

“HYDRO”: HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN MÉXICO

Ochoa Alejo Leonel Humberto ¹, Reyes Medel José Luis ², Pereda Padilla Eduardo Manuel ³

^{1,2,3} Redes Inteligentes de Agua S.A. de C.V. Calle 2 No. 43, Col. Condominio Chapultepec, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62360

¹ leonelochoa@yahoo.com.mx, ² luis_medel@hotmail.com,

³ eduardoperedapadilla@gmail.com

RESUMEN

Debido a las deficiencias y/o ausencia de sistemas de medición y registro de estadísticas de producción, consumos y fugas en la mayoría de sistemas de agua potable de México, se planteó el desarrollo de una herramienta para la realización de balances de agua de forma sistematizada. Esta herramienta no podría reducirse a una sencilla hoja de cálculo para el ingreso de los volúmenes globales de agua producida, consumida y fugas, debía disponer de módulos para desglosar y detallar los cálculos, estimaciones, ajustes y correcciones de dichos volúmenes globales que conforman el balance de agua. La herramienta desarrollada facilita todo el proceso de generación, recopilación y registro de las estadísticas de producción, consumo y fugas y, en conjunto con las campañas de medición y evaluaciones, permite los ajustes necesarios para conformar auditorías confiables. La propuesta está basada en la metodología estandarizada de la IWA y suma vasta experiencia de trabajos previos en diversas ciudades medianas y grandes de México. Se presenta la conformación teórico-práctica del balance de agua potable en el país, la herramienta “Hydro” desarrollada para su gestión y su aplicación en el sistema de agua potable de la ciudad de Irapuato, México.

Palabras clave

Balance de agua, eficiencia física, software auditoria de agua.

1. INTRODUCCIÓN.

El Balance Hídrico en América Latina ya había sido conceptualizado en 1980 por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) [1]. En 1990 la American Water Works Association (AWWA) publica el manual M36 *Water Audits and Leak Detection* el cual ha sido revisado y editado hasta la actual cuarta versión denominada *Water Audits and Loss Control Programs* [2]. En el año 2000 Lambert y Hirner publican con la *International Water Association* el Balance de Agua Estandarizado como parte de sus mejores prácticas [3]. Por su parte, en el año 2000 el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) publica una metodología basada que documenta experiencias que se habían tenido en los años previos en México [4].

Existen hojas de cálculo que permiten de manera oportuna y eficaz obtener resultados, incluso algunos de estos son de uso libre y se encuentran disponibles en el internet. Entre estas herramientas se encuentran: “Water Audit” [5], “WB-EasyCalc” [6], “Benchleak” [7],

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

“Benchloss y Fastcalc” [8], “Balance de Agua Potable” y “Water Loss Calculator”. La mayoría de estas herramientas se basan en la metodología propuesta por la IWA [3]. Taha M. et. al. [9] presentan un análisis y resumen de las características y posibilidades de las herramientas disponibles para el cálculo del balance del agua.

Aunque en México se ha tenido en el pasado un auge en el cálculo de balances de agua, a nivel de estimación de pérdidas, suministro y consumo, estos no han sido explotados en todo su potencial y aún no se ha arraigado la cultura de elaborarlos a nivel de auditorías de agua (balances detallados y desglosados) de manera periódica y permanente. La razón principal es la escases de estadísticas y la falta de herramientas de cálculo más accesibles y funcionales.

2. TEORÍA Y PRÁCTICA DEL BALANCE DE AGUA POTABLE EN MÉXICO.

La metodología para la elaboración de balances de agua internacionalmente más aceptada es la estandarizada por el Comité de Control de Pérdidas de Agua de la AWWA en conjunto con la IWA, de este trabajo se desprenden los principales conceptos:

- Volumen suministrado (V_S): volumen de agua inyectada a la red de distribución.
- Consumo autorizado (V_C): volumen de agua medido y no medido consumido por usuarios registrados en el padrón de usuarios; puede ser de uso doméstico, comercial, industrial, mixto, etc. Incluye usos como: lavado de calles, jardines y parques municipales, fuentes públicas y agua usada en combate de incendios, comúnmente no-medidos y no-facturados.
- Pérdidas de agua (V_P): pueden ser aparentes o reales (fugas) y se calcula con:

$$V_P = V_S - V_C \quad (1)$$

- Pérdidas reales: volumen de agua perdida en fugas y desbordamientos en tanques, su magnitud depende de la frecuencia, gasto y duración de las fugas.
- Pérdidas aparentes: consisten en consumos no autorizados (clandestinaje y tomas ilegales) y todo tipo de errores en macro-medición y micro-medición.

Durante las últimas tres décadas se han realizado balances de agua en muchas ciudades medianas y grandes de México. Las particularidades de los organismos operadores típicos del país ha demandado que se abarque todo el proceso de generación de la información para conformar un balance detallado y confiable, el esquema de la estandarización del balance de agua en México se presenta en la figura 1.

Esta herramienta en formato Excel inicialmente fue implementada en la ciudad de Zihuatanejo, México y tiene la ventaja de contar de 14 líneas de resultados y 19 cálculos desglosados adicionales; teniendo cada línea su correspondiente hoja de cálculo. Estas hojas de cálculo conforman la herramienta que dispone el auditor para llevar paso a paso la cuantificación de volúmenes suministrados, consumidos y perdidos a lo largo de la infraestructura de distribución.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

- Medición de consumos mensuales en conexiones tanto de uso doméstico como no doméstico
- Muestreo aleatorio y representativo para la evaluación de la exactitud de los medidores de conexiones domiciliarias por tipo de uso y por tipo de medidor.
- Ajuste de los volúmenes consumidos por usuarios con medidores domiciliarios, con base en los resultados del muestreo del inciso anterior.
- Evaluación y ajuste de los volúmenes consumidos por usuarios con cuota fija y/o sin medidor domiciliario instalado y funcionando.
- Muestreos aleatorios y representativos para estimar el nivel de fugas ocultas. Incluye el porcentaje de conexiones domiciliarias con fugas, la cantidad de fugas por kilómetro de tubería (de conducción y de distribución), el porcentaje de cruceros y válvulas con fugas y la cantidad de fugas en estructuras especiales como tanques, cisternas, cárcamos y trenes de descarga de pozos.
- Aforo de las fugas detectadas en el muestreo descrito en el inciso anterior, debidamente clasificadas por tipo de elemento de la falla (tuberías de conducción, red de distribución primaria, red de distribución secundaria, válvulas, y en conexiones domiciliarias), por zona de presión, por diámetros en el caso de tuberías y válvulas y por materiales de los elementos de falla.
- Medición de caudales y/o volúmenes de agua consumida en procesos de plantas potabilizadoras y de tratamiento.
- Estimación de otros consumos como por ejemplo los volúmenes usados: para combatir incendios, para limpieza de tuberías, drenado de tuberías para reparaciones, etc.

Actualmente, está vigente la norma técnica mexicana NMX-AA-179-SCFI-2018 que obliga a los usuarios de las aguas nacionales a medir todas las fuentes explotadas, sin embargo, aún se encuentra en el proceso de implementación. Importante mencionar que los mayores retos se tienen en la medición y registro de los consumos de todo el sistema, por ello la necesidad de las evaluaciones, ajustes y estimaciones listadas. Los datos medidos son registrados en la herramienta Hydro® junto con los datos necesarios para los ajustes y estimaciones que son realizados automática y sistemáticamente en el software.

3. HYDRO®, SOFTWARE PARA BALANCES DE AGUA.

La herramienta Hydro® cuantifica, ajusta y estima los diferentes volúmenes de agua arriba descritos. Está desarrollada para Windows 10 o superior, de 64 bits y requiere al menos Excel 2019 y una RAM de 6 GB o superior. Puede administrar más de un proyecto a la vez en la misma computadora y diferentes usuarios pueden accederlos y editarlos simultáneamente, además de emitir reportes PDF.

En la figura 2 se presenta una vista inicial y general del software Hydro®, su interfaz está integrada básicamente por un menú principal (arriba a la izquierda), un CRUD para gestionar proyectos (abajo a la izquierda) y la ventana principal para el ingreso de datos y la visualización de resultados. A continuación se describe brevemente las entradas y salidas principales de las partes de componen el menú principal.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

Hydro | Balance de Agua Potable

Eduardo | miércoles, 12 de abril de 2023

DevTools Usuarios

_BH_JAPAM_25-03-2023_19-51-05Hrs.xlsx

Menú

Datos generales

Agua suministrada

Agua consumida

Balance hídrico

Indicadores

Parámetros de diseño

Reportes

Nuevo

Abrir

Guardar

Guardar como

Salir

> Datos generales

Organismo operador: JAPAM

De fecha a fecha: Abril del 2021 a Marzo del 2022

Días: 365

Meses: 12

Registrar datos

Limpiar campos

> Datos generales

Número de habitantes: 435,112

Índice de hacinamiento: 3.52

Temp. media anual °C: 19.00

> Datos de medición y fugas

Viviendas populares (%)*: 72.66%

Viviendas medio (%)*: 14.65%

Viviendas residenciales (%)*: 12.69%

> Datos de infraestructura

Costo m3 \$: 55.88

Empleados del O.O.: 1,200

Registrar datos

Limpiar campos

Borrar datos

Tipo de Usuarios por tipo de servicio

Tipo de usuario: []

Número de usuarios Servicio Medido: []

Número de usuarios Servicio No Medido: []

Total de usuarios registrados: 138,500

Total de Tipos de Usuarios = 5

Total de Usuarios Activos = 138,030

Total de Usuarios Servicio Medido = 95,048

Total de Usuarios Cuota Fija = 42,982

Tipo de usuario	Servicio Medido	Servicio No Medido
Doméstico	83,461	38,306
Comercial	5,082	2,593
Industrial	420	82
Mixto	5,949	1,848
Público	196	193

Borrar tipo de usuario: Tipo de usuario

Figura 2. Vista general del software Hidro® para el cálculo de Balances de Agua

- En Agua suministrada, se ingresan las estadísticas mensuales del suministro medido y del no medido; los errores de medidores instalados y; caudales medidos con equipo portátil y número de horas de operación con los que se estima de agua producida en fuentes sin medidor instalado.
- En Agua consumida, se ingresan las estadísticas mensuales del consumo medido y del no medido, tanto facturado como no facturado; la captura se realiza por tipo de usos; también registra los errores de exactitud de los medidores domiciliarios para realizar los ajustes correspondientes; calcula los consumos unitarios del servicio medido y realiza los ajustes de los consumos de cuota fija (servicio no medido); se registran las variables necesarias para calcular los volúmenes de agua de otros usos diversos y diferentes al doméstico así como volúmenes de agua recuperados por reparación de fugas y/o regularización de usos clandestinos.
- En Balance Hídrico el programa presenta los ajustes realizados sobre los volúmenes totales producidos, consumos totales corregidos y pérdidas recuperadas; estos resultados conforman el balance de agua y el resultado del nivel de pérdidas potenciales y eficiencia volumétrica actuales; de las pérdidas potenciales totales se discriminan las pérdidas físicas o fugas y las pérdidas aparentes.
- En Indicadores se presentan los indicadores para las gestiones comercial, operativa y financiera del sistema de abastecimiento.
- En Parámetros de diseño se resumen consumos unitarios, dotaciones actual y de proyecto y los caudales medio, máximo horario y máximo diario, útiles para fines operativos y de diseño de obras y acciones de mejora.
- En Reportes se presentan las alertas de información faltante; se generan los reportes en formato PDF con los resúmenes de los datos entrados y de los resultados obtenidos.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

En general todas las ventanas del menú principal incluyen tablas y gráficas de los datos capturados y calculados y disponen de hojas resumen para un análisis amigable. Todas las ventanas del software son editables con botones para agregar elementos, capturar sus estadísticas, editarlas, borrarlas, registrar y guardar cambios; esto permite al usuario interactuar de forma intuitiva, fácil y ordenada.

Una de las utilidades importantes que contiene el programa es el puntaje de certidumbre en el origen de la información, que se le puede asignar a los datos ingresados y que son relevantes para los resultados finales de la eficiencia volumétrica y calidad del balance hídrico. A todas las componentes del balance de agua se les asignan el valor de certidumbre en función de la calidad de información obtenida, en la tabla 1 se muestra el ejemplo.

Tabla 1. Ejemplo de puntajes de certidumbre; componente del consumo no medido

AGUA DE CONSUMOS NO MEDIDOS:	
0	No aplica este concepto al sistema de agua potable
6	Estimado indirectamente de especificaciones técnicas, tipo de vivienda o nivel socioeconómico
7	Estimado con consumos unitarios de usuarios bien medidos con lectura manual.
8	Estimado con consumos unitarios de usuarios bien medidos con lectura automática.
9	Estimado con consumos unitarios de usuarios bien medidos con lectura manual y muestreo de campo.
10	Estimado con consumos unitarios de usuarios bien medidos con lectura automática y muestreo de campo.

Al final el programa realiza el cálculo del puntaje promedio global que pondera en función del volumen de agua de cada componente.

4. APLICACIÓN DE HYDRO® EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE IRAPUATO, MÉXICO

El sistema suministra agua a la red con 91 pozos, el 85% tienen macromedidor instalado; existen 138,030 conexiones domiciliarias, el 95.8 % tienen micromedidor, pero solamente el 75.9% mide o funciona bien. El periodo de análisis fue de abril de 2021 a marzo 2022.

El volumen total suministrado ajustado resultó de 39,516,340 m³. En la figura 3 se muestra la interfaz del resumen del Agua suministrada y los accesos a la interfaz para el cálculo del volumen suministrado medido (A) y del no medido (B). El volumen total consumido ajustado resultó de 22,694,786 m³.

El volumen de pérdidas actuales se calculó de 16,821,554 m³, de los cuales 1.25% representa las pérdidas aparentes potenciales y el 98.75% las pérdidas reales potenciales (fugas). De ello se deriva que la eficiencia volumétrica es igual a 57.43%. El volumen de pérdidas reales potenciales, también pérdidas físicas resultó de 16,611,285 m³, de los cuales se estima que el 48.6% corresponde a fugas en conexiones domiciliarias y el restante 51.4% corresponde a fugas en red de distribución. Finalmente, el puntaje global de la certidumbre sobre el origen de los datos con los que se calculó este balance resultó de 77.6%.

5. CONCLUSIONES

El balance de agua potable es la herramienta idónea para contabilizar el agua potable en un sistema de agua; su desarrollo e implementación son básicos y de suma importancia para incrementar sus eficiencias física y comercial. En los organismos operadores y dependencias

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

oficiales de México es necesario y urgente que se retome esta acción básica del balance hídrico a nivel de auditoría (balance detallado y desglosado), como una de sus labores cotidianas para lograr la eficiencia del sistema de agua potable.

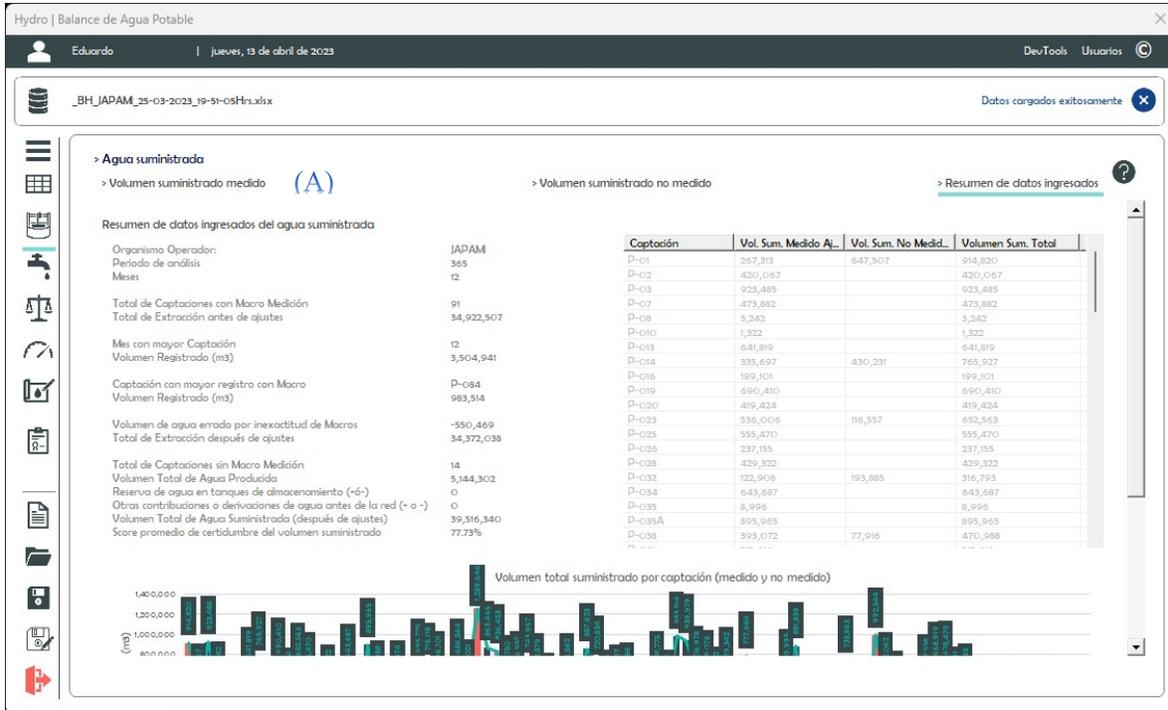


Figura 3. Hoja resumen de los volúmenes suministrados en el software Hydro®.

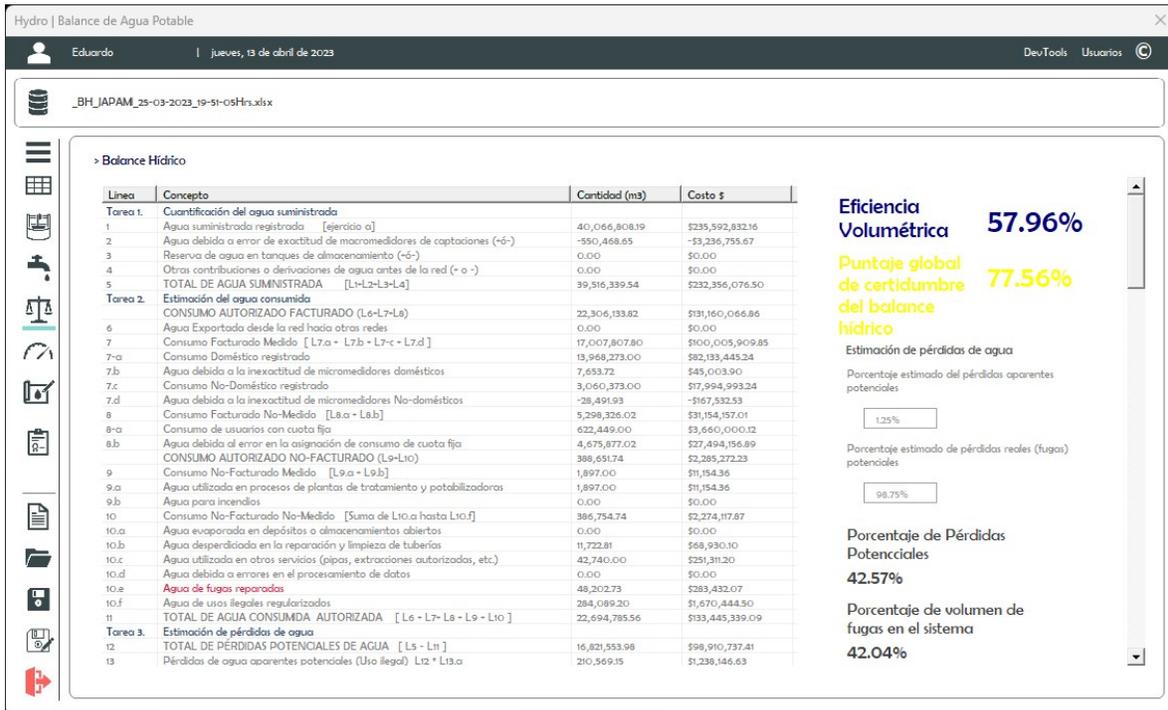


Figura 4. Hoja resumen del balance de agua en el software Hydro®.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

La herramienta “Hydro” para gestión del balance hídrico es de fácil instalación y manejo, y ha resultado útil para activar la práctica constante de esta tarea, en sus labores continuas de mejoramiento de eficiencia física y comercial.

El balance de agua beneficia en varios sentidos a los sistemas: facilita la evaluación continua del nivel de pérdidas; identifica las áreas de mejora y focaliza inversiones de recursos financieros limitados y; ayuda a reducir los costos operativos. De esto se deriva la necesidad de implementar una herramienta de fácil uso y que sistematice de forma integral tanto las actividades de medición y evaluación en campo como los procesos de cálculo y análisis.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. José Lara Lona, quien en su calidad de Director General de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Irapuato (JAPAMI), tuvo la confianza para emprender el estudio del cual se deriva este documento.

Se extiende el agradecimiento también al personal técnico y operativo de la JAPAMI tanto por el acompañamiento en campo para realizar las mediciones y evaluaciones como por la recopilación y facilitación de toda la información disponible y requerida.

REFERENCIAS

- [1] El Balance del Agua, Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Agua Potable y Alcantarillado (DTIAPA), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 1980.
- [2] AWWA Water Loss Control Committee, “Water Balance v4.0”, Free Audit Software, American Water Works Association, Denver, CO. EEUU, 2009.
- [3] A. Lambert y W. Hirner, Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA, 2000.
- [4] L. Ochoa y V. Bourguett, Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA, 2000.
- [5] <https://www.awwa.org/Resources-Tools/Resource-Topics/Water-Loss-Control/Free-Water-Audit-Software>.
- [6] <https://www.liemberger.cc/>.
- [7] R. Mckenzie, A. Lambert, , J. Kock, y W. Mtshweni, Benchmarking of Leakage for Water Suppliers in South Africa, South African Water Research Commission, WRC, 2006.
- [8] A. Lambert, Fastcalc: Customised Software for Rapid Calculation of IWA Water Balance and Performance Indicators with 95% Confidence Limits, 2002.
- [9] M. Taha, E. Mohamed, K. Saroj y D. Maria, “A review of nonrevenue water assessment software tools”, WIREs Water, Enero, 2020.