



## Metodología para cuantificar costos de distribución de agua potable en zonas rurales

## Methodology to quantify costs of distribution of drinking water in rural zones

Carlos Alonso Torres-Navarro <sup>I</sup>, Nelson Malta-Callegari <sup>II</sup>, Rocío Arriagada-Vergara <sup>I</sup>

<sup>I</sup> Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile.

Correo electrónico: [ctorres@ubiobio.cl](mailto:ctorres@ubiobio.cl), [rociarriagadavergara@gmail.com](mailto:rociarriagadavergara@gmail.com)

<sup>II</sup> Universidad Norte do Paraná. Ponta Grossa, Brasil.

Correo electrónico: [nelsoncallegari.prof@gmail.com](mailto:nelsoncallegari.prof@gmail.com)

Recibido: 19 de noviembre del 2017

Aprobado: 14 de diciembre del 2018

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación es diseñar una metodología para cuantificar costos en servicios de distribución de agua potable en zonas rurales a través de camiones aljibe. La investigación ha tenido el carácter exploratorio y descriptivo, abarcó 17 localidades rurales de la comuna de Hualqui, Región del Bío-Bío, Chile. Se analizó principalmente bibliografía seriada relacionada con políticas de distribución de agua potable en zonas rurales, metodologías de ruteo de vehículos y prácticas de transporte de carga. Como resultado se diseñó una metodología que contiene dos etapas, una etapa que identifica información de entrada, y una segunda etapa que identifica costos fijos, variables y totales. Las principales conclusiones indican que es posible determinar costos de distribución de agua potable en localidades rurales a través de camiones aljibe y lograr una mayor eficiencia en la utilización de los recursos públicos.

**Palabras Clave:** camiones aljibe, distribución de agua potable, recursos públicos, zonas rurales.

### ABSTRACT

*The objective of this research is to design a methodology to quantify distribution services costs of water in rural areas. The research carried out was of exploratory and descriptive character nature, and encompassed seventeen rural locations of Hualqui commune, Bío-Bío Region, Chile. It was mainly analyzed serial publication related to drinking water supply policies in rural zones, vehicle routing methodologies and freight transport practices. As a result, a two stages methodology was designed, the first one that identifies input information, and the second the fixed, variable, and total costs. The main conclusions point out the feasibility of cost determination or drinking water distribution in rural locations through tanker trucks and achieve greater efficiency in the management of public resources.*

**Keywords:** *distribution of drinking water, public resources, rural areas, tanker trucks.*

# METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES

## I. INTRODUCCIÓN

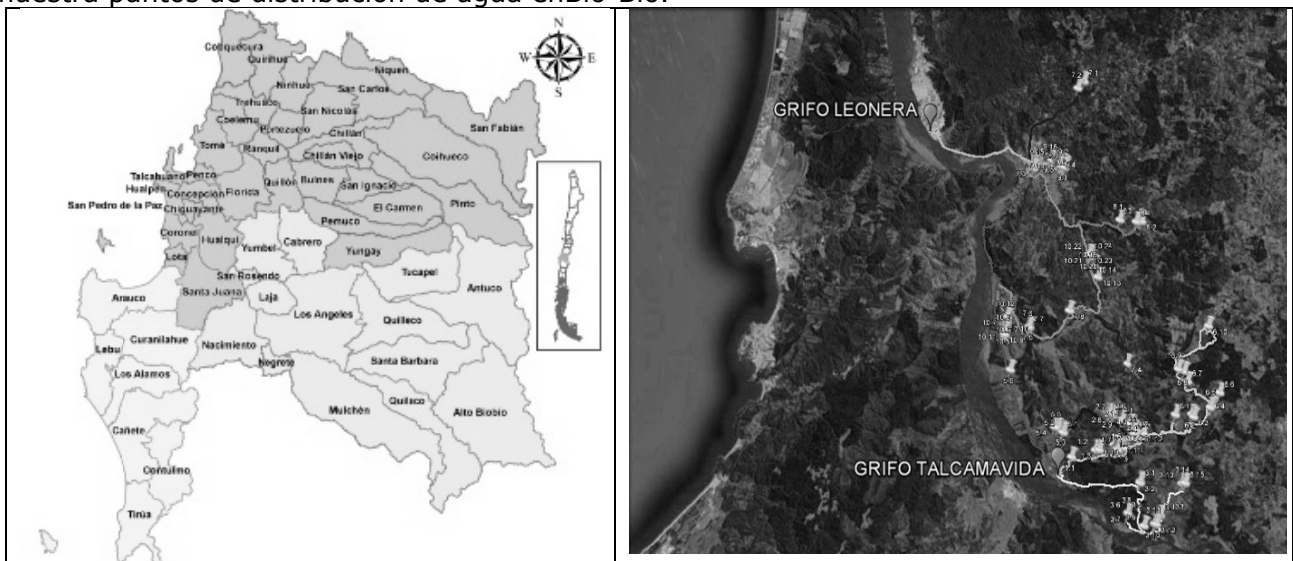
La investigación surge de la oportunidad de mejorar el mecanismo que utiliza una entidad en la evaluación de situaciones de carencia de agua en comunas rurales de Chile, (ONEMI: Oficina Nacional de Emergencia), para asignar recursos económicos a empresas que deban distribuir agua potable en sectores rurales de la región del Bío-Bío, Chile. Las principales actividades las realiza en coordinación con los comités de emergencia de las municipalidades quienes mantienen, entre otros, catastros de las familias afectadas por la falta de agua.

La investigación en cuestión es de carácter exploratoria, dado que no existen indagaciones previas sobre los costos asociados a la distribución de agua potable en sectores rurales. La zona piloto objeto de estudio fue la comuna de Hualqui, que posee una población de 25000 habitantes con 21,2% de población rural, y es representativa entre las comunas rurales de la región del Bío-Bío.

La distribución de agua hacia sectores apartados de los centros urbanos implica la toma de decisiones en un contexto multivariable donde prevalecen factores tales como: costo del combustible, topología del terreno, ubicación y tamaño de las familias, ubicación de centros de aprovisionamiento de agua y diversidad de vehículos de transporte.

El objeto de investigación es la identificación de criterios bajo un enfoque de eficiencia económica para costear actividades de distribución de agua potable en zonas rurales las que principalmente se realizan a través de procesos de licitación reglamentados por la Intendencia Regional respectiva.

En la comuna estudiada la distribución de agua potable se realiza a partir de dos puntos de aprovisionamiento: Leonera y Talcamávida. Desde donde es transportada el agua por medio de camiones aljibe a través de diez rutas, con frecuencias de 2, 3 o 5 veces por semana, y cuyas distancias desde los puntos de aprovisionamiento fluctúan entre 78 y 320 km. La figura 1 muestra puntos de distribución de agua en Bío-Bío.



**Fig. 1.** Región del Bío-Bío y puntos de distribución de agua en sectores rurales, comuna de Hualqui

Fuente: A partir de Informe de ubicación de Comunas, en la Región del Bío-Bío[1]

Cada familia dispone de estanques acumuladores de aguade 500 o 1000 litros facilitados por el municipio según la cantidad de agua requerida y la frecuencia de recorrido del camión. Los requerimientos de agua potable para la población están basados en recomendaciones emanadas desde la Organización Mundial de la Salud y más recientemente definidas en el Proyecto Esfera. Los requerimientos de agua se focalizan principalmente en dos actores, las familias y las escuelas rurales [2; 3].

El costo anual de arriendo de camiones es de aproximadamente US\$ 536000, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla1. Costos de arriendo de camiones aljibe

Tipo de Vehículo	Cantidad	Capacidad	Costo diario	Costo anual
Camión Aljibe	5	8000 a 10000 L	US \$288	US \$374000
Camión 3/4	3	3 000 a 5 000 L	US \$ 208	US \$ 162 000
Total	8	-	-	US \$ 536 000

Las cantidades de agua potable necesarias para el consumo doméstico varían según diversos factores, por ejemplo, el clima, las instalaciones de saneamiento disponible, los hábitos de la población, las prácticas culturales y religiosas, los tipos de alimentos que consumen, etc. En general, las necesidades básicas de agua se encuentran descritas en el Proyecto Esfera el cual es una Carta Humanitaria que contiene normas mínimas de consumo de agua, tales como:

- a) Se debe recolectar diariamente, por lo menos, 15 litros por persona,
- b) debe existir un punto de agua por cada 250 personas,
- c) la distancia máxima desde las viviendas al punto de agua más cercano debe ser 500 metros y
- d) en escuelas se requiere de 2 litros por estudiante, además de 10 a 15 litros si los inodoros son con descarga de agua.

Un detalle sobre la jerarquía de las necesidades de agua de la población, se indican en la Figura 2 [2; 4].

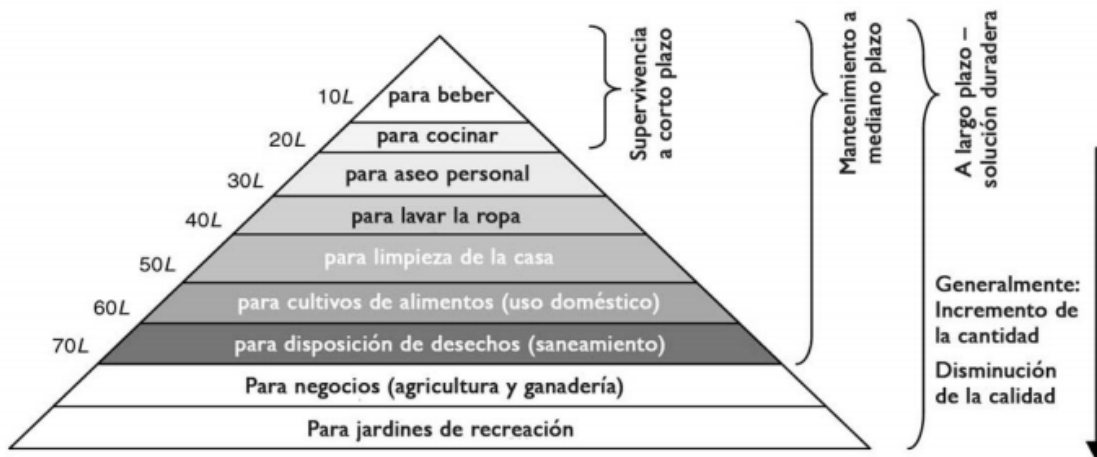


Fig. 2. Jerarquía de las necesidades de agua Fuente: Adaptado de Reed (2013, p 9.1).[5]

El proceso de distribución de agua, en un contexto geográfico, plantea el desafío de encontrar opciones eficientes de planificación de rutas, al respecto. La literatura consultada ofrece diversos enfoques y modelos que abordan problemas de ruteo de vehículos, tales como:

- el modelamiento del vendedor viajero y sus variaciones con la finalidad de encontrar la forma de minimizar el recorrido entre todos los puntos y regresar al punto de partida [6];
- el modelo de ventanas de tiempo que tiene la finalidad de reducir la flota de vehículos,
- los tiempos de viaje y tiempos de espera para abastecer de manera eficiente todos los clientes en un determinado periodo
- modelos de ruteo con múltiples depósitos que permite establecer para cada cliente un lugar de depósito de mercaderías con una asignación exclusiva de vehículos
- modelos con entrega y devoluciones para minimizar la flota de vehículos y la suma de sus tiempos de transporte, y aplicaciones que entregan orientaciones

útiles para evaluar rutas ante transporte de carga de productos perecibles [7; 8; 9; 10].

Los sistemas de información geográfica también ayudan en la organización y optimización de rutas por carretera [11;12;13]. Una estrategia para resolver el problema de ruteo es la utilización de heurísticas para resolver el problema de ruteo de vehículos la cual utiliza optimización combinatoria y programación entera que busca la mejor forma de visitar y surtir a un número de clientes con una flota determinada de vehículos [14;15]. En este mismo ámbito, la revisión bibliográfica permitió conocer las potencialidades del software *Acotram* que es una aplicación informática española, de libre acceso que facilita el cálculo de los costes de explotación para vehículos de transporte de mercancías por carretera [16].

En este mismo sentido, el Ministerio de Fomento de España, a través de su página Web, dispone de un documento técnico donde se presentan diversas fórmulas para identificar ítems de costos en procesos de transporte de carga los que incluso se encuentran incorporados en el software *Acotram* [17].

En Posada y González (2013) se presentan modelos para la estimación del consumo de combustible en vehículos para transporte por carretera, determinándose que el costo por combustible representa entre el 20 % y 60 % de los costos de operación[18].

Arroyo y Aguerrebere (2002) presenta un procedimiento para la estimación de costos de operación de vehículos representativos del tránsito interurbano en función del alineamiento geométrico y del estado superficial de las carreteras, sin embargo, no engloba el transporte rural, en caminos de tierra[19].

En Rafael y Cervantes (2002) y en Rafael, Lozano y Cervantes (2009) se presentan útiles resultados sobre el impacto que ocasiona la conducción eficiente sobre el consumo de combustible. Por ejemplo, se señala que la conducción técnica eficiente puede alcanzar "un ahorro en el consumo de combustible del 40 por ciento, un aumento del rendimiento del motor del 66 por ciento y una reducción del uso del embrague y frenos en 44 y 41 por ciento respectivamente" ([20; 21]. En Márquez y Cantino (2011) y en Ruiz (2011) se presentan orientaciones para organizar procesos de costeo para actividades de transporte de carga por carretera y, en Correa et al (2010).Se identifican factores operacionales significativos en el transporte de carga por camiones que inciden en la rentabilidad económica de una empresa al analizar opciones de transporte a través del uso de técnicas de diseño de experimentos[22; 23; 24].

Finalmente, el objetivo general de es proponer una metodología para valorizar de manera más eficiente un servicio de distribución de agua potable en zonas rurales a través de camiones aljibe.

## **II. MÉTODOS**

La investigación realizada fue de carácter exploratorio y descriptivo. Por una parte, es exploratoria porque examina un problema poco estudiado y existe el interés de una organización pública relevante en el país para investigar metodologías eficaces de costeo de procesos de distribución de agua potable en zonas rurales bajo un enfoque de eficiencia en el uso de los recursos.Por otra parte, es descriptiva porque busca especificar propiedades y características importantes que permiten medir y recopilar información de manera independiente en beneficio de un segmento de una población comunal.

Para efectos de recopilación de datos de campo se utilizaron bases de datos con acceso *online*, tales como: SciELO, Dialnet y Scopus. Se recopiló información a través del seguimiento *in situ* del proceso de distribución de agua durante una semana, con la finalidad de conocer de manera objetiva los detalles del proceso de distribución en las diversas localidades rurales de la comuna.

Las unidades que apoyaron y aportaron valiosa información fueron las siguientes: la Dirección de Oficina Nacional de Emergencia Regional, el Departamento de Recursos Hídricos de la Intendencia Regional, el Comité de Emergencia de la Municipalidad de Hualqui, además, del personal de la empresa transportista y familias receptoras del servicio de aprovisionamiento de agua.

Las principales actividades que se desarrollaron, se describen a continuación:

- a) Revisión bibliográfica de documentos de la Organización Mundial de la Salud y Proyecto Esfera para conocer las directrices a tener en cuenta para el suministro de agua a través de camiones aljibe de modo de garantizar cantidad y calidad del suministro considerando perfil de los grupos familiares y estacionalidades del año [2; 3].

- b) Identificación de los recursos operacionales, revisión de los contratos vigentes y monitoreo *in situ* del proceso de distribución de agua en zonas rurales de la comuna de Hualqui. [17] La figura 2 presenta las localidades rurales y distancias de los puntos de origen.
- c) Identificación de características geográficas y sociales de los puntos de distribución de agua en zonas rurales.
- d) Revisión de los precios sociales para transporte de agua vigente en el país. [25]
- e) Cuantificación de costos operacionales a través de la utilización del software Acotram y VRPSolver. [17; 26; 27].

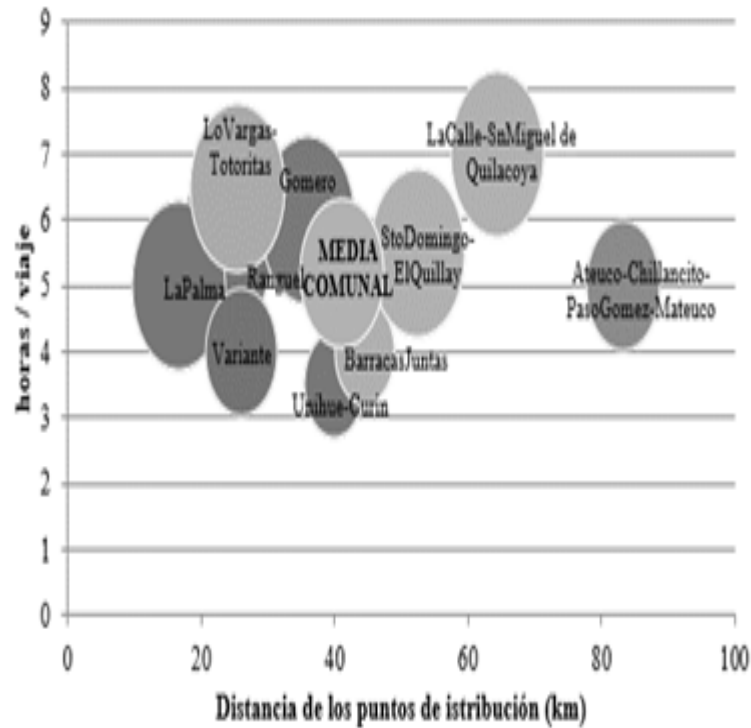


Fig. 2. Distribución de las localidades y distancia de puntos de origen

### III. RESULTADOS

La metodología para cuantificar un servicio de distribución de agua potable en zonas rurales a través de camiones aljibe se puede organizar en función del desarrollo de dos etapas, como se indica en la Tabla 2. Una etapa con la finalidad de disponer de información de entrada y que aborda ocho ámbitos de interés, y una segunda etapa cuya finalidad es cuantificarlos costos fijos, costos variables y costos totales asociados al proceso de distribución de agua.

## METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES

**Tabla 2.** Metodología para cuantificar costos de distribución de agua potable rural

Etapas	Ámbito de acción	Descripción	
1	1.1 Exigencias reglamentarias y sanitarias	- Disponer de los requerimientos reglamentarios, administrativos y sanitarios involucrados en el transporte y aprovisionamiento de agua para las localidades rurales, tales como: exigencias legales, frecuencias de distribución en localidades, reglamentación sanitaria respecto de cantidad y calidad del agua para su distribución.	
	1.2 Red geográfica y social	- Disponer de información sobre las características topográficas de las rutas de distribución de agua, puntos de aprovisionamiento y entrega de agua, cantidad de familias por atender, distancias diarias por recorrer.	
	1.3 Vehículos	- Disponer de información sobre la cantidad y características técnicas de la flota de vehículo aljibe, tales como: capacidad del estanque de agua, tipo de motor, tracción, potencia, carga útil, características y costos de neumáticos, entre otros.	
	1.4 Equipos Auxiliares	- Disponer de información técnica de equipos complementarios que intervienen en el procesos de abastecimiento de agua, tales como: características de las motobombas, mangueras, abrazaderas, herramientas mecánicas y equipamiento de seguridad.	
	1.5 Personal	- Disponer de los ítems de costos asociados al personal de conducción, tales como: sueldo bruto, imposiciones, bonificaciones y demás obligaciones previsionales y laborales.	
	1.6 Importes legales	- Disponer de información relativa a costos legales para la circulación de vehículos, tales como: revisión técnica, seguro obligatorio de accidentes personales, permisos de circulación, cumplimiento de exigencias de Sanitización y desinfección de los estanques de cada vehículo, derechos de estacionamiento, etc.	
	1.7 Transporte	- Disponer de los parámetros operacionales para el transporte de agua, tales como: consumos de combustible, aceite y neumáticos, costos de mantenimiento y reparaciones, etc.	
	1.8 Soporte técnico	- Disponer de los mecanismos de cálculo para determinar los costos operacionales de transporte y los criterios de asignación de rutas para el aprovisionamiento de agua potable en las zonas rurales bajo criterios de eficiencia[17]	
2	2.1 Costos fijos de administración (CFA)	- Determinar la cuantía de los costos fijos de administración que intervienen en el proceso de distribución de agua potable, tales como: arriendo de oficinas, cuentas básicas telefonía e internet, depreciación, gastos de administración, gastos de oficina, obligaciones financieras, seguros, sueldos, obligaciones legales y previsionales.	
	2.2 Costos fijos de agua (CFAgua)	- Determinar los costos por concepto de compra de agua potable a los proveedores involucrado.	
	-	2.3 Costos variables (CV)	- Determinar la cuantía de los costos variables que intervienen en el proceso de distribución de agua potable, tales como: combustible, lubricantes, neumáticos, mantenciones, reparaciones.
		Costos totales (CT)	- Determinar los costos totales anuales de distribución de agua potable más los costos de compra de agua a proveedores

La expresión para los costos totales anuales ( $t$ ) de compra y distribución de agua potable, se indica en la ecuación 1.

$$CT_t = \sum CFA_t + \sum CFA_{agua_t} + \sum CV_t \quad (1)$$

Donde:

$CFA_t$ : Costos Fijos de Administración, en el periodo  $t$ .

$CFA_{agua_t}$ : Costo Fijos de Abastecimiento de Agua, en el periodo  $t$ .

$CV_t$ : Costos Variables, en el periodo  $t$ .

$CT_t$ : Costo Total, en el periodo  $t$ .

La aplicación de la metodología al proceso de distribución de agua potable a través de camiones aljibe se aplicó un año en la comuna de Hualqui. Se obtuvo un valor estimado anual, de US \$ 279.084, lo que indica que el costo de la empresa contratista para el año 1 se encontraría sobre evaluado en aproximadamente un 50,5% respecto del valor licitado, como se indica en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Determinación de costo anual de distribución de agua

Ítem de costo	Costos Contratista (US \$)	Costo Licitado (US \$)
Costos fijos	88 483	175 332
Costos Variables	185 052	366 687
Costos de Agua	5 550	10 997
Costos Totales	279 084	553 016

#### IV. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación fue diseñar una metodología que permita cuantificar de manera más eficiente un servicio de distribución de agua potable en zonas rurales a través de camiones aljibe en localidades rurales de una región del país.

La principal contribución es la definición de una metodología conformada por dos etapas. La primera etapa distingue la necesidad de disponer de diez tipos de información, y la segunda etapa identifica los siguientes costos: costos fijos de administración, costos fijos de abastecimiento de agua, costos variables y costos totales.

La característica principal de la metodología es la utilización de criterios y enfoques contables, geográficos y de ingeniería industrial para organizar la identificación de etapas que deben considerarse en procesos de distribución de agua a través de camiones aljibe para conocer un costo total representativo en actividades de distribución de agua en sectores rurales.

La aplicación de la metodología en la comuna de Hualqui, objeto de estudio, permitió reconocer la brecha existente entre el precio licitado por el servicio y la estimación de los costos operacionales para el mismo servicio. Lo anterior permitiría, en el futuro, lograr una asignación de recursos más eficiente al disponer de una metodología de costeo más precisa.

La propuesta metodológica se fundamentó en la realización de una revisión bibliográfica, tanto de revistas seriadas como disposiciones reglamentarias (reglamentos, guías, resoluciones y decretos oficiales, etc.) para el transporte de agua. Se identificaron criterios y orientaciones para organizar procesos de costeo, identificar ítems de interés en actividades de transporte de carga, criterios de eficiencia para planificar rutas y reconocer soportes informáticos para analizar y determinar costos fijos y variables. Por otra parte, la comparación entre los valores establecidos para el servicio y los obtenidos al aplicar la metodología propuesta revelan que el margen de utilidad del transportista excede, al menos, en un 50%. Un elemento que contribuye en este margen, en beneficio del transportista, es por ejemplo, que la valorización actual por concepto de arriendo de vehículos excede el parámetro por concepto de precios sociales establecido en el país para este tipo de actividades.

En el proceso de revisión bibliográfica no se encontraron aplicaciones específicas asociadas a procesos de distribución de agua potable en sectores rurales donde priman variadas condiciones geográficas (caminos de ripio, pendientes, estrechez de rutas, ubicación de puntos de aprovisionamiento y entrega de agua, etc.). Factores que condicionan el rendimiento de los vehículos de transporte y la rentabilidad de la empresa involucrada.

Los resultados obtenidos se respaldan en un trabajo de campo que permitió cubrir la totalidad de las rutas de distribución de agua, pero se advierte que no se disponía de una bitácora de viajes

## METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES

---

histórica de todos los vehículos que permitiese conocer y analizar el proceso de distribución a nivel de detalle y durante todo un año de operación.

Los resultados obtenidos permitirán potenciar el actual proceso de costeo de actividades de distribución de agua de manera más explícita y completa debido a que están soportados por el análisis y utilización de diversos antecedentes técnicos e ingenieriles que han sido utilizados en contextos de transporte de carga en escenarios similares.

La metodología propuesta es confiable porque está soportada por un trabajo de campo que comprendió conocer las características geográficas y sociales de todas las rutas y punto de distribución de agua potable de una comuna rural. Los resultados se soportan en una rigurosa revisión bibliográfica que permitió incorporar elementos relevantes a tener presente para costear un proceso de distribución de agua potable a través de camiones aljibe. La revisión bibliográfica permitió reconocer aportes novedosos para procesar datos, organizar una función de costos, facilitar el cálculo de los ítems de costos fijos y variables. Se identificaron herramientas modernas para determinar costos y analizar opciones de ruteo alternativos y, además, identificar mejores prácticas para la conducción eficiente de camiones.

Por otra parte, del análisis de los resultados y prácticas observadas se deduce que los volúmenes de agua distribuidas a las familias exceden notoriamente las cantidades recomendadas por la Organización Mundial de la Salud. Por ejemplo, la cantidad promedio de agua suministrada a las familias excede aproximadamente tres veces lo recomendado por esta organización.

### V. CONCLUSIONES

1. El principal aporte de los resultados es ofrecer a una entidad gubernamental, que tiene bajo su tutela la toma de decisiones sobre la distribución y asignación de recursos para la distribución de agua en sectores rurales. Una herramienta metodológica para cuantificar de mejor forma los recursos que implica entregar un servicio de distribución de agua potable en zonas rurales.
2. La característica principal de la metodología utilizada es la utilización de criterios y enfoques contables, geográficos y de ingeniería industrial para organizar la identificación de las etapas. Características que deben considerarse en procesos de distribución de agua potable a través de camiones aljibe, la cuantificación de los respectivos costos fijos y variables involucrados para deducir un costo total representativo y la capacidad de poder simular opciones de distribución de agua.
3. La metodología y criterios de costeo de actividades propuesta pueden replicarse en otras comunas y regiones del país con la finalidad de cuantificar de manera más eficiente el real costo de los servicios de suministro de agua en zonas rurales ante procesos de licitación de tales servicios.
4. Los resultados demuestran que es posible estructurar una metodología en base a dos etapas. Donde la primera etapa identifica información de entrada para un efectivo proceso de costeo del servicio, y una segunda etapa, que permite cuantificar los costos fijos, costos variables y costos totales asociados al proceso de distribución de agua.
5. Se recomienda, a nivel de toma de decisiones de la ONEMI, utilizar esta metodología de cuantificación de costos con la finalidad de replicar esta metodología en otras comunas de la región con la finalidad de verificar brechas entre los costos licitados y costos reales de operación en la entrega de servicios de distribución de agua en zonas rurales. 🇨🇱

### VI. REFERENCIAS

1. Seremi de Salud. Distribución de comunas según límites provinciales. 2011. [Citado: 2017-10-10]. Disponible en: [http://www.seremidesaludbiobio.cl/epidemiologia/zoom/limite\\_provincial.html](http://www.seremidesaludbiobio.cl/epidemiologia/zoom/limite_provincial.html)
2. Kayser GM, P; Fonseca, C; Bartram, J. Domestic Water Service Delivery Indicators and Frameworks for Monitoring, Evaluation, Policy and Planning: A Review. Int J Environ Res Public Health. 2013;10(10):4812-35. ISSN 1661-7827.
3. Zhu N, et al. Bridging e-Health and the Internet of Things: The SPHERE Project. IEEE Intelligent Systems. 2015;30(4):39-46. ISSN 1541-1672.
4. García CC, J.; Hernández, J.; Lena, L.; Montero, M. Y Bustos, J. . Actitudes, consumo de agua y sistema de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable. Polis. 2013;12(34). ISSN 0718-6568.
5. Reed Be. Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. UK:



- Loughborough: Water, Engineering and Development Centre Loughborough University; 2013. ISBN 9781843801528.
6. Gracia MDM, J.; Casanova, L. . Análisis computacional de los problemas del vendedor viajero y patrones de corte. *Revista Ingeniería y Tecnología*. 2015;16(1). ISSN 1405-7743.
  7. Taş D, Dellaert N, Van Woensel T, et al. Vehicle routing problem with stochastic travel times including soft time windows and service costs. *Computers & Operations Research*. 2013;40(1):214-24. ISSN 0305-0548.
  8. Serna M, D.; Cortes, J.A.; Sepúlveda, D. G. Modeling the inventory routing problem (IRP) with multiple depots with genetic algorithms. *IEEE Latin America Transactions*. 2015;13(12). ISSN 3959-3965.
  9. Arcos AM, A.; Villada, C. Evaluación de rutas para el transporte de productos perecederos en el sector rural. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2008;6(2). ISSN 1692-3561.
  10. Sanjuan D, et al. Environmental assessment of drinking water transport and distribution network use phase for small to medium-sized municipalities in Spain. *Journal of Cleaner Production*. 2015;87(15):573-82. ISSN 0959-6526.
  11. Buzai GD, Baxendale CA. *Actas I Congreso Internacional sobre Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica*. Alcalá, España: Universidad de Alcalá de Henares; 2010. ISBN 978-84-8138-920-3.
  12. Rodrigues M. Representing coastal land use in the island of Gran Canaria. *Journal of Maps*. 2015;12(2):311-5. ISSN 1744-5647.
  13. Sandoval LR, J; Flores, Z; Juárez, A. Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental Instituto Politécnico Nacional*. 2013 (1). ISSN 1680-0338.
  14. Flores JÁ, M. Alternativa heurística MCM para problemas de ruteo de vehículos. *INGE CUC*. 2013;9(2):52-7. ISSN 2382-4700.
  15. Groër C, Golden B, Wasil EA. Library of local search heuristics for the vehicle routing problem. *Mathematical Programming Computation*. 2010;2(2):79–101. ISSN 1867-2957.
  16. Castanedo J, al e. Efficient route of freight transport by road, evaluated with Innotransmer. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014 (160): 634 – 43. ISSN 1877-0428.
  17. Regue R, Bristow A. Appraising Freight Tram Schemes: A Case Study of Barcelona. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. 2013 (1). ISSN 1667-7141.
  18. Ministerio de Fomento Español. Asistente para el Cálculo de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera. 2015. [Citado: 2017-10-10]. Disponible en: [http://fomento.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/DIRECCIONES\\_GENERALES/TRANSPORTE TERRES/TRE/SERVICIOS\\_TRANSPORTISTA/DESCARGA\\_SOFTWARE/Acotram.htm](http://fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_TERRES/TRE/SERVICIOS_TRANSPORTISTA/DESCARGA_SOFTWARE/Acotram.htm)
  19. Posada J, González C. Consumo De Combustible En Vehículos Para Transporte Por Carretera – Modelos Predictivos. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*. 2013;12(23). ISSN 2248-4094.
  20. Tolley R, Turton R. *Transport systems, policy and planning: a geographical approach*. Routledge Taylor&Francis Group. ISBN 978-0-582-00562-4.
  21. Betanzo E, Romero J, Obregon S. Un referencial para evaluar la gestión pública en transporte urbano de carga. *Gest polít Pública*. 2013;22(2):313-54. ISSN 1405-1079.
  22. Rafael M, Lozano A, Cervantes J. Reducción del consumo de combustible aplicando la conducción técnica: Caso de estudio. 2009 En: *Memorias del XV Congreso Internacional Anual de la SOMIM*. Sonora (México). p. ISBN 978-607-95309-1-4.
  23. Márquez L, Cantino V. Evaluación de los parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*. 2011;29(2): 286-307. ISSN 0122-3461.
  24. Ruiz JM. *El transporte por carretera*. 2 ed. Barcelona (España): Marge Books; 2011. ISBN 978-84-15340-01-0.
  25. Correa A, Cogollo J, Salazar JC. Evaluación del efecto de la conducción eficiente en el consumo de combustible en vehículos de transporte de carga pesada usando diseño de experimentos. *Producción + Limpia*. 2010;5(1):95-104. ISSN 1909-0455
  26. Guajardo M, Aguilera M, Andalaf A. Evaluación socioeconómica de proyectos con el método de Opciones Reales. *Revista Ingeniería Industrial*. 2014;7(2). ISSN 0717-9103.
  27. Synder L. *Software VRP Solver versión 1.3*. 2015. [Citado: 2017-10-10]. Disponible en: <http://coral.ie.lehigh.edu/~larry/software/vrp-solver/>
  28. Muñoz E. Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El hombre y la máquina*. 2009 (32). ISSN 0121-0777.