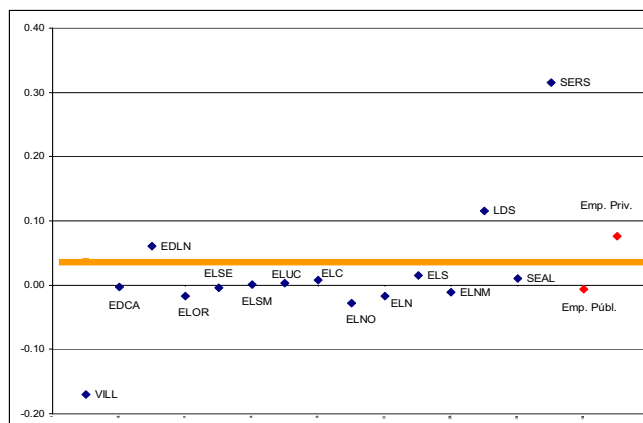
Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Cuadro N° 12: Rentabilidad sobre el Capital Invertido de las Empresas Distribuidoras Desagregada

Empresa	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Coevisa VILL	-17.33%	-30.77%	-16.24%	-3.48%	-2.68%	0.73%	-0.53%	2.13%
Edecañete EDCA	-1.20%	0.50%	-0.94%	0.70%	0.63%	-0.18%	-0.17%	-0.17%
Edelnor EDLN	5.17%	5.04%	6.65%	7.45%	6.72%	5.99%	5.80%	5.44%
Electro Oriente ELOR	-2.85%	-2.50%	-0.42%	-0.92%	-0.32%	-0.19%	1.02%	0.84%
Electro Sur Este ELSE	-0.90%	-0.39%	-0.53%	0.19%	0.05%	0.63%	0.67%	1.06%
Electro Sur Medio ELSM	-0.74%	0.38%	0.00%	0.49%	1.88%	1.39%	1.32%	2.24%
Electro Ucayali ELUC	-0.82%	0.24%	1.58%	0.51%	-0.05%	-0.92%	-1.26%	2.18%
Electrocentro ELC	0.65%	-0.09%	1.21%	1.56%	1.32%	1.64%	1.52%	1.33%
Electronoroeste ELNO	-3.89%	-5.71%	-1.90%	0.43%	1.33%	2.18%	3.00%	3.60%
Electronorte ELN	-6.10%	-1.20%	-0.77%	1.19%	0.00%	2.69%	3.71%	3.69%
Electrosur ELS	0.80%	1.18%	2.15%	2.07%	0.47%	0.79%	0.62%	1.38%
Hidrandina ELNM	-2.31%	-2.62%	-1.49%	2.10%	0.77%	1.46%	1.67%	1.66%
Luz del Sur LDS	9.34%	11.29%	11.96%	13.76%	12.70%	11.58%	11.83%	8.46%
Seal SEAL	1.58%	1.54%	0.05%	1.10%	1.36%	3.75%	1.31%	0.77%
Sersa SERS	47.72%	30.65%	31.99%	15.90%	19.87%	17.16%	21.97%	25.68%
Distribución TOTAL	2.71%	2.68%	3.99%	5.14%	4.84%	4.85%	4.83%	4.34%
Emp. Públicas	-1.55%	-1.37%	-0.26%	0.85%	0.59%	1.26%	1.38%	1.57%
Emp. Privadas	6.37%	6.85%	8.07%	9.34%	8.57%	7.77%	7.76%	6.55%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas Distribuidoras.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.

Gráfico N° 16: ROIC: 1997-2000

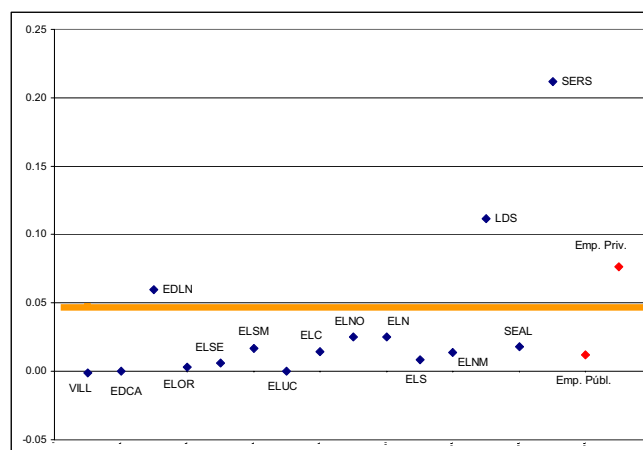


Fuente: Osinerg – GART.

Las empresas que han presentado un mayor ROIC en el período 2001-2004 con respecto al del período 1997-2000 han sido Coelvisa, Edecañete, Electro Oriente, Electro Sur Este, Electro Sur Medio, Electro Centro, Electronoroeste, Electronorte, Hidrandina y Seal.

En particular, destaca la mejora de Coelvisa que pasó de -17.0% a -0.1%, Electronoroeste que aumentó su ROIC de -2.8% a 2.5% y Electronorte que lo incrementó de -1.7% a 2.5%. Asimismo, Sersa fue la empresa que presentó la mayor disminución de este indicador al pasar de 31.6% a 21.2%. A nivel agregado se ha observado una mejora de este indicador. [Ver Gráfico N° 18].

Gráfico N° 17: ROIC: 2001-2004



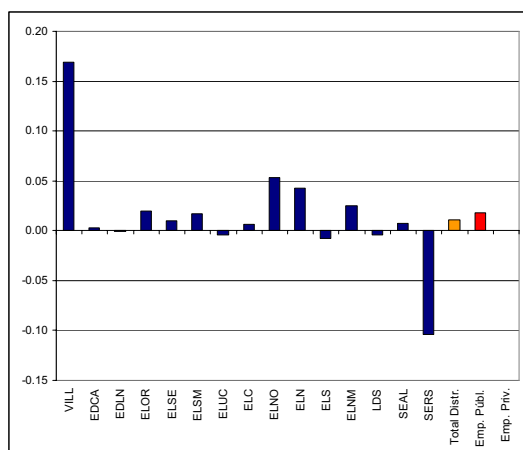
Fuente: Osinerg – GART.

Con respecto a las principales distribuidoras, Luz del Sur presentó una disminución de su ROIC de 11.6% a 11.1%, del mismo modo Edelnor la cual presentó una ligera disminución pasando de 6.1% a 6.0%.

Se puede apreciar que el ROIC promedio para el período 2001-2004 ha estado por debajo del costo de capital promedio ponderado. Asimismo, también se aprecia una dispersión muy alta en el ROIC, lo cual podría deberse a la insuficiencia en la introducción de eficiencias en algunos agentes lo cual se traduce en un ROIC menor que el WACC.



Gráfico N° 18: ROIC: Variación entre Períodos



Fuente: Osinerg – GART.

Cálculo del ROIC para Edelnor y Luz del Sur

En la sección anterior se obtuvo el ROIC para Edelnor y Luz del Sur con información histórica obtenida de los estados financieros de estas empresas [Ver Cuadro N° 13]; los valores obtenidos podrían presentar distorsiones debido a que se trata de cálculos contables y que están influidos por factores tales como la reevaluación de activos y las políticas de depreciación de las empresas. Es por ello que a continuación se presentan algunos cálculos alternativos del ROIC. Se optó por evaluar este indicador utilizando como base el capital pagado en la privatización más la deuda asumida (pasivo no corriente), actualizada cada año por la inversión realizada de acuerdo al flujo de efectivo (variación del flujo por inversiones), calculándose también un ROIC sobre la base del valor nuevo de reemplazo (VNR) para los años 1997 y 2001, tal como se describe líneas más abajo.

Cuadro N° 13: Cálculo del ROIC Utilizando Datos Contables

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Edelnor	-0.71%	4.90%	4.10%	5.17%	5.04%	6.65%	7.45%	6.72%	5.99%	5.80%	5.44%
Luz del Sur	-0.89%	7.42%	9.13%	9.34%	11.29%	11.96%	13.76%	12.70%	11.58%	11.83%	8.46%

Fuente: Estados Financieros de las Empresas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.



En el primer caso, para el cálculo del ROIC se utilizó como base el capital invertido de acuerdo al pago por la privatización tal como se muestra a continuación:

$$ROIC_t^i = \left(\frac{\text{Utilidad Operativa} * (1 - \text{tasa impositiva})}{\text{Capital Invertido}} \right)_t^i$$

$$\text{Capital Invertido} = \text{Pago por Privatización} + \text{Pasivo no Corriente} + \Delta \text{Inversión}$$

El monto pagado por la privatización de estas empresas se detalla en el Cuadro N° 14, que en el caso de Edelnor fue de 176.5 millones de dólares por una participación del 60% de la empresa, lo cual equivale a un patrimonio de 294.2 millones de dólares,²¹ y en el caso de Luz del Sur el monto pagado fue de 212.5 millones de dólares por una participación del 60% de la empresa, lo cual equivale a un patrimonio de 354.2 millones de dólares. A este monto se le agrega el Pasivo no Corriente para obtener el monto de Capital Invertido para el primer año; en los siguientes años se actualiza este valor agregándole las inversiones realizadas en el período.

Cuadro N° 14: Cálculo del Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización

Empresa	Monto Pagado - Julio 1994 (en millones de dólares)	Participación	Patrimonio Equivalente (en millones de dólares)
Edelnor	176.5	0.6	294.2
Luz del Sur	212.5	0.6	354.2

Fuente: Proinversión

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos

Debido a la falta de información de los Estados de Flujo de Efectivo (variación del flujo de inversiones), para los años 1995 y 1996 en el caso de Edelnor y para el período 1995-1997 para el caso de Luz del Sur; para dichos años se utilizó la información de inversiones ejecutadas reportadas por las empresas al MINEM, para la obtención del capital invertido con el fin de realizar el cálculo del ROIC. Cabe recalcar que la variación del efectivo por inversiones es sistemáticamente mayor que el valor de las inversiones reportadas al MINEM (25% en promedio para Edelnor y 5% para Luz del Sur).

²¹ Patrimonio Equivalente = (Monto Pagado x 100%) / Participación (%).



Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

De este modo se obtuvo el ROIC para los años comprendidos entre 1994 y 2004, lo cual se muestra en el Cuadro N° 15. Asimismo se obtuvo el ROIC utilizando en el cálculo del capital invertido los datos de las inversiones ejecutadas en lugar de los datos provenientes de los Estados de Flujo de Efectivo, esto se muestra en el Cuadro N° 16.

Cuadro N° 15: Cálculo del ROIC Utilizando Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización, con Datos de Estados de Flujo de Efectivo e Inversiones Ejecutadas

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Edelnor	-0.78%	6.10%	5.57%	6.57%	6.53%	8.16%	7.87%	7.01%	6.03%	5.45%	5.42%
Luz del Sur	-0.61%	5.88%	7.29%	7.68%	8.25%	9.30%	11.05%	10.05%	9.48%	9.07%	7.82%

Fuente: MINEM, GART, CONASEV y Estados Financieros de las Empresas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos-OSINERG.

Cuadro N° 16: Cálculo del ROIC Utilizando Capital Invertido de Acuerdo a Pago por Privatización, con Datos de Inversiones Ejecutadas

Empresa	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Edelnor	-0.78%	6.10%	5.57%	7.00%	7.24%	9.09%	8.78%	7.86%	6.78%	6.14%	6.11%
Luz del Sur	-0.61%	5.88%	7.29%	7.68%	8.38%	9.34%	11.22%	10.21%	9.60%	9.27%	7.95%

Fuente: MINEM y Estados Financieros de las Empresas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos-OSINERG.

En el caso del cálculo del ROIC utilizando como base el valor nuevo de reemplazo (VNR), éste se realizó solamente para los años 1997 y 2001 [Ver Cuadro N° 17] debido a que no se contaba con la información necesaria para el resto de años. El cálculo de este indicador se realizó de la siguiente manera:

$$ROIC_t^i = \left(\frac{\text{Utilidad Operativa} * (1 - \text{tasa impositiva})}{VNR} \right)_t^i$$

Cuadro N° 17: Cálculo del ROIC Utilizando el Valor Nuevo de Reemplazo

Empresa	1997	2001
Edelnor	7.91%	8.15%
Luz del Sur	9.30%	10.74%

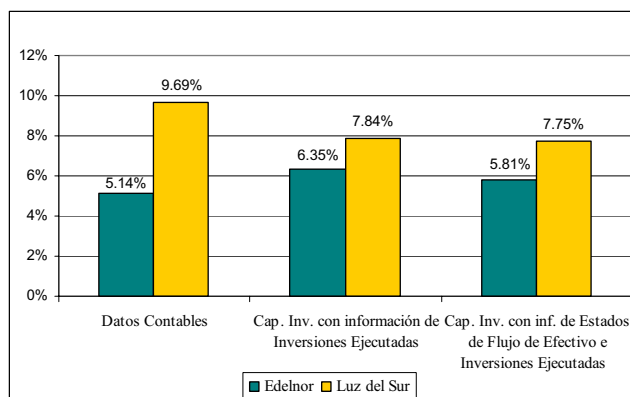
Fuente: GART y Estados Financieros de las Empresas.

Elaboración: Oficina de Estudios Económicos - OSINERG.



Como se ha podido apreciar, del uso de diferente información para calcular el capital invertido, se deriva un ROIC distinto en un mismo período para cada caso. De este modo, en promedio para el período 1994-2004, para el caso de Edelnor el ROIC calculado utilizando la información de inversiones ejecutadas es mayor que en el caso del calculado utilizando la información de los Estados de Flujo de Efectivo y que el caso del ROIC calculado usando datos contables (éste es 6.35%, 5.81% y 5.14% respectivamente). Mientras que para Luz del Sur, el ROIC es mayor en el caso del calculado con datos contables, seguido por el calculado con información de las inversiones ejecutadas y por último el calculado con información de los Estados de Flujo de Efectivo (éste es 9.69%, 7.84% y 7.75% respectivamente). [Ver gráfico N° 19].

Gráfico N° 19: ROIC: Promedio 1994-2004



Asimismo, comparando estos casos con el ROIC calculado usando el VNR, para el año 1997 se obtiene que para Edelnor el ROIC con VNR es mayor al resto de los casos, y para Luz del Sur es el segundo, siendo el mayor el calculado usando datos contables. Esto se aprecia en el Gráfico N° 20. Del mismo modo ocurre para el año 2001, y se puede ver en el Gráfico N° 21. Esto se debería en parte a la diferencia entre el monto de inversiones eficientes reconocidas a las empresas y con el monto financieramente incurrido.

Gráfico N° 20: ROIC: Comparación de Casos - 1997

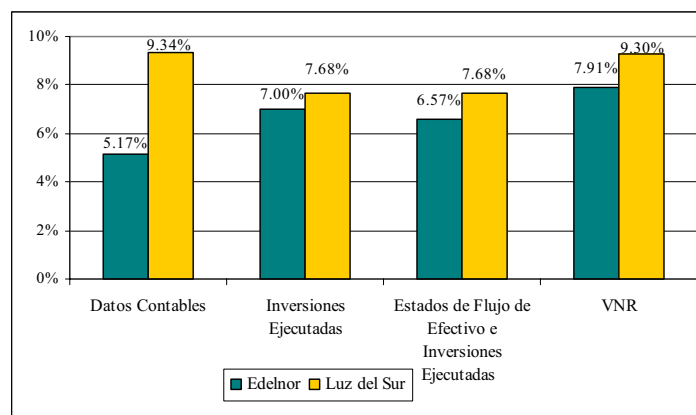
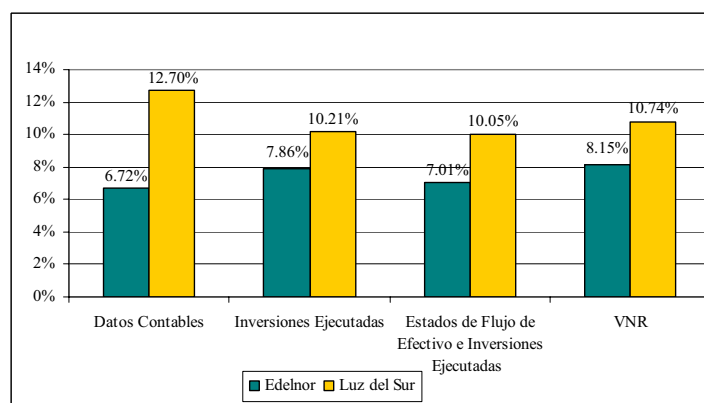


Gráfico N° 21: ROIC: Comparación de Casos - 2001



6. Conclusiones.

La determinación del modelo de valoración de activos (CAPM) requiere de la suposición de un comportamiento normal en la distribución de las rentabilidades de los diversos activos que componen la cartera. Sin embargo, pese a que éste es un hecho empíricamente discutible, en lo que se refiere a la aceptación de dicha hipótesis, este modelo de determinación del costo de



capital, tanto en lo que se refiere a la determinación del costo del patrimonio como del costo de la deuda de largo plazo, es el modelo de mayor aceptación a nivel internacional, tanto por reguladores como por empresas reguladas.

La estimación del costo de capital promedio ponderado en el Perú, para las empresas privadas, en el caso de la distribución de electricidad, oscila entre 7.98% y 8.24%, cifra que es mayor que la rentabilidad sobre el capital invertido (ROIC) promedio de las empresas de distribución de electricidad, que al ser contrastado con la dispersión de dicho promedio, muestra a un grupo de empresas por encima de dicho promedio, en especial el caso de Luz del Sur, y a otro grupo por debajo, en especial Edelnor. Al estar ambas empresas bajo el mismo sector típico, una explicación bastante razonable para obtener dicho resultado es lo referido a las ganancias de eficiencia en la gestión que tanto una como otra empresa han logrado, además de ser operadores privados que pueden aprovechar mejor los incentivos de alto poder hacia la eficiencia que otorga el marco regulatorio.

Adicionalmente, debe tomarse en cuenta que los indicadores de rentabilidad mostrados surgen de estados financieros contables y que la evaluación de la rentabilidad de las empresas usando estos indicadores no necesariamente se acerca a la rentabilidad económica como han mostrado diferentes ejercicios de contabilidad regulatoria.

7. Bibliografía.

Alexander, I.; C. Mayer, y H. Weed (1996). "Regulatory Structure and Risk and Infrastructure Firms: An International Comparison," Working Papers 1698, World Bank.

Binder, J. y S. Norton (1999). "Regulation, profit variability and beta". En: Journal of Regulatory Economics, N° 15, pp. 249 - 265.

Bravo, S. (2004) "El Riesgo País. Concepto y Metodologías de Cálculo". ESAN. Mimeo.

Chan, A. (2001). "The mechanics of the economic model" McGill Investment Club, McGill University. Montreal.

Chisari, O.; M. Rodriguez-Pardina y M. Rossi (1999). "El costo de capital en empresas reguladas: incentivos y metodología". En: Desarrollo Económico, Vol. 38, N° 152, enero-marzo, pp. 953 - 984.





De Fraja, G. y C. Stones (2004). "Risk and capital structure in the regulated firm". En: *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 26, N° 1, pp. 69-84.

Dumrauf, G. (2001). "Medidas de Creación de Valor". Universidad del CEMA.

Ente Nacional Regulador de la Electricidad (2001) Memoria de Gestión.

ESAN (2004) "Estimación del Costo del Capital para el Sector Eléctrico Peruano". Informe de Consultoría elaborado para la GART – OSINERG.

Gentzoglanis, A. (2004). "Regulatory Risk, Cost of capital and Investment Decisions in the Telecommunications Industry: International Comparisons". Centre for the Study of Regulatory Economics and Finance, University of Sherbrooke, mimeo, 13 pp.

Guasch, J.L. y P. Spiller (1999). "Managing the regulatory process: design, concepts, issues, and the Latin America and Caribbean story". The World Bank, Washington D.

Hartman, J. (2000). "On the Equivalence of Net Present Value and Economic Value Added as Measures of a Project's Economic Worth", *The Engineering Economist* 45(2), pp. 158-165.

Hogan, W.; I. Sharpe y P. Volker (1980). "Risk and Regulation. An empirical test of the relationship". *Economic Letters* N° 6, pp. 373 - 379.

Ingersoll, J. (1988). *Theory of Financial Decision Making*, Rowman & Littlefield Publishing, Inc., 1987.

Marín, J. y G. Rubio (2001). *Economía Financiera*, Antoni Bosch Editores. 984 pp.

Peltzman, S. (1976). "Towards a more general theory of regulation". En: *Journal of Law and Economics*, N° 19, pp. 211 - 244.

Ruback, R. (2000). *Capital cash flows: a simple approach to valuing risky cash flows*. Graduate School of Business Administration, Harvard University, mimeo, 27 pp.





Oficina de Estudios Económicos - OSINERG

Rubinstein, M. (1973). "A Mean - Variance Synthesis of corporate financial Theory". En: Journal of Finance, Vol. 28, Issue I.

Sabal, J. (2004). The Discount Rate in Emerging Markets: A Guide, Journal of Applied Corporate Finance, Vol. 16, No. 2/3, Spring/Summer, pp. 155-166.

Sharpe, W. (1963) "A simplified model for portfolio analysis". Management Science, Volume 9, Issue 2, pp. 277 – 293.

Taggart, R. (1985). "Effects of Regulation on Utility Financing". En: Journal of Industrial Economics, Vol. 33, N° 3, pp. 257 - 276.

Varian, H. (1992). Análisis Microeconómico, Antoni Bosch Editores, Tercera edición, 637 pp.

Weston, F. y T. Copeland (1988). Corporate Policy and Financial Theory.



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía - OSINERG
Oficina de Estudios Económicos-2006

Equipo de Trabajo

Raúl Pérez-Reyes Espejo Gerente de Estudios Económicos.

Especialistas:

Raúl García Carpio Especialista en Regulación Económica.
Sector Eléctrico.
Arturo Vásquez Cordano Especialista en Organización Industrial.
Sector Hidrocarburos.

Asistente Administrativo:

Clelia Bandini Malpartida

Practicantes Profesionales:

Carolina Lenkey Ramos Sector Hidrocarburos.
Rosa Montoya Sandoval Sector Eléctrico.