

1020001-S-2025-039486

Bogotá, 07 de febrero de 2025

Doctora
LUZ ANGÉLICA VIZCAÍNO SOLANO
Secretaria General de Organismo de Control
CONCEJO DE BOGOTÁ
Calle 36 No. 28 A- 41
secretariageneral@concejobogota.gov.co
Bogotá, D.C.

CONCEJO DE BOGOTA 07-02-2025 03:54:32

2025ER3103 O 1 Fol:1 Anex:0

ORIGEN: EMPRES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA/NA'

DESTINO: SECRETARIA GENERAL/VIZCAINO SOLANO LUZ ANGELICA

ASUNTO: RESPUESTA PROPOSICION 168-2025 - ACUEDUCTO

OBS: ---

Asunto: Respuesta oficio No. 2025EE1554 con radicado EAAB-ESP No. E-2025-010951, sobre Proposición No. 168/2025 "Balance de Ejecución Plan de Desarrollo Bogotá 2024".

Respetada doctora Luz Angélica:

En atención al oficio del asunto, mediante el cual remite el cuestionario de la Proposición No. 168 de 2025 aprobada en la sesión de la Plenaria, el 29 de enero de 2025, cuyo tema es: "Balance de Ejecución Plan de Desarrollo Bogotá 2024", presentada por los honorables concejales Donka Atanassova Iaquimova, Rocío Dussán Pérez y Quena Ribadeneira Miño, de la Bancada Partido Político Polo Democrático Alternativo; por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – ESP (EAAB-ESP) se da respuesta en lo que compete, en los siguientes términos:

Acueducto de Bogotá

- 1. "¿En cuánto han descendido los metros cúbicos del embalse de Chuza y San Rafael?, responda de manera mensual en una gráfica desde enero de 2024 hasta enero del 2025".**

Respuesta:

Los Embalses del Sistema Chingaza (Chuza y San Rafael) desde el primer trimestre de la vigencia 2024 iniciaron un descenso significativo el cual se acentuó en el mes de abril, mes en el cual se implementó el primer esquema de racionamiento el día 11 de abril de 2024, donde se registró un volumen total de almacenamiento de 47.350.000 m³ y una tendencia a la baja con un déficit puntual respecto al día anterior de 490.000 m³.



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

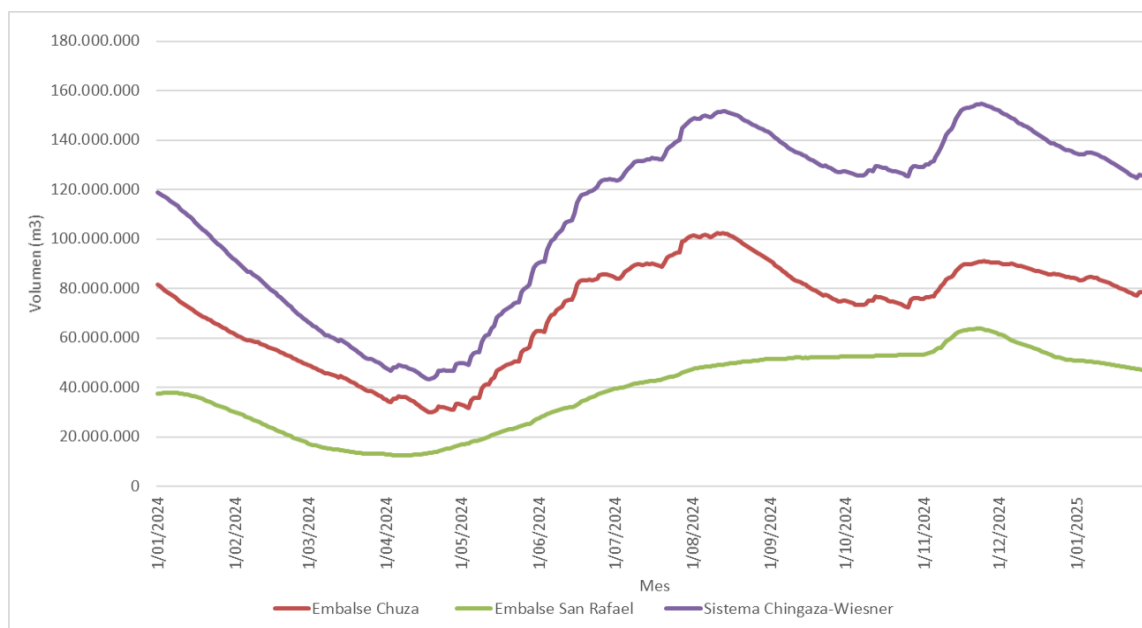
MPFD0801F02-05





A las 24 horas del 30 de enero de 2025, el volumen de Chuza fue de 78.270.000 m³ y el de San Rafael fue de 46.470.000 m³, para un total de 124.740.000 m³, lo que representa un aumento de 77.390.000 m³ respecto al primer día de racionamiento y un 43,01% del volumen útil de los Embalses del Sistema Chingaza.

A continuación, se ilustra el comportamiento del volumen almacenado de los Embalses del Sistema Chingaza, estando en este momento alejados de alertas como se tenía el año pasado, cuando para el 15 de enero de 2024, ya se iniciaba la alerta amarilla, con la cual generó la toma de medidas de aumento de caudal de la Planta Tibitoc, preparación de la Planta Vitelma, las campañas de ahorro y buen uso del agua y la disminución del caudal tratado por la Planta Wiesner.



Mes	2024			2025		
	Chuza	Rafael	Chuza + San Rafael	Chuza	Rafael	Chuza + San Rafael
Enero	61.960.000	30.350.000	92.310.000	78.270.000	46.470.000	124.740.000
Febrero	49.320.000	17.810.000	67.130.000			
Marzo	35.530.000	13.030.000	48.560.000			
Abril	33.290.000	16.540.000	49.830.000			
Mayo	62.650.000	27.160.000	89.810.000			
Junio	85.020.000	39.110.000	124.130.000			
Julio	101.120.000	46.900.000	148.020.000			
Agosto	91.920.000	51.460.000	143.380.000			
Septiembre	75.050.000	52.440.000	127.490.000			
Octubre	75.770.000	53.230.000	129.000.000			
Noviembre	90.430.000	61.970.000	152.400.000			
Diciembre	84.150.000	50.940.000	135.090.000			

Volúmenes en m³



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



2. “¿Cuál es el estimado de niveles de los embalses para el 30 de marzo?”

Respuesta:

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) comparte sus pronósticos y predicciones para la Sabana de Bogotá y el Páramo de Chingaza de manera periódica, de acuerdo con el informe de predicción climática a corto, mediano y largo plazo en Colombia del mes de noviembre de 2024, el pronóstico actual se define como “Se prevé un favorecimiento de condiciones La Niña desde el trimestre octubre-noviembre-diciembre/24 (probabilidad de ocurrencia del 71%) hasta el trimestre enero-febrero-marzo/25 con una probabilidad del 60%; posiblemente alcanzando su fase de madurez en el trimestre noviembre-diciembre-enero con una probabilidad del 74%. “, por lo tanto, hasta el momento no se podría establecer cuál será el periodo de ocurrencia exacta para las precipitaciones que se requieren para aumentar los niveles de los embalses, en especial los del Sistema Chingaza.

No obstante, de conformidad con las proyecciones hidrológicas de la EAAB-ESP bajo el escenario crítico de que se presenten el 50% de las afluencias y se mantenga la media de restricción del servicio se tendría previsto finalizar el mes de abril con un volumen en Chuza cercano a 50.000.000 m³ el cual estaría por encima de la curva guía del embalse que es de 40.000.000 m³.

3. “¿Cuáles son las acciones para mitigar el efecto de agua no contabilizada, ¿cuánta agua tenemos no facturada? y ¿cuál es la meta de reducción de la misma? Sírvase hacer una gráfica de agua no contabilizada desde enero del 2020 hasta enero del 2025”

Respuesta:

La EAAB-ESP, mediante el Acuerdo 169 del 14 de diciembre de 2023, creó la Gerencia Corporativa Analítica y Pérdidas que tiene entre sus objetivos realizar la caracterización de las pérdidas de agua potable identificando sus causas técnicas y comerciales, y su incertidumbre, así como proponer los mecanismos de seguimiento, monitoreo, control y reporte que permitan cuantificarlas y prevenirlas de forma oportuna. En este proceso de la caracterización de las pérdidas de agua se está trabajando en la actualización de la Norma que trata de la Gestión Económica de Pérdidas e Indicadores Asociados. De igual forma, dicha Gerencia Corporativa está liderando la formulación del Plan Maestro para la Gestión Integral de Pérdidas de la Empresa que permitirá conocer de forma más detallada la caracterización de las pérdidas de agua potable, el nivel económico de pérdidas -NEP- de la Empresa, y la revisión del cálculo del Balance Hídrico entre otros aspectos que van a permitir fortalecer las metodologías que hoy se están utilizando para la estimación de las pérdidas y su reducción.

Los indicadores de pérdidas que se han manejado en la Empresa son el Índice de Agua no Contabilizada – IANC- y el Índice de Pérdidas por Usuario Facturado - IPUF. A continuación, se muestra la evolución del Índice de Agua No Contabilizada -IANC- para Bogotá durante los últimos 5 años. Se observa una disminución de este indicador posterior a 2021. El IANC de Bogotá para septiembre de 2024 está calculado en 37,74%.



SC701-1

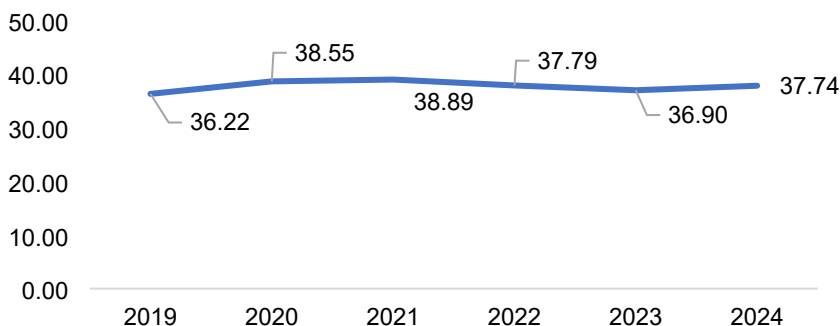
Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05





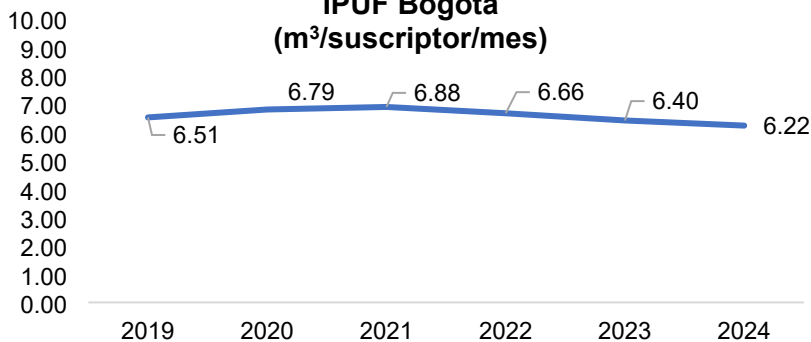
IANC% Bogotá



Fuente: Gerencia Corporativa de Planeamiento y Control
El dato de 2024 es el acumulado a septiembre
Método Prorrrateo

Sin embargo, de acuerdo con la metodología tarifaria vigente para el servicio público de acueducto, en el cálculo tarifario se reconoce un nivel de pérdidas eficiente medido a través del Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado -IPUF-, el cual representa el volumen de pérdidas de agua por suscriptor facturado por la Empresa, expresado en m³/suscriptor/mes, esto de acuerdo con la Resolución CRA 943 de 2021. El estándar definido por la regulación, es un IPUF ≤ 6 m³/suscriptor/mes y se establece una gradualidad para el logro de esta meta, reconociendo que las empresas deben incurrir en una serie de inversiones y acciones, planificadas y desarrolladas secuencialmente, con el propósito de disminuir gradualmente la brecha entre el nivel de pérdidas que tiene el prestador y el nivel de pérdidas eficiente establecido por la regulación, por lo que reducir el volumen de pérdidas a niveles eficientes, tiene como propósito generar una señal para que los prestadores realicen una gestión que permita la disminución hasta niveles óptimos. En este sentido, y para mayor claridad del estado de las pérdidas de agua potable en la Empresa, el IPUF para Bogotá, como la expresión establecida en la regulación vigente por la CRA para monitorear las pérdidas de agua, ha presentado el comportamiento que se presenta en la siguiente gráfica en el periodo 2019 a septiembre de 2024:

IPUF Bogotá (m³/suscriptor/mes)



Fuente: Gerencia Corporativa de Planeamiento y Control
El dato de 2024 es el acumulado a septiembre
Método Prorrrateo.



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



Ahora bien, para reducir las pérdidas de agua en la red de distribución del Acueducto de Bogotá se han previsto, entre otras, las siguientes acciones:

1. Estructuración y ejecución de un Plan Maestro para la Gestión Integral de Pérdidas, consultoría mediante la cual se busca definir los proyectos y cuantificar las inversiones necesarias para garantizar que en el periodo 2026 a 2031 se logre reducir el IPUF empresarial hasta alcanzar el nivel económico de pérdidas. Este proyecto fue contratado en diciembre de 2024 con la Universidad de Los Andes e inició su ejecución en enero de 2025. Dado que cuenta con un plazo de nueve (9) meses, los productos definidos estarán disponibles en el último trimestre del año, para con base en estos, iniciar la estructuración detallada y contratación de las alternativas o proyectos priorizados como estratégicos para la gestión integral de pérdidas en la ciudad.
2. Con base en un proyecto estructurado en 2024 y que actualmente se encuentra en proceso de invitación pública, se prevé que durante el 2025 se iniciará la ampliación y renovación de equipos de macromedición en distritos hidráulicos, con el que se busca aportar al proceso de monitoreo de caudales en la red menor de acueducto, para optimizar la definición de zonas críticas en términos de pérdidas, así como orientar el proceso de detección de fugas en campo mediante la cuantificación de caudales mínimos nocturnos y anomalías en los patrones de demandas.
3. En el primer semestre de 2025 se espera finalizar la estructuración y contratación de un proyecto de renovación de equipos de micromedición, que busca contribuir a disminuir las pérdidas comerciales del sistema, al contar con una mejor cuantificación de los volúmenes suministrados a los usuarios, así como a garantizar una disminución de los errores de submedición de los equipos actuales.
4. Como parte del Memorando de Entendimiento que firmó la EAAB - ESP y la Embajada de Dinamarca, actualmente se están desarrollando dos programas orientados a la optimización de la búsqueda sistemática de fugas y la gestión de activos para la reducción de pérdidas de agua, con asesoría de la empresa HOFOR de Copenhague. En el primer semestre de 2025 se ejecutarán unas pruebas piloto en dos (2) distritos hidráulicos de la ciudad, en donde se capacitará a personal operativo de la Empresa en actividades de búsqueda sistemática de fugas en campo, por parte de personal operativo de la empresa HOFOR de Dinamarca. Así mismo, se recopilará y analizará información topológica, hidráulica y operativa, para ser implementada en un modelo de gestión de activos que está siendo desarrollado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP, y que busca optimizar la toma de decisiones empresariales respecto a la renovación de tuberías y accesorios, buscando minimizar los volúmenes perdidos por fugas no visibles.
5. La EAAB-ESP cuenta con un Plan de Reducción de Pérdidas, conforme a lo dispuesto en la Resolución CRA 943 de 2021, definido para un período de 5 años. El Plan actual está orientado a desarrollar al año 2028 actividades de control y reducción de las pérdidas de agua y alcanzar el estándar de eficiencia, las cuales se encuentran clasificadas en tres ejes estratégicos: 1. Gestión de la información, 2. Pérdidas comerciales o aparentes y 3.

Pérdidas físicas o técnicas, que de acuerdo con el seguimiento realizado registra a diciembre de 2024 un nivel de cumplimiento cercano al 80% de las metas fijadas para esa vigencia. De estas acciones se destacan la actualización del catastro de redes, la medición inteligente del agua para grandes clientes, la búsqueda y reparación de fugas no visibles, la renovación de redes de acueducto y acometidas, el control y disminución de los predios que no facturan, el cambio de micromedidores, la facturación de totalizadores en unidades inmobiliarias cerradas, la recuperación de consumos dejados de facturar por conexiones no autorizadas o manipulación de los equipos de medida y la identificación de usuarios no facturados en polígonos en desarrollo de la ciudad para vincularlos al ciclo de facturación denominado ciclo i.

6. De forma permanente se desarrollan actividades de recuperación de consumos dejados de facturar, que involucran actividades de análisis, investigación y ejecución operativa para identificar y tratar anomalías de consumos de usuarios, así como las gestiones comerciales, administrativas o jurídicas para recuperar los metros cúbicos involucrados en las anomalías identificadas. A diciembre de 2024, se ejecutaron 6.986 visitas en campo, y producto de este trabajo y de los trámites comerciales, administrativos y jurídicos para aquellos casos efectivos con anomalías, se gestionó la recuperación de 4,05 millones de metros cúbicos.

Ahora bien, respecto a las metas e indicadores, estas se encuentran alineadas con el Plan de Desarrollo Distrital (Acuerdo 927 de 2024) “Bogotá Camina Segura”, el cual estableció en el Objetivo 4. “Bogotá ordena su territorio y avanza en su acción climática” como una de las metas estratégicas, la reducción del Índice de pérdidas por suscriptor facturado -IPUF a 6.32 m³/suscriptor/mes para el año 2027. (Indicador 66)

De igual forma, en el Plan General Estratégico de la EAAB-ESP 2024-2028, se establecieron dos indicadores orientados al objetivo estratégico de garantizar la eficiencia operacional relacionados con la reducción y control de pérdidas, así:

Área que lidera la iniciativa	Indicadores estratégicos	Línea Base	Meta 2024	Meta 2025	Meta 2026	Meta 2027	Meta 2028
Gerencia Corporativa Analítica y Pérdidas	4.3.1 IPUF Empresa (m³/suscriptor/mes)	6.51	6.46	6.22	6.00	5.80	5.80
	4.3.2 m³ recuperados (Meta anual, no acumulada)	No hay línea Base	810.000	2.160.000	2.475.000	2.475.000	1.080.000

4. “¿Cuál es la inversión para actualizar y modernizar los medidores?”

Respuesta:

En primer lugar, es necesario señalar que la adquisición de medidores para facturación no se realiza con recursos de inversión. Hecha la anterior precisión, en la siguiente tabla se presentan los recursos ejecutados para adquisición de medidores en las vigencias 2020 a 2024, así como el valor planeado para la vigencia 2025. Estos recursos cubren costos de medidores en razón a

cambio por hurto, por crítica, por recuperación de consumos, por nuevas acometidas y por solicitudes de los usuarios.

Cifras en pesos corrientes

Tipos de medidores	Ejecutado 2020	Ejecutado 2021	Ejecutado 2022	Ejecutado 2023	Ejecutado 2024	Planeado 2025
Medidores	6.780.615.709	6.505.066.113	6.327.751.735	8.020.553.562	11.831.431.242	19.268.057.144
Medidores con Telemetría	-	-	658.169.932	3.669.680.110	3.077.922.664	3.869.706.982
Total	6.780.615.709	6.505.066.113	6.985.921.667	11.690.233.672	14.909.353.906	23.137.764.126

5. “Explique las acciones tomadas por los hallazgos realizados por la Contraloría Distrital sobre las actuaciones de un proceso de Responsabilidad Fiscal (PRF) en cuantía de \$ 37.000 millones de pesos por las irregularidades que se presentaron en la ampliación de la planta Francisco Wiesner”.

Respuesta:

Con relación a lo solicitado, nos permitimos aclarar que la investigación abierta por el órgano de control es por presuntas irregularidades, y no a irregularidades confirmadas, como se ha afirmado de manera categórica; por otra parte, dicho hallazgo, con relación al incumplimiento del contrato de ampliación de la Planta Wiesner, corresponde a la indagación realizada por la Dirección de Reacción Inmediata por presuntas irregularidades en la suscripción y ejecución del Contrato de Obra Pública No. 1-01-25300-01140-2017 y del Contrato de Interventoría No. 1-15-25300-001175-2017 suscritos por la EAAB-ESP con los consorcios EPICPTFW y PTAP FW 20217, respectivamente y el cual se describe así:

(...) Proceso de responsabilidad fiscal No. 170100-0117-22, para ser adelantado con ocasión del daño que afecto los intereses patrimoniales de la EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTA, en cuantía de \$37.393.239.594 (...)

La EAAB-ESP, en su defensa, le ha indicado al organismo de control que dicho hallazgo no es procedente, dado que la Empresa hizo ingentes esfuerzos para llevar a cabo la terminación del proyecto, para lo cual solicitó la participación del garante (compañía aseguradora), se requirió al contratista para que diera cumplimiento al objeto contractual, se adelantaron los procedimientos de incumplimiento y por último, ante la no reactivación de las obras desde el 15 de febrero de 2021 y la aplicación de descuentos que alcanzaron un monto superior a la cláusula pecuniaria, se tomó la decisión de adelantar el procedimiento administrativo de caducidad del contrato.

En tal sentido, la Entidad con apego a la ley y el contrato trató en todo momento de buscar una salida jurídica para que retomaran las obras, ya fuera por el contratista CONSORCIO EPIC PTFW o por una compañía a la que esta le cediera el contrato, lo cual tampoco fue posible. Dados los esfuerzos improductivos, la Empresa en aras de salvaguardar los recursos públicos, en apego a lo establecido en el acuerdo de voluntades y la normatividad aplicable declaró la caducidad del

contrato por incumplimiento del mismo mediante la Resolución 834 del 15 de septiembre de 2021 y confirmada mediante Resolución 890 del 30 de septiembre de 2021.

A efectos de proteger el patrimonio público, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – ESP en ejercicio de la debida diligencia que le impone el ordenamiento jurídico inició acciones legales en contra del Contratista y las Aseguradoras, presentado demanda en ejercicio del medio de control de controversias contractuales en contra del contratista para que se indemnicen los perjuicios causados con ocasión del incumplimiento del Contrato 1-01-25300-1140-2017, entre ellos los costos que debió asumir la EAAB-ESP con ocasión del Contrato 1-01-25300-1584-2022, proceso que se tramita ante el Tribunal de Arbitramento radicado No. 2023-145625, ante la Cámara de Comercio de Bogotá y que actualmente se encuentra en etapa probatoria. Dentro del mencionado trámite arbitral la Empresa vinculó a las Aseguradoras Seguros del Estado y Zúrich Colombia Seguros S.A. con el fin de que se realice la totalidad del pago de los perjuicios que ellas debían asumir, con ocasión de las garantías expedidas frente al Contrato 1-01-25300-1140-2017.

En ese sentido, se encuentra que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – ESP ha iniciado las acciones legales a que hay lugar para lograr la protección del patrimonio público por el incumplimiento del Contrato de Obra 1-01-25300-1140-2017 y por los perjuicios que se la han causado en razón de la nueva suscripción del nuevo contrato que debió adelantar para la culminación de las obras de ampliación de la PTAP Wiesner, las cuales eran necesarias para el abastecimiento, tratamiento y la prestación del servicio de acueducto proveniente del Sistema Chingaza-Wiesner.

Teniendo en cuenta lo anterior, es pertinente indicar que los hechos objeto del proceso con posible incidencia fiscal y disciplinaria realizada por la Contraloría de Bogotá, no se refiere a hechos imputables a la Empresa de Acueducto sino al incumplimiento del Consorcio EPIC PTFW, quien en su calidad de contratista desconoció las obligaciones pactadas en el acuerdo de voluntades y abandonó los frentes de obra que tenía a su cargo.

6. ***“Explique ¿qué mecanismos de disminución de pérdidas de agua tanto por fallas técnicas como por uso fraudulento o no pago?, entregue en una gráfica sobre las pérdidas de agua por fallas técnicas desde el 2016 hasta enero de 2025, una gráfica pro-embalse”.***

Respuesta:

En la respuesta al numeral 3 se mencionan los mecanismos que se tienen previstos por parte de la EAAB-ESP para reducir las pérdidas de agua en la red de distribución del Acueducto de Bogotá.

De forma adicional, es preciso señalar que la Empresa no cuenta con un cálculo detallado que permita visualizar la evolución de las pérdidas técnicas en el periodo señalado.

Ahora bien, como parte de las pérdidas técnicas, la Empresa realiza una estimación de aquellas asociadas a los daños reportados mediante la aplicación de la ecuación de Torricelli¹ para cada uno de los casos registrados, teniendo en cuenta, entre otras, las siguientes variables:

1. Diámetro de la tubería donde se presentó el daño.
2. Presión promedio de la zona de servicio en el mes del reporte del daño.
3. Tiempo de atención del daño.
4. Coeficiente de descarga ajustado a los valores de la bibliografía técnica y al criterio de experto de los profesionales de la EAAB-ESP.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presenta la estimación del volumen asociado a las pérdidas ocasionadas exclusivamente por los daños reportados en el Sistema de Información de la Empresa, para los años 2019 a 2023 y el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 16 de diciembre de 2024:

Año	Volumen estimado de pérdidas por daños (millones de m³)
2019	45,38
2020	22,28
2021	23,21
2022	24,78
2023	23,26
2024 (1 de enero al 16 de diciembre)	35,58

Fuente: BW SAP. IW69. Estimación GCAyP.

Dado que el cálculo del volumen de las pérdidas por daños es una estimación, este valor puede variar en la medida en que se afine la metodología.

Quedamos atentos y a su entera disposición para cualquier aclaración y/o información adicional que se requiera al respecto.

Cordialmente,

Firmado por NATASHA AVENDAÑO GARCÍA
 el 07/02/2025 a las 14:50:30 COT

NATASHA AVENDAÑO GARCÍA
 Gerente General

Aprobó: Álvaro Rojas Fuentes, Gerente Corporativo Analítica y Pérdidas – Puntos: 3 y 6
 Diego Germán Montero Osorio, Gerente Corporativo Sistema Maestro – Puntos: 1, 2 y 5
 Pedro Antonio Bejarano Silva, Gerente Corporativo Planeamiento y Control – Punto: 4
 Alex Fabián Santa López, Gerente Corporativo Servicio al Cliente – Punto: 4
 Juan Ramón Jiménez Osorio, Gerente Jurídico – Punto 5

¹ Ver Anexo **Metodología para la estimación del volumen de pérdidas técnicas por daños**.



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
 PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
 Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05





Revisó: Nicolás Fernando Aparicio - Asesor Gerencia General
Rodrigo Vargas Martínez - Asesor Gerencia General

Leído por RODRIGO VARGAS MARTINEZ
el 07/02/2025 a las 11:05:44 COT

Leído por NICOLAS FERNANDO APARICIO
ALVARADO
el 07/02/2025 a las 10:59:01 COT

Aprobado por JUAN RAMON JIMENEZ
OSORIO
el 07/02/2025 a las 14:12:30 COT

Aprobado por ALEX FABIAN SANTA
LOPEZ
el 07/02/2025 a las 11:06:18 COT

Aprobado por PEDRO ANTONIO BEJARANO
SILVA
el 07/02/2025 a las 11:17:25 COT

Aprobado por DIEGO GERMAN MONTERO
OSORIO
el 07/02/2025 a las 12:34:44 COT

Aprobado por ALVARO ROJAS
FUENTES
el 07/02/2025 a las 11:00:34 COT



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



Anexo - Metodología para la estimación del volumen de pérdidas técnicas por daños

La EAAB-ESP ha venido aplicando una metodología basada en la fórmula de Torricelli para estimar el volumen de agua perdido debido a fallas en las tuberías. A continuación, se describe detalladamente la metodología utilizada, las consideraciones técnicas y las limitaciones asociadas a esta aproximación.

Fórmula General de Torricelli

La **ecuación de Torricelli**, derivada del balance de energía en un fluido se utiliza para describir la velocidad de un fluido al salir por un orificio debido a la gravedad. Para calcular el **caudal perdido** por un orificio en una tubería, se utiliza una versión modificada que incorpora la relación entre el área del orificio y la velocidad del flujo.

La ecuación básica de Torricelli para la velocidad del fluido (v) es:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Donde:

- g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)
- h es la altura del fluido por encima del orificio, que varía con el tiempo.

El caudal (Q) se obtiene como teniendo en cuenta el volumen de fluido que pasa por el orificio por unidad de tiempo. Relacionando esto con la ecuación de Torricelli:

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

Donde:

- C_d es el coeficiente de descarga (adimensional), que depende de las características del orificio y la viscosidad del fluido. Usualmente, C_d es menor que 1 debido a pérdidas por fricción y contracción del chorro.
- A es el área del orificio ($A = \pi r^2 = \pi d^2/4$, si el orificio es circular).
- $\sqrt{2gh}$ es la velocidad del flujo derivada de la ecuación de Torricelli.

Para calcular el volumen total perdido (V) a partir del caudal (Q) en función del tiempo (t), se integra el caudal respecto al tiempo. Así las cosas, el volumen se expresa como:

$$V = Q \cdot t = C_d A \sqrt{2gh} \cdot t$$

Procedimiento Específico

El volumen perdido (V) debido a una falla en tuberías se calcula integrando la velocidad del flujo con el tiempo y el área efectiva del orificio, como se vio anteriormente, con las siguientes consideraciones:



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



1. **Determinación de la presión (h):** Se calculó un promedio mensual para cada zona con base en mediciones directas e indirectas realizadas en hidrantes, válvulas reductoras de presión y otros puntos clave del sistema.
2. **Estimación del área (A):** debido a la falta de datos sobre el tamaño exacto del orificio (las dimensiones reales de la abertura en la tubería por donde se pierde el agua), se utilizó un factor empírico (0.125 o 0.5) multiplicado por el área de la tubería calculada en función del diámetro nominal de la tubería.
3. **Estimación del Coeficiente de Descarga (C_d):** los valores típicos de este parámetro dependen de la geometría del orificio y las condiciones de flujo. En general, el valor oscila entre 0.5 y 1, siendo 1 el caso ideal (sin pérdidas). Debido a las geometrías comunes, efectos de pérdida de energía, simplicidad y estudios experimentales, el cálculo se realiza utilizando un coeficiente de descarga de 0.6
3. **Cálculo del tiempo (t):** Se tomó como la diferencia entre el momento de registro de la falla (es decir, la fecha y la hora en que se registra en el sistema de la EAAB-ESP la falla de la tubería) y el cierre del aviso en el sistema (es decir, el momento en que los operarios reportan que la falla ha sido atendida y subsanada). El valor de tiempo así obtenido no necesariamente refleja el tiempo real de la pérdida de agua debido a la fuga, y en general éste último es menor.

Consideraciones y Fuentes de Incertidumbre

1. **Presiones promediadas:** la utilización de promedios mensuales por zona puede no reflejar con precisión las condiciones específicas durante la falla.
2. **Factores empíricos:** la ausencia de mediciones directas del tamaño del orificio introduce una fuente significativa de error.
3. **Coeficiente de Descarga:** el valor del parámetro se obtiene experimentalmente realizando mediciones sobre el flujo y las dimensiones del orificio de la falla. Esto agrega incertidumbre al cálculo y puede no reflejar las condiciones reales del sistema.
4. **Registro de tiempo:** las discrepancias entre el tiempo registrado y el tiempo real de la falla pueden afectar la estimación del volumen perdido. El tiempo en que se abre y cierra el aviso en el que se reporta la falla no necesariamente corresponde exactamente al tiempo en que la falla ocurre y en el que la misma es atendida. Esto agrega incertidumbre al cálculo del volumen perdido.

Estas limitaciones no son exclusivas de la EAAB-ESP. Empresas de servicios públicos de agua de todo el mundo enfrentan retos similares debido a:

- La falta de instrumentación adecuada.
- Incertidumbres en la localización y caracterización de las fugas.

Desde la creación de la Gerencia Corporativa Analítica y Pérdidas, en diciembre de 2023, se ha venido desarrollando la implementación metodológica de otras formulaciones teóricas para realizar el cálculo, como por ejemplo la ecuación de FAVAD (Fixed and Variable Area Discharge) que representa una ventaja con respecto a la ecuación de Torricelli porque:

1. Considera el efecto de la presión en la variación del área del orificio.



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



2. Modela sistemas cercanos a condiciones reales, donde las tuberías y los materiales tienen cierta elasticidad.
3. Permite ajustar el parámetro que describe la elasticidad del sistema, mejorando la precisión en diferentes escenarios.

Con la implementación de estas medidas y el análisis de formulaciones alternativas, la Gerencia Corporativa podrá mejorar significativamente la precisión de sus estimaciones de pérdidas de agua, contribuyendo al cumplimiento de sus objetivos de optimización del recurso hídrico.



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0801F02-05



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

