# Metodología de reducción de pérdidas técnicas en el sistema de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil.

Xavier Molina Arce[1], Alby Aguilar Pesantes. [2]
[1]Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de La Tierra, Campus Gustavo Galindo, km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
[2]Ingeniero Civil, ESPOL; MSc, Arizona State University, EEUU; albdagui@espol.edu.ec

## Resumen

*El presente artículo presenta la metodología aplicada para la reducción de pérdidas técnicas (o reales) en la red de distribución de agua potable del Suburbio Oeste de la ciudad de Guayaquil, entre octubre del 2006 y octubre del 2008.*
*La metodología aplicada consistió en la aplicación de la estrategia de sectorización operacional para dividir la red de distribución en 48 sectores hidráulicos; para luego aplicar un control activo de fugas (detección de fugas) en cada uno de ellos mediante la medición del caudal nocturno suministrado a la red de distribución. Los caudales mínimos nocturnos fueron utilizados para calcular un indicador de pérdidas técnicas, empleado para cuantificar el nivel de pérdidas y establecer un orden de prioridades para la aplicación de las estrategias de: localización de fugas, gestión de la presión (reducción y regulación de las presiones servicio), y gestión de la infraestructura (mantenimiento y renovación de redes).*
*Con la aplicación de esta metodología se maximizó el aprovechamiento de la infraestructura disponible, racionalizando el gasto, y logrando el cumplimiento de metas parciales de reducción anual del volumen de agua potable suministrado a la red de distribución. Estos resultados permitieron alcanzar la continuidad de servicio en las zonas centro y sur de la ciudad sin aumentar la producción actual en la planta de potabilización.*

***Palabras Claves:*** *Red de distribución de agua potable, pérdidas técnicas (o reales), control activo de fugas, detección de fugas, caudal mínimo nocturno, indicador de pérdidas técnicas, localización de fugas, gestión de la infraestructura, gestión de la presión.*

## Abstract

*This article shows the methodology used to decrease the rate of technical (or "real") losses in the water distribution network from the "Suburbio Oeste" of Guayaquil, from October 2006 to October 2008.*
*This methodology consists in the application of operational sub areas of the distribution network to obtain 48 limited zones. An active leakage control (detecting leakage) was applied in each of the zones. The minimum night flow supplied to the water distribution network was measured in order to determine a real losses index. This index was used to quantify de level of real losses and to establish priorities in the application of: leakage location, pressure management (control and regulation) and infrastructure management (maintenance and networks renovation).*
*The application of this methodology permitted a better use of the existing infrastructure, cost rationalization, reaching annual decrements on the amount of water supplied in the water distribution network. These results guarantee continuous water distribution to the downtown and south zone of the city, without increasing the now-a-days production at the drinking water treatment plant.*

***Keywords:*** *water distribution network, real losses, control active leakage, detecting leakage, minimum night flow, real losses index, locating leakage, infrastructure management, pressure management.*

## 1. Introducción.

La ciudad de Guayaquil está localizada en la Reública del Ecuador, país ubicado en la costa del Pacífico de América del Sur. Es la ciudad con mayor población del país, con un estimado de 2’366.902 habitantes que ocupan una superficie aproximada de 344,5 km².

Desde agosto del 2001 la concesionaria INTERAGUA C. LTDA. está encargada de la operación de los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad. Esta concesión está bajo el control y regulación de la Empresa Cantonal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (ECAPAG).

En las décadas anteriores a la concesión, la falta de programas para controlar y reducir las pérdidas en el sistema de distribución provocaron un elevado nivel de pérdidas. Evidenciado por la discontinuidad de servicio en las zonas centro y sur de la ciudad.

Con el objetivo de cuantificar las pérdidas existentes en el sistema de distribución, la empresa INTERAGUA realizó un balance hidráulico que determinó un índice de agua no contabilizada de 35% para la zona norte, y 65% para las zonas centro y sur de la ciudad. Este nivel de pérdidas exigía incrementar la producción en aproximadamente 50% (equivalente a 13.6 millones de m³/mes o 5.2 m³/s) para lograr la continuidad de servicio en las zonas de la ciudad antes mencionadas [1].

Debido a que incrementar la producción sin reducir el porcentaje de pérdidas en el sistema de distribución originaría que los volúmenes de pérdidas sean cada vez mayores, y que los costos sean insostenibles para la empresa y los usuarios (tarifas exorbitantes); se planteó la implementación de un proyecto de reducción de pérdidas técnicas. Este proyecto fue aplicado con el objetivo de obtener un incremento en la eficiencia operacional del sistema de distribución y la consecuente disminución de la magnitud del nivel de pérdidas técnicas.

Este artículo documenta la metodología de trabajo implementada en el proyecto de reducción de las pérdidas técnicas en la red de distribución de AA.PP. del sector del suburbio oeste, y analiza los resultados obtenidos.

## 2. Identificación del caso de estudio.

El suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil, ubicado en la zona centro de la ciudad (ver figura 1), está conformado por un área aproximada de 1.262 hectáreas, con 49.740 conexiones domiciliarias, y una población de nivel socio-económico bajo.

El sector está limitado de la siguiente manera:

- Al norte por la calle G. Rendón (desde la calle 21 hasta la calle 30) y por la calle Febres-Cordero (desde la calle 30 hasta llegar al Estero Salado).
- Al este por la calle 21 (desde G. Rendón hasta El Oro) y por la calle 11 (desde Bolivia hasta Callejón Oriente).
- Al sur, oeste y sur-este por los cuerpos de agua correspondientes al Estero Salado.


**Figura 1.** Ubicación geográfica de la zona de estudio

Para el año 2003 la red de distribución de agua potable del sector de estudio carecía de un adecuado control operacional, y no contaba con un abastecimiento continuo durante las 24 horas del día. En las 10 horas de servicio las condiciones eran deficientes; pues las presiones de servicio no superaban los dos metros de columna de agua.

## 3. Metodología de reducción de pérdidas técnicas aplicada.

La metodología planteada consideró dos actividades básicas: la investigación de pérdidas y la implementación de medidas correctivas.

La investigación de pérdidas incluyó las estrategias de sectorización hidráulica y la medición del caudal suministrado a la red de distribución. La implementación de medidas correctivas consideró de manera individual o conjunta las estrategias de control activo de fugas (detección y localización de fugas), gestión de la presión, y gestión de la infraestructura (mantenimiento y renovación de redes).

Estas estrategias incidieron en las causas y efectos de las pérdidas técnicas y fueron aplicadas con el objetivo de alcanzar y mantener un nivel en el que el componente técnico de las pérdidas de agua sean lo mínimos posibles en condiciones de factibilidad técnica, económica y financiera.

### 3.1. Sectorización hidráulica de la red de distribución.

La sectorización hidráulica de la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil permitió delimitar zonas de la red para conformar sectores homogéneos de menor longitud de red, aislados e independientes del resto de la red de distribución por medio de maniobras de sus válvulas de abastecimiento y de frontera con los sectores adyacentes.

La implementación de la sectorización hidráulica de la red de distribución de la zona de estudio se realizó en dos etapas correspondientes al planeamiento en oficina y de materialización en campo de la sectorización planteada.

**Planeamiento de la sectorización hidráulica.**

La etapa de planeamiento comprendió el diseño de los límites de las unidades de sectorización, considerando la configuración y longitud de la red de distribución, y la posibilidad de suministro para cada sector proyectado.

Esta actividad se realizó en base a la información técnica recopilada referente al estado físico y operacional del sistema de distribución, tales como planos actualizados, planos de antiguos proyectos de expansión y renovación de redes, planos esquineros, y planos de la subdivisión operacional de la red de distribución

**Materialización de la sectorización hidráulica.**

En la etapa de materialización de la sectorización hidráulica se ejecutaron los trabajos de campo y las obras requeridas para definir físicamente sobre la red de distribución los límites de los sectores hidráulicos.

Los trabajos de campo desarrollados en la etapa de materialización de la sectorización hidráulica fueron:

- Localización de válvulas existentes
- Identificación de las válvulas defectuosas
- Verificación de las condiciones de servicio en los sectores hidráulicos
- Comprobación de la hermeticidad de los sectores hidráulicos
- Investigación de los límites de la sectorización

El cumplimiento de este proceso lógico permitió dividir la red de distribución en los 48 sectores hidráulicos mostrados en la figura 2. En estos sectores se garantizó presiones de servicio uniformes y superiores a los 0.5 bares requeridos por ECAPAG en las horas de máximo consumo.

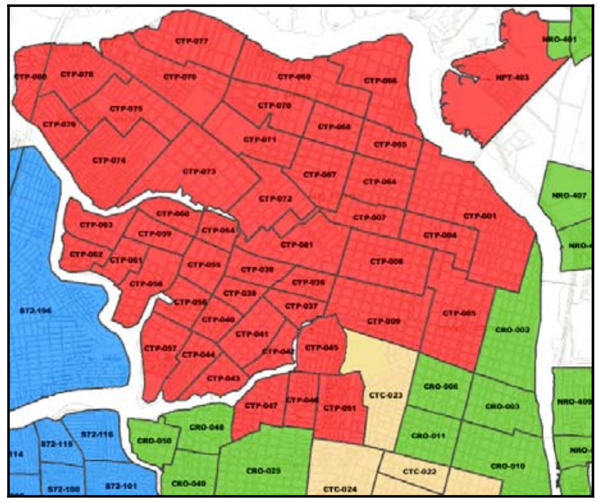

**Figura 2.** Sectorización hidráulica de la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil

### 3.2. Macromedición de caudal y presión en la red de distribución.

La macromedición de caudal y presión en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil comprendió el registro de estos parámetros en las diferentes unidades de sectorización hidráulica.

Esta actividad se realizó a través de un sistema de macromedición mediante el cual se obtuvieron, procesaron y analizaron los caudales y presiones suministrados a la red de distribución. Estos parámetros fueron obtenidos en 6 puntos del sistema de distribución de agua potable, los que son mencionados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Puntos de macromedición en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil

| Ubicación | Código de identificación | Parámetros de medición |
|---|---|---|
| Av. Barcelona | FNC-CTP-M34 | Caudal y presión |
| Calle 38 y R. Avilés | CTP-064-M40 | Caudal y presión |
| Calle 33 y R. Avilés | CTP-007-M41 | Caudal y presión |
| Calle 27 y Chambers | CTP-081-M42 | Caudal y presión |
| Calle 28 y calle J | CTP-073-M26 | Presión |
| Calle 25 y calle Ch | CTP-055-M95 | Presión |

Los equipos instalados para la medición del caudal suministrado a la red de distribución fueron caudalímetros ultrasónicos con sensores de fijación externa. Los datos presión fueron registrados en equipos de almacenamiento de datos (data loggers).

Para el desarrollo de las mediciones de caudal y presión se definieron tres distritos de medición; cada uno de ellos vinculado a un punto de macromedición. Cada distrito de medición agrupó varios sectores hidráulicos situados en extensas zonas malladas de la red de distribución; abastecidas por una o varias tuberías de conducción.

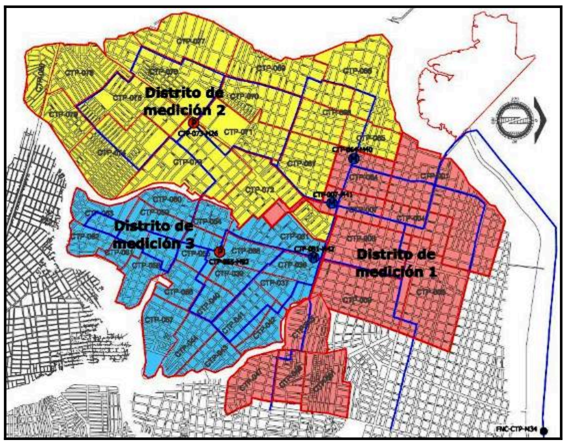


**Figura 3.** Distritos de medición en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil.

La información registrada fue descargada, procesada y almacenada en archivos digitales; para luego ser utilizada en la elaboración de reportes de la distribución de los caudales (máximo, promedio y mínimo) entregados a los diferentes distritos de medición del sistema de distribución.

## 3.3. Control activo de fugas en la red de distribución.

El control activo de fugas en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil consistió en la aplicación de técnicas de detección para determinar las zonas con mayor índice de existencia de fugas no visibles, para luego proceder a su prelocalización y/o exacta localización y posterior reparación.

### 3.3.1. Detección de fugas en la red de distribución.

La detección de fugas consistió en la medición del caudal mínimo nocturno suministrado a la red de distribución. Este parámetro es el mejor indicador del nivel de pérdidas técnicas un sistema de distribución, pues durante la noche los consumos intencionados tanto domésticos como industriales son esporádicos, y cualquier consumo registrado puede ser relacionado con las fugas existentes en la red de distribución.

La detección de fugas consistió en la ejecución de pruebas de "Step Test" a los 48 sectores hidráulicos definidos en la red de distribución de la zona de estudio, y agrupados en 7 macrosectores hidráulicos (ver figura 4).

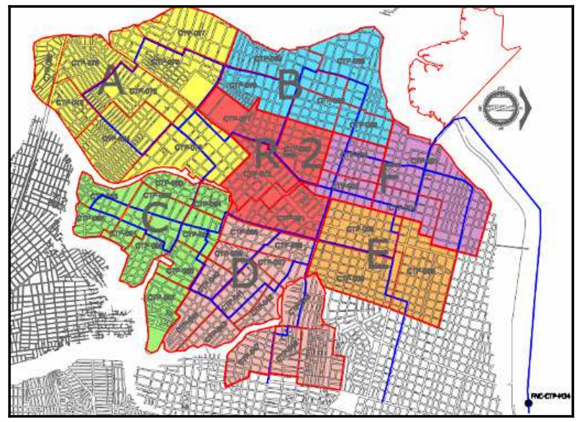


**Figura 4.** Macrosectores hidráulicos definidos en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil.

**Prueba de "Step Test".**

Una prueba de "Step Test" ("prueba de paso" según su traducción del inglés) es una prueba de subdivisión nocturna durante la cual se cierran secuencialmente las válvulas de abastecimiento de varios sectores de la red de distribución. Obteniéndose valores de caudal que se mantienen constantes durante cortos períodos de tiempo, y cuyas variaciones están vinculadas a cada maniobra en la red de distribución.

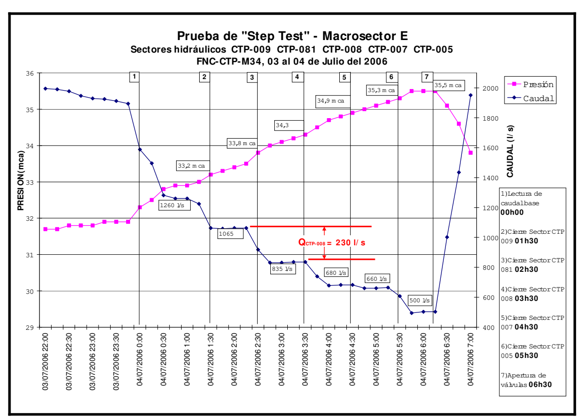


**Figura 5.** Informe gráfico de prueba de Step Test

**Indicadores de pérdidas técnicas.**

Los caudales mínimos nocturnos suministrados a la red de distribución de los 48 sectores hidráulicos definidos en la zona de estudio, fueron utilizados para el cálculo de indicadores de pérdidas técnicas de agua potable. Estos indicadores permitieron cuantificar el nivel de fugas, y evaluar la eficiencia de la red de distribución.

Los indicadores de pérdidas técnicas inicialmente calculados estuvieron en función del caudal por unidad de tiempo por longitud de tuberías del sistema, (expresado en litros/segundo/Km de redes del sistema). Estos fueron calculados como el cociente entre el caudal nocturno determinado en las pruebas de Step Test y la longitud de la red de distribución de la unidad de sectorización hidráulica.

Estos indicadores fueron utilizados para evaluar el nivel de pérdidas técnicas de los 7 macrosectores hidráulicos. Pero, debido a la falta de uniformidad de las presiones registradas para sectores hidráulicos adyacentes, se obtuvo indicadores en función del caudal por unidad de tiempo por longitud de tuberías del sistema por presión de la red (expresado en litros/segundo/Km de redes del sistema/bar). Es decir, el indicador anteriormente explicado dividido para la presión de servicio registrada en la red de distribución instantes antes del cierre de las válvulas de abastecimiento de la unidad de sectorización hidráulica.

Para comparar el nivel de pérdidas entre varios sectores hidráulicos e identificar aquellos donde las pérdidas de agua potable eran mayores, se representó los indicadores de pérdidas técnicas en diagramas de barras (ver figura 6).

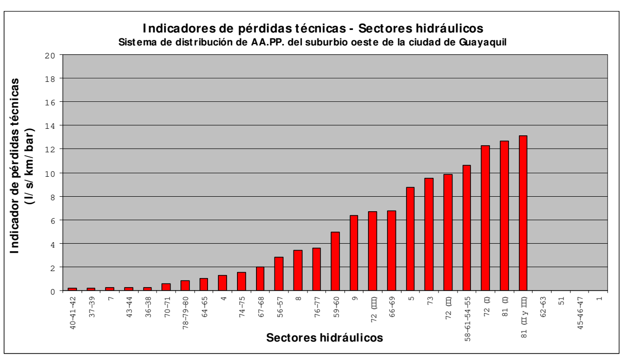


**Figura 6.** Gráfico de barras obtenido con valores de indicadores de pérdidas técnicas.

**3.3.2. Búsqueda de fugas en la red de distribución.**

La búsqueda de fugas en la red de distribución consistió en la ubicación exacta de fugas visibles y no visibles, mediante la utilización de equipos de detección electroacústica

L tabla 2 lista los equipos utilizados para la localización de fugas en la red de distribución. Los mismos que son ilustrados en las figuras 7, 8 y 9.

**Tabla 2.** Equipos de búsqueda de fugas utilizados

| Equipo | Modelo |
|---|---|
| Geófono | G-Mic |
| Geófono | X-Mic |
| Correlador acústico | MicroCorr 6 |
| Correlador acústico multidireccional | Sound Sens |

**Figura 7.** Geófono Xmic.

**Figura 8.** Correlador acústico MicroCorr 6.

**Figura 9.** Correlador acústico multidireccional SoundSens.

Para el desarrollo de la actividad de búsqueda de fugas se desarrollaron metodologías de trabajo en función del equipo empleado y según el tipo de fuga.

**Metodología de trabajo con geófonos.**

La búsqueda de fugas con geófonos se realizó en dos fases distintas: la prelocalización y la localización.

a) La prelocalización se realizó con la ayuda de la varilla de contacto, escuchando todas las partes accesibles a la tubería (generalmente válvulas o llaves de las conexiones domiciliarias) que se encuentran en la proximidad del punto supuesto de fuga.
b) La localización se realizó con la ayuda del micrófono de campana, escuchando a distancias cortas sobre la superficie del suelo en dirección al trazado de la tubería hasta ubicar el punto de fuga.

**Metodología de trabajo con correladores acústicos.**

La búsqueda de fugas con correladores acústicos consistió en identificar ruido característico de fuga, , realizando inicialmente una prelocalización para establecer los probables puntos de fugas a lo largo de la red, que luego de una localización serán ubicados con exactitud.

La prelocalización se realizó colocando los sensores electrónicos en contacto físico con los puntos accesibles de las tuberías o accesorios. Los datos producidos en cada punto de contacto físico fueron interpretados y evaluados con el propósito de identificar las áreas con fugas, o para excluir las áreas exentas de fugas. Una vez detectada la existencia de una fuga se prosiguió con la segunda parte del trabajo que es la localización exacta de la fuga con el empleo de un geófono.

Según las consecuencias que generan las fugas, se aplicaron metodologías para fugas semivisibles, y no visibles.

**Metodología de búsqueda de fugas semivisibles.**

En la búsqueda de fugas semivisibles se identificaron las manifestaciones de agua y se realizaron pruebas de campo para determinar la presencia de cloro libre en el agua. En aquellos casos en los que se constató que el agua de infiltración provenía de la red de agua potable, se buscó su origen con geófonos o correladores acústicos para precisar la localización de la fuga.

**Metodología de búsqueda de fugas no visibles.**

La búsqueda de fugas no visibles se desarrolló inspeccionando todas las tuberías y acometidas de la zona investigada con geófonos.

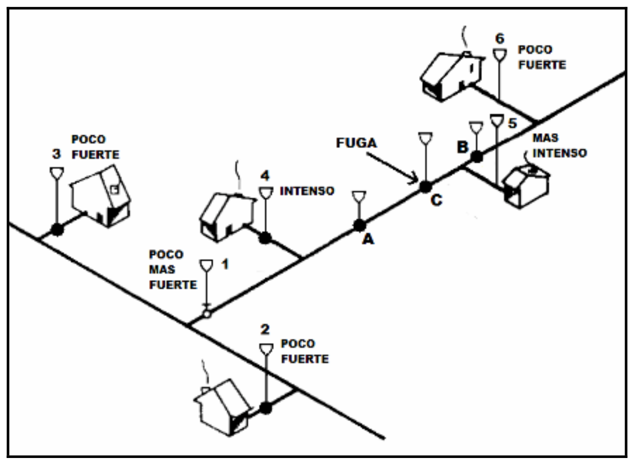


**Figura 10.** Esquema de prelocalización y localización de fugas no visibles con el empleo de geófonos.

La figura 10 presenta un caso hipotético de búsqueda de fugas no visibles con la utilización de geófonos, cuya secuencia puede ser la siguiente:

a) La varilla de exploración del geófono se aplica en la válvula 1 y luego en los medidores de las casas 2 y 3. En estos sitios se escucha un ruido ligero, que se oye en el punto 1 un poco más fuerte que en los otros dos.
b) Como el sonido en 1 es más fuerte, se aplica el geófono en los puntos 4, 5, y 6, encontrándose que es intenso en 4, más intenso en 5 y ligero o poco fuerte en 6. Esto hace suponer que la fuga queda comprendida entre los puntos 4 y 5, pero más cerca de este último.
c) Entonces se hace uso del micrófono de suelo del geófono, aplicándolo sobre la superficie del terreno correspondiente al alineamiento de la tubería en

varios puntos (A, B y C) localizados a lo largo de esta.

d) Se realiza esta tarea hasta que en uno de ellos como el C, situado cerca de la casa 5, el ruido registrado por el geófono es más intenso que en A y B. La fuga con estas condiciones, estará ubicada en el punto C.

### 3.4. Gestión de la infraestructura de la red de distribución.

La gestión de la infraestructura realizada en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil consistió en mantenimientos preventivos y correctivos, y la renovación de la red de distribución.

**Mantenimiento de la red de distribución.**

El mantenimiento preventivo de la red de distribución de AA.PP. consistió en la reparación masiva de las fugas no visibles y semivisibles reportadas por el personal de búsqueda de fugas. Esta actividad se realizó como resultado de los análisis previos de los indicadores de pérdidas técnicas obtenidos en la detección de fugas, la que definió sectores hidráulicos prioritarios en los que se realizaron búsquedas sistemáticas de fugas.

El mantenimiento correctivo consistió en la reparación de las fugas visibles reportadas por los usuarios a través de una central telefónica de atención al cliente.

Los trabajos de mantenimientos realizados fueron clasificados como reparación de fugas en la red de distribución, guías domiciliarias, y medidores.

Las reparaciones de fugas en guías domiciliarias incluyeron los daños en los diferentes accesorios de estas, tales como: collarines, tubería de la acometida, llaves de corte, neplos, uniones y llaves de control.
Las reparaciones de fugas en la red de distribución incluyeron los daños en tubería (tubería partida, perforada y rajada), fugas en accesorios de unión, empaques, uniones simples, uniones gibault, válvulas, hidrantes y tapones

**Renovación de las redes de distribución.**

La renovación de las redes de distribución de AA.PP. consistió en el reemplazo de tuberías de distribución y guías domiciliares en sectores hidráulicos con infraestructura defectuosa.

Para orientar la renovación de redes se realizaron análisis de los indicadores de pérdidas técnicas, edad de las tuberías, material de la red de distribución, y frecuencia de daños. Esto permitió seleccionar los sectores hidráulicos prioritarios excluyendo los sectores en donde las altas presiones eran la causa de las fugas.

### 3.5. Gestión de la presión en la red de distribución.

La aplicación de la gestión de la presión como estrategia de reducción de pérdidas técnicas comprendió la disminución y la regulación de la presión de servicio en los sectores hidráulicos con presiones mayores al mínimo definido por la entidad reguladora ECAPAG.
Esta actividad permitió obtener la disminución de los volúmenes de las pérdidas técnicas a través de la reducción de los caudales de fuga.

La disminución de la presión de servicio consistió en la regulación manual de válvulas de mariposa y el cierre de válvulas de compuerta correspondientes a puntos de abastecimiento de aquellos sectores con más de una válvula de abastecimiento y presiones superiores a 1 bar.
La regulación de la presión de servicio comprendió la disminución de la presión de servicio mediante la puesta en marcha de estaciones reguladoras de presión.

## 4. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología de reducción de pérdidas técnicas en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil corresponden la reducción progresiva de los indicadores relacionados con las pérdidas técnicas, y de las mejoras en la gestión del sistema de distribución.

**Reducción del caudal mínimo nocturno**

Entre septiembre del 2006 y octubre del 2008 se registró una disminución del caudal mínimo nocturno de 1953 l/s a 1294 l/s, mostrada en la figura 11. Es decir, una reducción de 659 l/s equivalente al 34%.

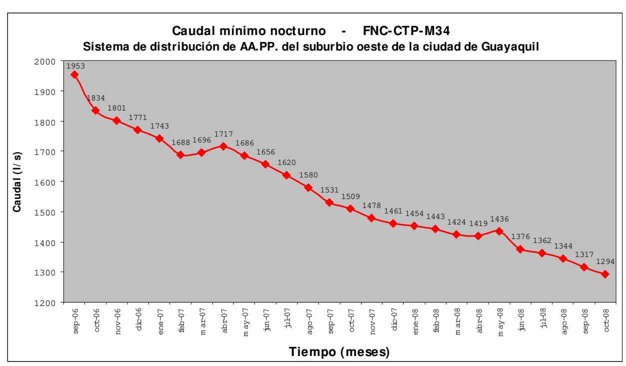


**Figura 11.** Caudal mínimo nocturno

**Reducción de los indicadores de pérdidas técnicas.**

La aplicación de la metodología de reducción de pérdidas técnicas implicó la disminución del indicador de pérdidas definido para toda la red de distribución del sector en estudio (ver figura 12), y para cada uno de los sectores hidráulicos que la dividen.

Siendo el indicador del sector igual a 4.61 l/s/km en octubre del 2006, este alcanzó en octubre del 2008 el valor de 3.06 l/s/km.

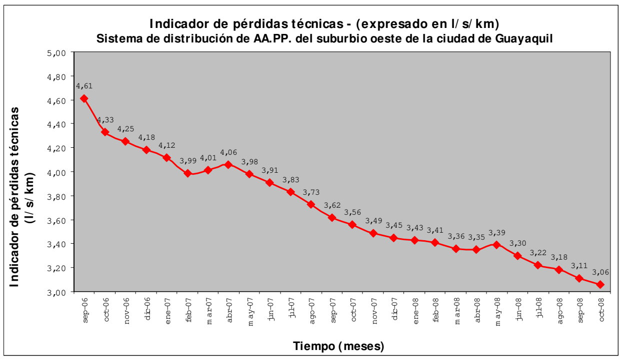


**Figura 12.** Indicador de pérdidas técnicas de la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste.

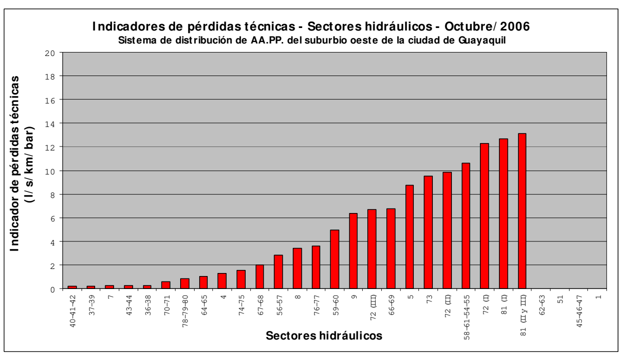


**Figura 13.** Indicadores de pérdidas técnicas de sectores hidráulicos para octubre del 2006.

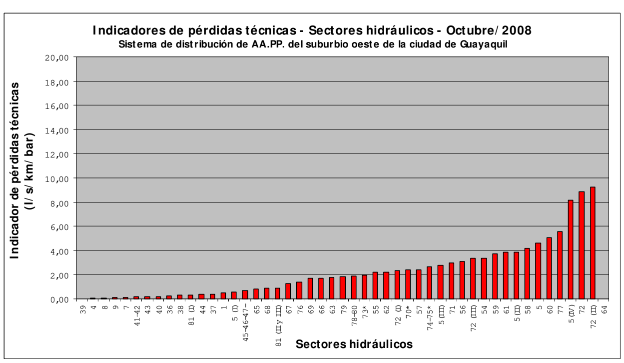


**Figura 14.** Indicadores de pérdidas técnicas de sectores hidráulicos para octubre del 2008.

Las figuras 13 y 14 muestran los gráficos elaborados con los indicadores de pérdidas técnicas calculados para los 48 sectores hidráulicos definidos en la red de distribución de la zona en estudio. La figura 13 muestra los indicadores calculados para octubre del 2006; mientras que la figura 14, para octubre del 2008.

**Reducción del volumen suministrado.**

En agosto del 2006 se suministraba a la red de distribución 5'195.000 m3. Luego de la aplicación de la metodología de reducción de pérdidas técnicas, este valor disminuyó hasta alcanzar 3'858.000m3 en octubre del 2008. Es decir, una reducción de 1'337.000 m3, equivalente a 26%, información que es mostrada en la figura 15.

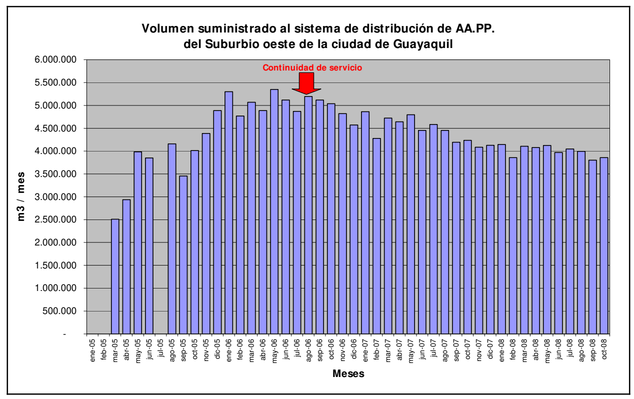


**Figura 15.** Volumen suministrado a la red de distribución entre marzo del 2005 y octubre del 2008.

**Análisis de daños localizados y reparados.**

Con base en las campañas de localización y reparación de fugas, realizadas entre el 2006 y 2008, fue posible realizar la desagregación de los daños y el análisis estadístico de las fugas localizadas y reparadas.

**Tabla 3.** Resultados de la búsqueda de fugas.

| Parámetros | 2006 | 2007 | 2008 |
|---|---|---|---|
| Total de fugas | 1137 | 1454 | 419 |
| Km investigados | 311 | 316 | 100 |
| Fugas/Km | 3,7 | 4,6 | 4,2 |

La desagregación de los daños se realizó clasificando las fugas en visibles y no visibles. Y según su ubicación en fugas en: medidor, acometida, collarín, y tubería. La clasificación de las fugas reparadas en los mantenimientos preventivos y correctivos agrupó a estas en: fugas en medidor, guía domiciliaria y fuga en la red de distribución.

**Figura 16.** Datos estadísticos de mantenimientos preventivos realizados entre octubre del 2006 y octubre del 2008.

**Figura 17.** Datos estadísticos de mantenimientos correctivos realizados entre octubre del 2006 y octubre del 2008.

## 5. Conclusiones.

Con base en los resultados mostrados podemos concluir que la metodología para la reducción de pérdidas técnicas aplicada en la red de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil dedicó los mayores esfuerzos hacia los sectores donde la incidencia de las pérdidas técnicas era más alta.

La metodología aplicada fue constituida por estrategias que involucraron actividades para el diagnóstico y análisis de las pérdidas, y la implementación de soluciones a través de la detección, localización y reparación de fugas eficaz. Lográndose por lo tanto resultados importantes a corto plazo; reduciendo el nivel de pérdidas técnicas al menor costo posible, y el tiempo de existencia de fugas a un mínimo viable desde criterios técnicos y económicos.

Siendo la sectorización hidráulica una actividad progresiva y permanente en el tiempo. En la que se trabajó inicialmente con sectores de mayor área, cuya configuración requirió pocas obras puntuales para lograr el aislamiento, hasta obtener la división total de la red de distribución en pequeñas zonas de distribución.

La detección de fugas, mediante pruebas de “Step Test”, permitieron calcular indicadores utilizados para ubicar los sectores hidráulicos con mayores problemas; posibilitando que estas sean investigadas con la finalidad de obtener la información necesaria para el análisis y reducción de las pérdidas existentes.

La búsqueda sistemática de fugas fue de las estrategias prioritarias para reducir y mantener en forma eficiente el nivel de pérdidas técnicas.

La gestión de la infraestructura comprendió el mantenimiento preventivo y correctivo de las fugas localizadas por el personal de búsqueda de fugas, la renovación de la red de distribución, y deshabilitar redes antiguas que aún se mantenían en servicio

El análisis de los mantenimientos de la red de distribución permite afirmar que las fugas en guías domiciliarias, a pesar de presentar pequeños caudales de fuga, constituyen un importante componente de las pérdidas técnicas existentes en la red de distribución de la zona de estudio. Mientras que para el caso de redes antiguas se comprobó que su instalación sin tener en cuenta el cumplimiento de normas y especificaciones técnicas básicas para la instalación de tuberías, era la causa de numerosas fugas.

La gestión de la presión en la red de distribución de la zona de estudio, mediante reducciones continuas y permanentes de las presiones de servicio, permitió la reducción del volumen de agua potable suministrado. Disminuyendo los volúmenes de las pérdidas técnicas sin comprometer los valores mínimos de servicio Representando un ahorro en los costos de reparación debido a la reducción de la frecuencia de nuevas fugas y en los costos de producción al disminuir el volumen de agua desperdiciada

## 6. Agradecimientos.

A los ingenieros. Xavier Aragón, Juan Carlos Bernal, Angela Castaño y Arturo Cabrera por los conocimientos proporcionados, y a la Empresa INTERAGUA C. LTDA. por la información facilitada para el desarrollo de este trabajo.

## 7. Referencias.

[1] Bernal J. C. y Castaño A. (2004), *“Balance hidráulico del sistema de distribución de AA.PP. de la ciudad de Guayaquil”*