



Vigilada Mineducación

RECOMENDACIONES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DESCUENTO DE
EMPRESAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN COLOMBIA

RECOMMENDATIONS FOR ESTIMATING WATER AND WASTEWATER UTILITIES RATE
OF DISCOUNT IN COLOMBIA

Sergio Andrés Rodríguez Acevedo

Artículo científico

Asesor, docente

Sandra Constanza Gaitán Riaño

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA - MAF
BOGOTÁ
2023

Recomendaciones para la estimación de la tasa de descuento de empresas de acueducto y alcantarillado en Colombia

Sergio Andrés Rodríguez Acevedo

sarodrigua@eafit.edu.co

Sandra Constanza Gaitán Riaño

sgaitanr@eafit.edu.co

Resumen

Las tarifas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia tienen en cuenta una tasa de descuento que es calculada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), con base en la metodología del weighted average cost of capital (WACC). Esta tasa se aplica durante los 10 años que se espera estén vigentes dichas fórmulas. Una revisión del periodo 2016-2022 muestra que, si se hubiera actualizado el valor del WACC bajo las condiciones macroeconómicas del país, los usuarios de una empresa de servicios públicos de acueducto y alcantarillado se habrían podido beneficiar de una reducción en sus tarifas del 7,44 %.

Se propone entonces una estimación periódica del WACC que permita ajustar el costo medio de inversión con las condiciones macroeconómicas vigentes.

Palabras clave: Financiamiento público, acueducto y alcantarillado, mercado de capitales.

Clasificación JEL: D25, G11, G32, H43.

Abstract

Water and wastewater prices in Colombia consider a discount rate calculated by the Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), based on the Weighted Average Cost of Capital -WACC methodology. This rate is applied during the ten years that these formulas are expected to be in use. A review of the period 2016-2022 shows that if the WACC value had been updated under the country's macroeconomic conditions, users could have benefited from a reduction in rates of 7.44%.

A periodic WACC estimation is then proposed, allowing the Average Investment Cost to be adjusted with the current macroeconomic conditions.

Key words: Financing, water and wastewater, capital market.

Clasificación JEL: D25, G11, G32, H43.

1. Introducción

Uno de los retos más importantes de los países en vías de desarrollo es garantizarles el servicio de agua potable a sus ciudadanos, no solo por los efectos positivos que ello conlleva en el crecimiento económico, sino también en las condiciones de salud de sus habitantes. Dotar con agua potable a los usuarios y luego recoger las aguas servidas es una tarea de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios, que debe ser llevada a cabo continuamente y que debe garantizarse en el futuro, lo cual implica que se deban realizar inversiones para garantizar la misma calidad, o una calidad superior, a los usuarios de futuras generaciones.

Estos recursos pueden provenir de las tarifas que los usuarios pagan por los servicios, o por el financiamiento interno o externo de las Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios (ESPD), ya sea a través de créditos con la banca comercial o con la multilateral. En el caso de las tarifas, la regulación económica prevé la recuperación de los costos operativos, administrativos, ambientales y de inversión, a través de las metodologías que expiden para las diferentes categorías de empresas.

Para calcular el costo de inversión aplicable a los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, se utiliza una tasa de descuento que se basa en el método WACC y que es fijada por la CRA. Esta tasa se ha calculado en 1995, 2004 y 2014, y se espera que la CRA expida una nueva metodología tarifaria en el 2024, y que también continúe con la metodología WACC. En el periodo 2016-2022 existen variaciones en las condiciones de deuda que, aunadas a las ventajas derivadas del escudo fiscal, han modificado el valor del costo de la deuda y han podido ser, de alguna manera, aplicadas en las fórmulas tarifarias aplicables a los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

El objetivo de este trabajo es evidenciar que el cálculo del WACC utilizado por la CRA debería incorporar las variaciones debido a factores macroeconómicos asociados con su estimación, aproximación que se realiza desde la perspectiva de las finanzas corporativas. En la primera parte se expone el marco teórico detrás de los temas analizados, para luego mostrar en el segundo apartado la metodología que se utiliza en el análisis. En la tercera parte se presentan los resultados obtenidos en el modelo econométrico. En la cuarta sección, los resultados de las simulaciones

realizadas bajo los escenarios planteados. Y finalmente, se presenta la conclusión, en la que se discuten las principales implicaciones y limitaciones, y se sugieren futuros estudios.

2. Marco teórico

2.1 Costo de capital

Franco Modigliani y Merton H. Miller (1958) analizaron cómo las empresas podían obtener el capital necesario para expandir sus negocios a partir de diferentes medios, y plantean las bases para estimar el costo de capital. A lo largo de los años esta teoría ha sido desarrollada y complementada.

Al igual que cualquier empresa del sector productivo, las ESP reciben ingresos por los servicios que prestan, y ofrecen a sus suscriptores agua potable y la recolección de las aguas servidas. Además, debido al crecimiento vegetativo de la población, deben garantizar la expansión de su capacidad de producción a través de inversiones que mejoren la calidad, la cobertura y la continuidad. Si bien existen unos recursos que se obtienen de las tarifas, estos no son suficientes y las ESP deben acudir a otras fuentes de financiación.

Entre estas otras fuentes que se utilizan para la construcción de infraestructura, se encuentran aportes de las entidades públicas, créditos con la banca comercial o la banca multilateral, donaciones de Gobiernos extranjeros y créditos con otras entidades, como la Financiera de Desarrollo Territorial S. A.

Para llevar a cabo el análisis sobre cuánto se debe financiar con recursos propios y recursos externos, la teoría financiera aporta el concepto de costo de capital, que tiene varias definiciones, unas más profundas que otras en relación con el alcance, pero todas válidas finalmente. Steiner y Soto (1998), en su estudio “Costo de uso de capital y tasas marginales efectivas de tributación en Colombia”, se aproximan a este concepto de la siguiente forma:

El costo de uso del capital puede interpretarse en varias formas, que son equivalentes en equilibrio. La forma más simple es considerarlo como el “alquiler” que paga una empresa por incorporar una unidad de capital físico en el proceso productivo. Este alquiler depende, entre otros factores, del precio del bien de capital, la tasa de interés, las tasas impositivas —tanto de la renta como de las ganancias del capital— y la tasa de depreciación. Para su estimación, se parte del criterio de maximización de beneficios, según el cual la empresa acumulará capital hasta el punto en el que su

productividad marginal iguale el costo de emplearlo. En este sentido, la productividad marginal del capital representa el costo de uso del capital.

De lo anterior se pueden extraer varios aspectos que se deben considerar en el momento de realizar la estimación del costo de capital: los costos de usar capital propio y externo, el efecto de los impuestos, la estructura de capital y el costo marginal del endeudamiento. El método generalmente utilizado para establecer el costo de capital es el denominado costo promedio ponderado de capital (WACC, por sus siglas en inglés), el cual se desarrolla de la siguiente manera:

$$\text{Ecuación 1. } WACC = KeWe + Kd(1 - t)Wd$$

Donde:

Ke: Costo del *equity*

We: Proporción del nivel de *equity* sobre el total de *equity* y deuda

Kd: Costo de la deuda

Wd: Proporción del nivel de deuda sobre el total de *equity* y deuda

t: Tasa de tributación

Para la estimación del costo del *equity* o del capital propio Ke, se utiliza la metodología establecida por Sharpe (1964), conocida como *capital asset pricing model* (CAPM), o *modelo de valoración de activos financieros*. We y Wd son las proporciones de *equity* y deuda sobre el total. La tasa de tributación corresponde a la definida por el estatuto tributario colombiano. El costo del *equity* es el componente del WACC más difícil de estimar (Koller *et al.*, 2015), y por esa razón existen varias aproximaciones para determinar su valor.

Por su parte, Brealey manifiesta lo siguiente en relación con las decisiones que debe tomar una empresa sobre la estructura de capital:

Las decisiones de inversión y de financiación están típicamente separadas, esto es, analizadas independientemente. Cuando una oportunidad de inversión o un “proyecto” es identificado, el administrador financiero primero indaga si el proyecto es rentable, más que sobre el capital requerido para llevarlo a cabo. Si la respuesta es sí, el administrador financiero considerará como financiar el Proyecto. (2003, p. 5)

Lo anterior implica que en el momento de decidir cuáles proyectos van en tarifas, no solo se debe considerar la necesidad técnica de llevarlos a cabo, sino también la financiación requerida para el efecto.

En línea con lo expuesto anteriormente, en el estudio realizado por Faccio (2015) se encontró que al analizar los cambios en las tasas de impuesto para varios años de 32.182 firmas, en 19 países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), para el periodo 1981-2009, las tasas de impuestos corporativos son determinantes significativos de la estructura de capital; tanto así que las empresas tienden a aumentar su apalancamiento financiero cuando los impuestos corporativos o los impuestos a personas de los ingresos por dividendos aumentan. Asimismo, mediante este estudio se encontró que las empresas tienden a reducir el apalancamiento cuando los impuestos a personas de los ingresos por dividendos aumentan.

Por su parte, Overesch (2010) encuentra un efecto positivo significativo del beneficio tributario para una muestra de empresas europeas de 23 países, incluyendo los impuestos a las personas, en las participaciones de la deuda de las empresas.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta se relaciona con los impuestos que deben pagar las empresas de servicios públicos. Modigliani (1963) modifica parcialmente lo expuesto en su artículo de 1958 al establecer que la deuda tiene unas ventajas tributarias que deben ser aprovechadas por las empresas en el momento de definir su nivel de endeudamiento. Esto es conocido como el escudo fiscal, y se entiende como que los intereses de las deudas adquiridas por las empresas son descontables del impuesto de renta que pagan las empresas al Estado. Vale la pena señalar que desde la reforma tributaria contenida en la Ley 633 de 2000, “todas las entidades prestadoras de servicios públicos son contribuyentes de los impuestos nacionales”, razón por la cual las ESPD también son sujetos de la aplicación del impuesto de renta.

En concordancia con lo anterior, Serrano (2004) explica el efecto de los impuestos a los que están sujetas las ESP de acueducto y alcantarillado, en los siguientes términos:

Diferente es el caso del impuesto a la renta, en la medida en que afecta la estimación del costo de capital por el impacto del escudo fiscal derivado de la utilización de la deuda. Los gastos financieros, al ser deducibles de impuestos, disminuyen el costo de la deuda después de impuestos, que al ponderarse con el costo de la aportación patrimonial, que está después de impuestos, disminuye el costo promedio ponderado después de impuestos. (Serrano, 2004, p. 40)

Ahora bien, en el caso de los servicios regulados, existe una consideración adicional que debe ser tomada en cuenta en el momento de establecer una tasa de descuento para un sector específico, que es conocida como el efecto Averch-Johnson (1962). Si el regulador fija una tasa de descuento superior al costo de capital de la empresa regulada, esta incluirá un mayor valor de inversiones con el fin de obtener ganancias de esa diferencia. En el caso contrario, si la tasa de descuento es inferior al costo de capital, existirá un desincentivo para que la empresa ejecute inversiones, lo cual comprometerá los niveles del servicio que presta.

En relación con el costo de deuda que utilice una agencia reguladora para el cálculo del costo de capital incorporado en sus marcos tarifarios, Chisari (2000) señala lo siguiente:

En resumen, promediar los costos de deuda del mercado con los de la empresa significa que las firmas reguladas tengan incentivos para hacer el esfuerzo de disminuir sus costos de deuda (los cuales, a través de bajas tarifas, beneficiarán a sus usuarios), aunque para esto sea necesario que (ya que los costos de esfuerzo existen) se les permita a las empresas apropiarse de una parte de los beneficios obtenidos de un menor costo de deuda.

En la determinación del costo de capital también debe considerarse lo que afirma Parra (2018) sobre el efecto de un costo de capital superior al que corresponde a la empresa:

Pero hay que entender que, si el costo de capital se incrementa, las posibilidades de crecer se reducen, luego la labor del gerente financiero, en cumplimiento de su función de manejo adecuado de fondos, es buscar reducir el costo de capital de la firma y por lo tanto implementar estrategias para evaluar y negociar el costo de las fuentes, protegerse del riesgo cambiario utilizando contratos como el *forward*, futuros, opciones y *swaps* para operaciones en moneda extranjera.

2.2 Regulación económica y costo de capital

En el cálculo del costo de inversión definido por la CRA se tiene en cuenta el valor presente de las inversiones futuras que realizará el prestador, para alcanzar las metas en cobertura, calidad y continuidad de los servicios de acueducto y alcantarillado durante el periodo tarifario establecido por la CRA, que corresponde a 10 años en el marco vigente. Para poner el valor de esos proyectos en cifras en el momento del cálculo tarifario, se debe utilizar una tasa de descuento definida por la CRA.

Además, en relación con la definición de los costos de inversión que son incluidos en la tarifa, la CRA (2014b) señala lo siguiente:

Para que la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado sea sostenible en el largo plazo, es necesario remunerar las inversiones necesarias para la prestación del servicio, de forma que el prestador pueda cubrir los costos del capital invertido.

Para calcular el costo de inversión que se incluye en las tarifas de los servicios de acueducto y alcantarillado, la CRA estableció el uso de una tasa de descuento que permite traer a valor presente, en el momento del cálculo de los costos de prestación. Sobre este punto, Ross (2008) señala que “la tasa de descuento de un proyecto debe ser el rendimiento esperado sobre un activo financiero de riesgo comparable”, por lo que se espera que la tasa de descuento que fije la CRA esté en línea con este supuesto.

Es importante tener en cuenta que el hecho de que las ESP provean servicios públicos no implica que no deban seguir el comportamiento de cualquier empresa, y para ello el artículo 87 de la Ley 142 de 1994 dispone los criterios que orientan el régimen tarifario y que deben regir el comportamiento de las empresas: la eficiencia económica, la neutralidad, la solidaridad, la redistribución, la suficiencia financiera, la simplicidad y la transparencia.

En concordancia con lo anterior, Fainsod, 1940) manifiesta que una política regulatoria efectiva, entre otros aspectos, debe hacer una provisión deliberada que promueva la eficiencia y la progresividad en la administración. En ese sentido, las ESP deben seguir los patrones de comportamiento de cualquier empresa de riesgo comparable y buscar la maximización de sus beneficios.

Ahora bien, para determinar la tasa de descuento muchas agencias reguladoras en el mundo usan la metodología del costo promedio ponderado de capital (WACC), que reconoce el costo financiero y el costo del patrimonio (*equity*). De acuerdo con las condiciones de cada agencia reguladora, el WACC puede ser usado en su forma básica, es decir, sin que se tenga en cuenta el efecto de los impuestos, como en el caso de Inglaterra, o puede ser establecido en su forma antes de impuestos, como en el caso de Colombia (Bedoya, Lanzas y Salazar, 2023).

Para las empresas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, la tasa de descuento es fijada por la CRA, siguiendo la metodología WACC. De acuerdo con Romeijnders y Mulder (2022), en la definición de tarifas de estos servicios de redes el desafío es encontrar

el nivel óptimo del WACC. Si el WACC es fijado en un nivel que es menor que el requerido por los inversionistas, los operadores de redes pueden enfrentar dificultades para financiar sus inversiones, mientras que, si el WACC excede ese nivel, los usuarios de las redes pagan más de lo que se necesita.

Lo anterior significa que, desde el punto de vista financiero, al fijar el WACC el regulador debe buscar el equilibrio en una tasa que favorezca la inversión y además garantice un precio justo para los usuarios.

Para el año 2014, la CRA señaló que “se considera pertinente continuar utilizando la metodología WACC y el modelo de valoración del costo de capital propio —CAPM— para la determinación del costo de capital de la actividad”.

En ese sentido, para el cálculo de la tasa de descuento la CRA tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Utiliza el costo promedio ponderado de capital (WACC).
- Para obtener el costo de la deuda utiliza información del endeudamiento de las ESP y la tasa de tributación del sector de agua potable y saneamiento básico.
- Para el cálculo del costo del patrimonio (*equity*) tiene en cuenta la metodología CAPM.
- El nivel de deuda sobre el total de fuentes de financiamiento permite obtener la participación de la deuda.

Ahora bien, para determinar el costo del patrimonio la CRA establece los siguientes supuestos:

- Tasa libre de riesgo. Tiene en cuenta el promedio de los valores de los bonos del tesoro americano con maduración a 10 años, y serie anual entre 1928 y 2013.
- Tasa de retorno de mercado. Se utiliza el promedio del índice S&P500 anualizado para el periodo comprendido entre 1928 y el 2013.

- Beta desapalancado. Se considera el valor para empresas de servicios públicos de la página web del profesor Aswath Damodaran, con corte a diciembre del 2013 y publicado en enero del 2014.
- Riesgo país. Se tomó el promedio del *spread* del *emerging markets bonds index* (EMBI+), comprendido entre los años 2009 y 2013.
- Inflación proyectada de Colombia: 3 %.
- Inflación proyectada de Estados Unidos de América: 2 %.

En este contexto, la CRA propuso una tasa de descuento anual de 12,28 % (tasa efectiva anual) para las empresas que atienden más de 100.000 suscriptores.

2.2 Fórmulas tarifarias

El marco tarifario aplicable a los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, para empresas que atienden a más de 5.000 suscriptores, se encuentra contenido en la Resolución 688 de 2014 de la CRA. Esta resolución contiene las reglas que deben seguir dichas empresas para calcular las tarifas que cobran por sus servicios, y en general reconoce los costos de administración, operación, inversión y ambientales.

En este capítulo se presenta una descripción de la metodología tarifaria. Si se quiere profundizar en los cálculos, se debe consultar la Resolución CRA 688 de 2014, con todas las normas que la han modificado, las cuales se encuentran contenidas en la Resolución Compilatoria 943 de 2021. En todo caso, los elementos considerados en los análisis del presente estudio utilizan los cálculos y las variables necesarios para cumplir con el objetivo propuesto.

Por otra parte, es necesario señalar que, para la aplicación de la metodología tarifaria, la CRA, en el artículo 2.1.2.1.1.14 de la Resolución CRA 943 de 2021, estableció una separación de las ESP de acuerdo con las condiciones de su área de prestación de servicios, en los siguientes términos:

Primer segmento. En este grupo se encuentran:

- Las APS con más de 100.000 suscriptores en el área urbana.
- Las APS atendidas mediante un mismo sistema interconectado y que en conjunto sumen más de 100.000 suscriptores.

- Las APS que atiendan más del 10 % de los suscriptores del área urbana de las siguientes ciudades capitales: Armenia, Manizales, Montería, Neiva, Pasto, Popayán, Santa Marta, Sincelejo, Tunja, Valledupar y Villavicencio. Si alguna persona prestadora atiende estas APS y adicionalmente atiende otras APS con el mismo sistema interconectado, estas últimas también pertenecerán al primer segmento.

Segundo segmento. Se aplicará la metodología establecida para el segundo segmento en las siguientes APS, con excepción de las ya incluidas en el primer segmento:

- Las APS que tengan entre 5.001 y 100.000 suscriptores en el área urbana.
- Las APS que tengan entre 5.001 y 100.000 suscriptores en el área urbana y el área rural, en las cuales más del 50 % de sus suscriptores pertenecen al área urbana.
- Las APS atendidas mediante un mismo sistema interconectado y que en conjunto sumen entre 5.001 y 100.000 suscriptores en el área urbana.
- Las APS atendidas mediante un mismo sistema interconectado y que en conjunto sumen entre 5.001 y 100.000 suscriptores en el área urbana y rural, en las que más del 50 % de sus suscriptores sean urbanos.

Cada uno de estos segmentos tiene sus condiciones especiales para el cálculo de los diferentes costos reconocidos en la regulación.

2.2.1 Costos medios

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, a partir del cálculo de costos medios la metodología tarifaria contiene un cargo fijo y un cargo por consumo, los cuales incluyen los siguientes componentes:

Cargo fijo: Valor unitario por suscriptor o usuario, que refleja los costos económicos que intervienen para garantizar la disponibilidad permanente del servicio, independientemente del nivel de uso (artículo 1.2.1. de la Resolución CRA 971 de 2021).

Para el servicio público de acueducto este costo (CF_{ac}) corresponde a la suma de los siguientes elementos:

- Costo medio de administración (CMA_{ac}).

- Costo medio de administración por inversiones ambientales adicionales para la protección de cuencas y fuentes de agua para el servicio público domiciliario de acueducto (CMA_{ac}).

Para el servicio público de alcantarillado este costo (CF_{al}) corresponde únicamente al costo medio de administración (CMA_{al}).

Este cargo fijo se cobra mensual o bimestralmente, de acuerdo con lo que decida cada prestador, y es independiente del consumo que tenga el usuario, es decir, si un usuario no consume el servicio por un tiempo determinado, este valor se sigue facturando.

Cargo por consumo: Valor unitario por metro cúbico que refleja siempre tanto el nivel y la estructura de los costos económicos, como la demanda por el servicio (artículo 1.2.1. de la Resolución CRA 971 de 2021).

Para el servicio público de acueducto este costo ($CCac$) corresponde a la suma de los siguientes elementos:

- Costo medio de operación (CMO_{ac}).
- Costo medio de inversión (CMI_{ac}).
- Costo medio generado por tasas de uso (CMT_{ac}).
- Costo medio variable por inversiones ambientales adicionales para la protección de cuencas y fuentes de agua para el servicio público domiciliario de acueducto (CMP_{ac}).

Para el servicio público de alcantarillado este costo ($CCac$) corresponde a la suma de los siguientes elementos:

- Costo medio de operación (CMO_{ac}).
- Costo medio de inversión (CMI_{ac}).
- Costo medio generado por tasas retributivas (CMT_{al}).

A partir de los costos señalados anteriormente, se obtiene la factura para cada uno de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, con base en la siguiente estructura:

$$\text{Ecuación 2. Factura} = CF_{ac} + CCac * Q_{ac}$$

Ecuación 3. $Factura = CFalc + CCalc * Qalc$

Estos valores son afectados para cada una de las empresas de acuerdo con los porcentajes de subsidio o aporte solidario que se aplican en cada municipio, la disponibilidad de recursos y lo que decida el Concejo municipal.

2.2.2 Provisión de inversiones

Como se mencionó previamente, las tarifas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado incluyen un componente de inversión (CMI), con el cual se recupera, por una parte, una fracción de las inversiones futuras que tiene planeadas la ESP, y por otra parte, algo de lo invertido en años anteriores. En ese sentido, cuando las ESP no ejecutan los recursos que planearon construir y que ya han recaudado, deben establecer una provisión sobre ese valor. Si no se ejecutan en los plazos establecidos, tendrán que depositarlos en una cuenta corriente, una fiducia o una cuenta de ahorros, según sea el caso. Es importante considerar que hasta diciembre del 2022 las ESP no tenían ninguna obligación de reportar esos recursos, razón por la cual podían disponer de ellos de acuerdo con sus políticas internas de administración de recursos, y en ese mismo sentido, en los estados financieros se podían incorporar de manera diferente.

La CRA establece que el cálculo de los recursos de la provisión de inversiones se realiza con base en lo dispuesto en el artículo 2 de la Resolución CRA 971 de 2022, que modifica el artículo 2.1.2.1.10.2. de la Resolución CRA 943 de 2021, y que contiene la forma de establecer el saldo y la administración de los recursos de la provisión por diferencias entre las inversiones planeadas y ejecutadas del POIR. Este cálculo tiene en cuenta los siguientes factores:

- Tasa de descuento aplicable (WACC).
- Plan de obras e inversiones regulado (planeado y ejecutado).
- Volúmenes de agua suministrada y facturada.
- Nivel de pérdidas de agua.
- Número de suscriptores y metas anuales de crecimiento en extensión de la cobertura.

De esta manera, el WACC también es tenido en cuenta en la determinación del valor de la provisión de inversiones.

3. Metodología

La presente investigación utiliza métodos de análisis econométrico para determinar las relaciones que existen entre algunas variables macroeconómicas y el efecto que pueden tener en el WACC expedido por la CRA. Para tal efecto, se tomará como base el trabajo desarrollado por Cardona *et al.* (2016), en el cual se identifican y contrastan variables macro y microeconómicas, que desde la teoría económica y financiera pueden influir sobre el costo de capital. El punto de partida de este análisis es un modelo en el que el WACC está explicado por una combinación de variables, lo cual se refleja en la siguiente especificación:

$$\text{Ecuación 4. } WACC_{it} = f(\Delta PIB_{it}, DTF_{it}, Inflación_{it}, Ingresos_{it}, deuda_{it})$$

Sin embargo, con base en la idea de que el WACC es fijo para el periodo regulatorio y no tiene la dispersión que deben tener las variables que se incluyen en los modelos econométricos, se modifica el modelo propuesto por Cardona *et al.* (2016) remplazando el WACC por DTF en el periodo de estudio como un proxy.

Así las cosas, el modelo propuesto en este trabajo sería el siguiente:

$$\text{Ecuación 5. } DTF_{it} = f(\Delta PIB_{it}, Inflación_{it}, M1_{it}, \Delta TCR_{it})$$

Tasa de interés (DTF): El Banco de la República define el DTF como “el promedio ponderado de las tasas efectivas de captación de los CDT a 90 días que reconoce el sistema financiero a sus clientes y sirve como indicador de referencia relacionado con el costo del dinero en el tiempo”.

Crecimiento del PIB (ΔPIB): De acuerdo con la información publicada por el Banco de la República, el producto interno bruto (PIB) corresponde al resultado final de la actividad productiva dentro de un país y mide el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales, que son producidos dentro de las fronteras de un país en un periodo determinado.

M1: Corresponde al agregado que se obtiene de la sumatoria del efectivo y los depósitos en cuenta corriente.

Tasa de cambio (ΔTCR): Variación en el índice de tasa de cambio real que utiliza las ponderaciones no tradicionales y el IPP como deflactor, con excepción de Panamá, para el que se utiliza el IPC.

Inflación: Corresponde a la variación del índice de precios al consumidor publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Con base en el hecho de que la tasa de descuento fue definida por la CRA en el año 2014, se plantea un análisis econométrico para una muestra de observaciones trimestrales para el periodo que va desde el 2015-I hasta el 2022-IV, lo cual arroja un total de 32 observaciones. En ese sentido, en la tabla 1 se presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas en el modelo.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables del modelo

Variables	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Skew.	Kurt.
DTF	32	.05	.025	.016	.136	1.637	6.43
Δ PIB	32	.009	.069	-.144	.13	-.586	2.376
Inflación	32	.051	.028	.015	.131	1.227	3.965
M1	32	124000	34659.482	87740.867	183000	.616	1.733
Δ TCR	32	-.001	.026	-.047	.088	1.357	5.901

Fuente: Elaboración propia.

Vale la pena señalar que en el periodo de análisis se encuentran los meses en los cuales el país estaba enfrentando la pandemia del covid-19, que tuvo serios impactos en las economías colombiana y mundial, y por ende, en las variables analizadas. En cifras del Banco de la República, “en 2020 el producto interno bruto se contrajo 6,8 % y el desempleo aumentó a niveles de 15,9 %” (Banrep, 2021).

4. Resultados

4.1 Costo de capital

Una vez realizadas las validaciones requeridas para la estimación del modelo econométrico planteado en el numeral anterior, para el periodo 2016-2022 no se encontró evidencia estadística que corroborara la participación de las variables de crecimiento del PIB M1 y tasa de cambio. La tabla 2 muestra las correlaciones pares entre las variables.

Ahora bien, de la tabla 1 se observa que la única variable que tiene una correlación significativa, es decir, arriba de 0,60, corresponde a la inflación. Sin embargo, para confirmar lo anterior, se realiza la estimación del modelo utilizando una regresión simple a través de mínimos cuadrados ordinarios, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 2. Matriz de correlación entre las variables del modelo

Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) DTF	1.000				
(2) Δ PIB	-0.017 (0.929)	1.000			
(3) Inflación	0.869* (0.000)	0.042 (0.819)	1.000		
(4) M1	0.110 (0.549)	0.105 (0.567)	0.287 (0.112)	1.000	
(5) Δ TCR	-0.144 (0.431)	-0.118 (0.519)	-0.176 (0.337)	-0.260 (0.151)	1.000
*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Modelo de regresión. Frecuencia Trimestral

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DTF _{t-1}				0.8014*** (0.0852)	0.7340*** (0.0771)	0.7297*** (0.0795)
Δ PIB	-0.0154 (0.0331)			-0.0312* (0.0164)	-0.0282 (0.0168)	
Δ TCR	-0.0264 (0.0903)			-0.0492 (0.0442)		
M1	-0.0134 (0.0090)	-0.0132 (0.0085)		0.0067 (0.0050)		
Inflación	0.8031*** (0.0843)	0.8054*** (0.0811)	0.7760*** (0.0807)	0.3884*** (0.0602)	0.4414*** (0.0536)	0.4410*** (0.0554)
Constant	0.1660 (0.1049)	0.1636 (0.0988)	0.0110** (0.0046)	-0.0856 (0.0586)	-0.0064** (0.0030)	-0.0065** (0.0031)
Observations	32	32	32	31	31	31
R-squared	0.7763	0.7739	0.7553	0.9515	0.9447	0.9389

Errores estándar en paréntesis. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de los valores de la probabilidad contenidos en la tabla 3 se presentan las siguientes conclusiones. La columna (1) muestra los resultados de replicar el modelo que previamente fue identificado en la literatura, y propuesto por Cardona *et al.* (2016). En la columna (2) se muestra la estimación del modelo sin las variables Δ PIB y Δ TCR, modelo en el cual la inflación sigue siendo estadísticamente significativa. En el modelo estimado en la

columna (3) se eliminan las variables Δ PIB, M1 y Δ TCR y muestra únicamente la relación entre DTF e inflación, en el cual esta última sigue siendo estadísticamente significativa.

Los modelos estimados en las columnas (4), (5) y (6) presentan estimaciones de la variable DTF rezagada en un periodo, en los cuales la variable inflación sigue siendo estadísticamente significativa. Sin embargo, las variables Δ PIB, M1 y Δ TCR no son estadísticamente significativas a ningún nivel de significancia.

Ahora bien, debido al número reducido de 32 observaciones, que podría generar los problemas asociados con la micronumerosidad, se decide utilizar la serie de datos mensuales de las variables DTF, M1 y Δ TCR, con excepción de Δ PIB que solo está disponible de manera trimestral. De acuerdo con lo anterior, los resultados de los nuevos modelos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Modelo de regresión. Frecuencia Mensual

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DTF _{t-1}				0.9108*** (0.0379)	0.9150*** (0.0372)	0.8870*** (0.0304)
Δ TCR	8.3835 (5.4484)			1.2649 (1.8816)		
M1	-2.6516*** (0.4943)	-2.5560*** (0.4945)		0.2388 (0.2118)	0.2673 (0.2068)	
Inflación	80.6338*** (4.4987)	80.3017*** (4.5313)	74.6711*** (5.0410)	15.7393*** (3.1526)	15.3813*** (3.0965)	17.8163*** (2.4679)
Constant	32.1387*** (5.7456)	31.0507*** (5.7499)	1.3613*** (0.2873)	-3.0411 (2.5013)	-3.3768 (2.4425)	-0.2224** (0.1004)
Observations	84	84	84	83	83	83
R-squared	0.8013	0.7954	0.7280	0.9775	0.9774	0.9769

Errores estándar en paréntesis. *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia.

Las columnas (1), (2) y (3) muestran las estimaciones del DTF en función de las variables Δ TCR, M1 e inflación. En (1) se determina la exclusión de la variable Δ TCR por no ser estadísticamente significativa. En (2) M1 e inflación son significativas a un nivel de significancia de 1%. En (3) se determina una relación significativa entre el DTF y la inflación. En los modelos estimados en las columnas (4), (5) y (6) se incluye el DTF rezagado un periodo,

y de los cuales se concluye que la variable M1 ya no es significativa y que el DTF rezagado en un periodo si lo es.

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 4, se encuentra que la relación entre el DTF y la inflación es positiva, lo cual es congruente con la teoría económica y financiera. De igual manera, la variación de la inflación explica la variación del DTF para niveles de significancia de 1 %. Esto implica que el escenario de inflación de dos dígitos que se ha presentado en el país desde julio del 2022 haya venido acompañado de un aumento del DTF, y por ende, de un aumento en los niveles a los cuales las empresas prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado acceden a recursos de deuda.

Con base en el supuesto inicial del modelo, y con el resultado obtenido al usar el costo de la deuda como proxy del WACC, se puede concluir que para la muestra analizada existe evidencia estadística que soporta que el WACC está afectado por la inflación y que, por ende, también está sujeto a sus variaciones.

4.2 Simulaciones

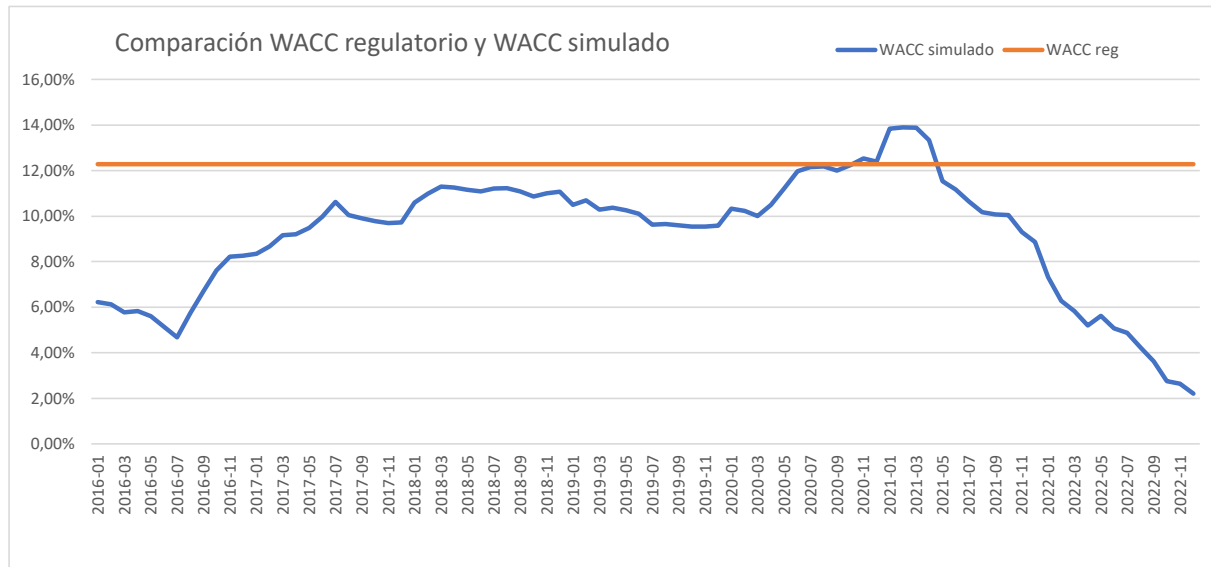
Con el fin de aterrizar las variaciones de las variables que afectan el cálculo del WACC, se lleva a cabo una estimación simulada del WACC a lo largo del tiempo, actualizando algunos de los valores utilizados por la CRA para sus cálculos.

De acuerdo con lo anterior, los valores de beta desapalancado y la tasa de retorno de mercado se obtienen de la página web del profesor Aswath Damodaran de la Universidad de Nueva York (<https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>). El riesgo país se toma del valor a final de año del *spread* del *emerging markets bonds index* (EMBI+) publicado en el sitio web <https://www.invenomica.com.ar/riesgo-pais-emb-america-latina-serie-historica/>. La inflación de Colombia se toma de la página del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (www.dane.gov.co). La tasa libre de riesgo y la inflación de Estados Unidos de América se obtienen del sitio web <https://fred.stlouisfed.org/>.

Para los demás valores, como la tasa de tributación, se tuvieron en cuenta aquellos datos utilizados por la CRA.

A partir del ejercicio planteado se evidencia que en la mayoría de los meses el WACC regulatorio está por encima de los WACC simulados. Esta situación se puede ver más fácilmente en la gráfica 1.

Gráfica 1. Comparación de los WACC regulatorio y simulados



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, para traducir estas cifras en temas tarifarios se utiliza la información de una empresa prestadora de los servicios de acueducto y alcantarillado, a partir de la cual se determina que una reducción de 20 % en el WACC regulatorio genera una reducción en el costo medio de inversión de 15,33 %, lo que a su vez se traduce en una reducción de 9,71 % en el cargo por consumo. Estas variaciones son llevadas a las facturas utilizando las ecuaciones 2 y 3, para analizar un usuario promedio de los estratos de menores ingresos, lo cual arroja una reducción en promedio de 7,44 %, que en cifras monetarias puede corresponder a un valor entre \$2.000 y \$7.000 de ahorro mensual para cada uno de ellos.

Un análisis de sensibilidad de la reducción del WACC y el impacto que tendría en el cálculo del costo medio de inversión, en el cargo por consumo de cada servicio y en la factura se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de sensibilidad por cambios en el WACC

Variación en WACC	WACC	Reducción en CMI	Reducción en cargo por consumo	Variación en la factura
0 %	12,28 %	0	0	0
-10 %	11,05 %	7,85 %	4,97 %	3,81 %
-20 %	9,82 %	15,33 %	9,71 %	7,44 %
-30 %	8,60 %	23,10 %	14,62 %	11,21 %

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados tienen mucha relevancia en el escenario económico actual de una inflación que no cede ante las políticas del Banco de la República y que para septiembre del 2023 se ubicó en 10,99 %, de acuerdo con el informe presentado por el DANE (2023).

5. Conclusiones

Este trabajo analiza el efecto de incorporar variables macroeconómicas en la estimación del WACC regulatorio. En este documento no se valoran ni se califican las tasas de descuento expedidas por la CRA. Se utiliza una muestra del periodo 2016-2022 para estimar la relación entre el WACC y las variables macroeconómicas.

El impacto más significativo que se presenta en la estimación del WACC en los años 2016-2022 está relacionado con las condiciones de la deuda. De acuerdo con lo anterior, debido a los cambios significativos en las variables que determinan la tasa de descuento regulatoria, al replicar el cálculo del WACC para los años 2016-2022, este se ubica por debajo del WACC fijado por la CRA.

Con base en lo señalado anteriormente, la tasa de descuento regulatoria podría revisarse durante la vigencia de las fórmulas de cálculo de las tarifas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, para determinar la necesidad de realizar ajustes. Para eso, es necesario considerar el efecto que podrían tener elevados niveles de deuda con las tasas de endeudamiento que se tuvieron en los meses posteriores a la pandemia.

Desde la regulación económica se pueden evaluar otras opciones para descontar el valor de los proyectos de inversión en el momento de estimación del costo de inversión, con el fin de que

los usuarios de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado se vean beneficiados por los cambios en las variables macroeconómicas que generan disminuciones en el WACC.

Una de las limitaciones del estudio es que no cuenta con datos públicos de los valores de WACC de las empresas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, con los cuales se puedan contrastar los valores del WACC simulados. Además, existen variables, como la tasa efectiva de tributación, que deben ser calculadas para cada una de las empresas, teniendo en cuenta el manejo propio que cada una de ellas les otorga a sus políticas contables y tributarias.

Si bien el costo de la deuda tuvo una disminución en gran parte del periodo analizado, ello no implica que las empresas de acueducto y alcantarillado puedan endeudarse indefinidamente para aprovechar los beneficios del escudo fiscal, ya que al aumentar el nivel de endeudamiento también aumenta el nivel de percepción del riesgo por parte de las entidades financieras, lo que a su vez se traduce en un nivel mayor de las tasas de crédito.

Para futuros estudios se sugiere analizar variables específicas a nivel de cada empresa que permitan evidenciar el impacto de incluir un WACC variable en la estimación del costo de inversión para cada una de las firmas de acueducto y alcantarillado en Colombia.

Referencias

- Averch, H., y Johnson, L. L. (1962). Behavior of the firm under regulatory constraint. *The American Economic Review*, 52(5), 1052-1069. <http://www.jstor.org/stable/1812181>.
- Banco de la República (s. f.). ¿Qué hizo el Banco de la República para enfrentar el impacto de la pandemia en la economía? *Banco de la República*. <https://www.banrep.gov.co/es/medidas-banrep-covid-19-0>.
- Bedoya, J. A., Lanzas, Á. M., y Salazar, H. (2023). WACC for electric power transmission system operators: The case of Colombia. *Energies*, 16(2), 964. <https://doi.org/10.3390/en16020964>.
- Brealey, R. A., y Meyers, S. C. (2003). *Principles of corporate finance*. McGraw-Hill.
- Cardona, D., Gaitán, S., y Velásquez, H. (2016). Variables macroeconómicas y microeconómicas que influyen en la estimación del costo de capital: un estudio de caso. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 25(1), 105-116. <https://doi.org/10.18359/rfce.2657>.
- Chisari, O., et al. (2000). *The cost of capital in regulated firms: The argentine experience*. Centro de Estudios Económicos de la Regulación. Instituto de Economía. Universidad Argentina de la Empresa.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2014). *Documento de trabajo proyecto general. Definición tasa de descuento*.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2014). *Documento de trabajo proyecto general. Costo medio de inversión*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2023). *Boletín técnico. Índice de precios al consumidor*.
- Faccio, M., y Xu, J. (2015). Taxes and capital structure. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 50(3), 277-300. <http://www.jstor.org/stable/43862253>.
- Fainsod, M. (1940). Regulation and efficiency. *The Yale Law Journal*, 49(7), 1191-1211. <https://doi.org/10.2307/792485>.
- Koller, T., Goedhart, M., y Wessels, D. (2015). *Valuation. Measuring and managing the value of the companies*. Wiley.

- Kruger, P., Landier, A., y Thesmar, D. (2015). The WACC fallacy: The real effects of using a unique discount rate. *The Journal of Finance*, 70(3), 1253-1285. <https://www.jstor.org/stable/4361109>.
- Modigliani, F., y Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American Economic Review*, XLVIII(3).
- Modigliani, F., y Miller, M. H. (1963). Corporate income taxes and the cost of capital: A correction. *The American Economic Review*, 53(3), 433-443. <http://www.jstor.org/stable/1809167>.
- Mosquera, A., y Cabezas, C. A. (2021). El efecto escudo fiscal como determinante de la estructura de capital y la generación de valor: un análisis empírico para el mercado colombiano. *Apuntes Contables*, 28, 59-78. DOI: <https://doi.org/10.18601/16577175.n28.04>.
- Narváez, M., y Villegas, L. (2014). *Introducción a la investigación: guía interactiva. Recursos didácticos I*. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>.
- Overesch, M., y Voeller, D. (2010). The impact of personal and corporate taxation on capital structure choices. *FinanzArchiv / Public Finance Analysis*, 66(3), 263-294. <http://www.jstor.org/stable/20839193>.
- Parra, A. (2018). Un acercamiento al costo capital de la empresa: naturaleza y aplicación en las decisiones financieras. *Contexto*, 7, 5-22.
- República de Colombia (1994). Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- Romeijnders, W., y Mulder, M. (2022). Optimal WACC in tariff regulation under uncertainty. *J Regul Econ*, 61, 89-107. <https://doi.org/10.1007/s11149-022-09447-6>.
- Ross, S., Westerfield, R., y Jaffe, J. (2012). *Finanzas corporativas*. McGraw Hill.
- Serrano, J. (2004). *Metodología y estimación del costo promedio ponderado de capital (WACC), para empresas de acueducto y alcantarillado*. Departamento Nacional de Planeación.
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *The Journal of Business*, 39(1), 119-138. <http://www.jstor.org/stable/2351741>.