

Gestión integral de pérdidas de agua: un caso de estudio

Prof. MSc. Ing. Mario Ramos Joseph
Empresa Aguas de la Habana, Palatino. Cerro. Habana.
e-mail: mramos@ahabana.co.cu

Prof. Dr. Alcides Juan León Méndez
Centro de Investigaciones Hidráulicas, Facultad de Ingeniería Civil. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). Marianao, Habana.
e-mail: aleonm@cih.cujae.edu.cu

RESUMEN

La gestión integral de pérdidas reales ha tomado gran relevancia en las últimas décadas para las empresas gestoras del ciclo integral del agua. Esto se debe fundamentalmente a que globalmente la demanda del recurso natural está aumentando y sus fuentes están disminuyendo. El presente trabajo describe la utilización de una metodología, orientada a la gestión de las pérdidas reales, aplicada a un caso de estudio, donde se expone como se maneja lo que se han dado en llamar, en la última década, pilares de las pérdidas reales. Además se demuestran los resultados prácticos de la metodología en cuestión, así como su importancia para lograr un uso racional del agua.

Palabras clave: abastecimiento, agua no registrada, pérdidas de agua, pérdidas reales, pilares de las pérdidas reales.

Management of water losses: a case study

ABSTRACT

The integral management of real losses of water has been given great relevance in the last decades by the agents of water companies. This is because the demand of water is globally increasing and the sources of the natural resource are diminishing. This work describes the use of a methodology oriented to the management of real losses of water applied to a case study. In the methodology, management of the pillars of losses is exposed as applied to the case, and the practical results of the referred methodology are demonstrated and its importance for a correct administration of the water on the basis of a rational use of the resource.

Keywords: water supply, non-registered water, water losses, pillars of the lost real

INTRODUCCIÓN

Globalmente la demanda de agua está aumentando y las fuentes de la misma están disminuyendo, el agua es ya un recurso en escasez y aunque el 70% del planeta está cubierto de agua solo el 2,5% de la misma es agua potable, y de esta se tiene acceso a menos del 1% para uso humano de acuerdo con ONU (2003).

En el caso particular de la empresa Aguas de la Habana, desde su creación los directivos de la empresa se dieron a la tarea de fomentar las estrategias necesarias para la implantación y puesta en marcha de un proyecto de disminución de los índices de aguas no registradas, el presente trabajo es resultado de esos esfuerzos aplicados a un sector específico y tiene como objetivos:

- Establecer una metodología para el control integral de las pérdidas reales de agua.
- Determinar el impacto de cada pilar de las pérdidas reales en la disminución del volumen de agua no registrada.
- Desarrollar una valoración económica sobre la base de los resultados obtenidos.

Para lograr esto se escogió un sector con varios años de existencia, ubicado en el municipio Playa, en el Oeste de la ciudad de la Habana.

Flores es un reparto abastecido por la fuente de abasto Ariguanabo, el cual aporta un promedio de 2400 L/s/día. Un 2,4 por ciento de este caudal de agua es el que consume, en días alternos, el sector en estudio.

El sector Flores es un sector conformado por 1073 clientes de los cuales 930 están metrados y 143 son no metrados. Está compuesto por 949 clientes domésticos con una población total de 2941 usuarios, el resto de los clientes son instituciones estatales que comprende tiendas, mercados y edificaciones de uso múltiple. Hidráulicamente tiene 8,3 km de red, el servicio de agua se recibe por dos entradas, una de 100 mm, y otra de 300 mm. Las presiones de servicio de entrada tienen un promedio de 12 mca en la entrada de 100 mm y pueden llegar a 35 mca en la entrada de 300 mm, su red de distribución está compuesta fundamentalmente por tubería de hierro fundido de 100 y 150 mm, con 610 acometidas y 95 cisternas no tiene establecidos pisos de presión.

La metodología propuesta cuenta con varias etapas fundamentadas en los que se han dado en llamar en la última década los cuatro pilares de las pérdidas reales según Farley and Trow (2003), unido a un análisis de costo- beneficio. La misma se desarrolla secuencialmente de acuerdo a las siguientes etapas: gestión de la infraestructura, control activo de fugas, velocidad y calidad de las reparaciones, gestión de la presión y el costo de implantación y beneficio,

La adecuada gestión de estos factores de forma mancomunada, es la gran diferencia entre una gestión integral de pérdidas y una gestión aleatoria y desorganizada de las mismas.

Como antecedente cronológico se tiene una propuesta desarrollada por Mendez (2005) la cual establecía las etapas necesarias para definir el índice de infraestructura, el cual permite evaluar el estado en que se encuentra un sector y además es un referente para compararse con otros sectores, herramienta siempre necesaria para establecer las metas para una mejora continua.

LA GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

El método primario más utilizado para la gestión de la infraestructura es la sectorización; es por esto que las primeras acciones estuvieron dirigidas a definir aquellas incógnitas que durante los últimos años se habían acumulado con respecto a este sector, para ello se implementó un plan que se expone a continuación:

- *Calidad de la macromedición.* El sector Flores, se hereda por la empresa Aguas de la Habana con un sistema de macro-medición realizado por la empresa Aguas del Oeste. Sin embargo esta macromedición no garantizaba una correcta calidad en la medición pues no estaban instalados todos los elementos necesarios para macro-medir, válvula, filtro y contador y se tenía este último unido al filtro, lo que provocaba que se violara la longitud de tramo estabilizador aguas arriba del contador, lo cual disminuye la precisión de la medición. Esto se avala con los criterios de Arregui de La Cruz et al.(2010), el cual plantea que, en sentido general, todos los caudalímetros necesitan de longitudes mínimas de tramos rectos aguas arriba y aguas abajo del elemento primario incluyendo a los contadores de agua. Bajo estos criterios se reinstalaron nuevamente los macro medidores de entrada al sector y se aumentó la confiabilidad en los consumos medidos.
- *Estanqueidad del sector.* Dentro de los temas que es necesario tener en cuenta está el garantizar la estanqueidad del sector de acuerdo con Fanner et al. (2007). Para este caso particular se realizaron, en varios momentos, cierres de las dos entradas para comprobar la estanqueidad del sector y se revisó el sistema aislado de esta forma. Lo anterior permitió detectar la existencia de una pequeña zona que estaba recibiendo servicio de otro conducto ajeno al sector en cuestión y automáticamente descontar sus clientes del mismo.
- *Instalación de metros colectivos y metraje de acometidas.* Los bajos rendimientos de años anteriores en distintos sectores, y las dificultades económicas por las que atravesaba la empresa crearon las condiciones propicias para la existencia de una nueva estrategia para resolver dos problemas: realizar un metraje eficaz y racional, con un mínimo de inversión y contabilizar los volúmenes que realmente se entregan a los clientes del área residencial cuando estos no pueden ser medidos individualmente. La estrategia en cuestión que se tomó fue el metraje masivo de las acometidas colectivas en zonas sectorizadas. Para Flores este trabajo de metraje comenzó a mediados del 2004 y finalizó en los meses de marzo a diciembre del 2005; los resultados de esta gestión se observan ya a partir del 2004 pues comienzan a mejorar los indicadores del sector.
- *Gestión de la calidad de lectura.* Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta es garantizar un 100% de confiabilidad en los ciclos y calidad de las lecturas realizadas por los lectores cobradores. Para cumplir este objetivo se realizó un ciclo de lecturas de contadores de varios clientes, permitiendo determinar irregularidades en las lecturas, y tomar las medidas necesarias para evitar estas acciones y poder obtener un balance de consumos mensual real.
- *Gestión de clientes.* A partir de los primeros censos se realizó un levantamiento de clientes y la determinación de su nivel de metraje, con este levantamiento se tomaron las medidas necesarias para una ágil y eficaz gestión comercial de clientes, las que propiciaron el aumento de las aguas contabilizadas y por lo tanto el aumento del rendimiento técnico. Dentro de los resultados que aporta este pilar se encuentra el haber identificado 63 nuevos clientes, que permitieron un aumento considerable del consumo micro-medido y la facturación de la empresa. Para una mejor comprensión se presenta la figura 1, donde se observa a partir de la información que aportan las bases de datos comerciales el comportamiento mensual del consumo micro-medido en el sector durante el 2005. La figura 1 muestra cómo fue comportándose el consumo micro-medido del sector a partir de las altas masivas de contadores colectivos.

EL CONTROL ACTIVO DE FUGAS

La gestión de este pilar se realizó en dos etapas:

- Monitoreo de consumos macro-medidos y al mismo tiempo ciclos de peinados regulares de la red (consiste en revisar el trazado de la red en busca de salideros visibles), con los primeros se pudo monitorear el consumo en $\text{m}^3/\text{día}$ para detectar cambios significativos en el consumo del sector, en el caso de los ciclos de peinados de la red, a partir de la información macro-medida se realizaban los mismos.
- En una segunda del sector permitieron obtener caudal y presión durante las 24 horas del día, dato importante para chequear el comportamiento estadístico de los consumos macro-medidos.
- Como resultado de esta gestión se tiene la figura 2 que muestra todos los salideros detectados en el sector durante los años 2004 y 2005, es de destacar que durante el 2004 pasaron a bases de datos 23 salideros para las bases de mantenimiento y en el 2005 se llegó a tener 37, lo que demuestra claramente la incidencia del control activo de fugas en la gestión de las pérdidas del sector.

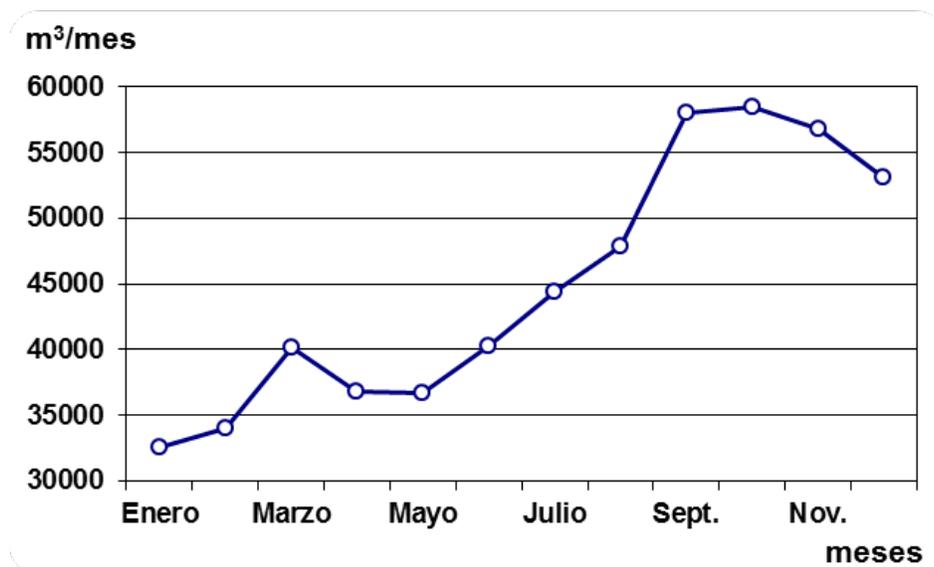


Figura 1. Evolución del consumo mensual

Con la información recolectada en tiempo real durante 18 días de diciembre 2015, empleando dataloggers, se obtuvo el Histograma de Consumo del sector como muestra la figura 3.

El gráfico muestra que los consumos son desproporcionadamente altos, y definen la necesidad de realizar un estudio de consumos para definir algunas incógnitas como el caudal mínimo nocturno.

También se tiene la evolución de los consumos mensuales macro-medidos leídos durante el 2005, como se observa en la figura 4, que demuestra la existencia de un control activo de fugas entre otros factores y un todavía incipiente control de los consumos.

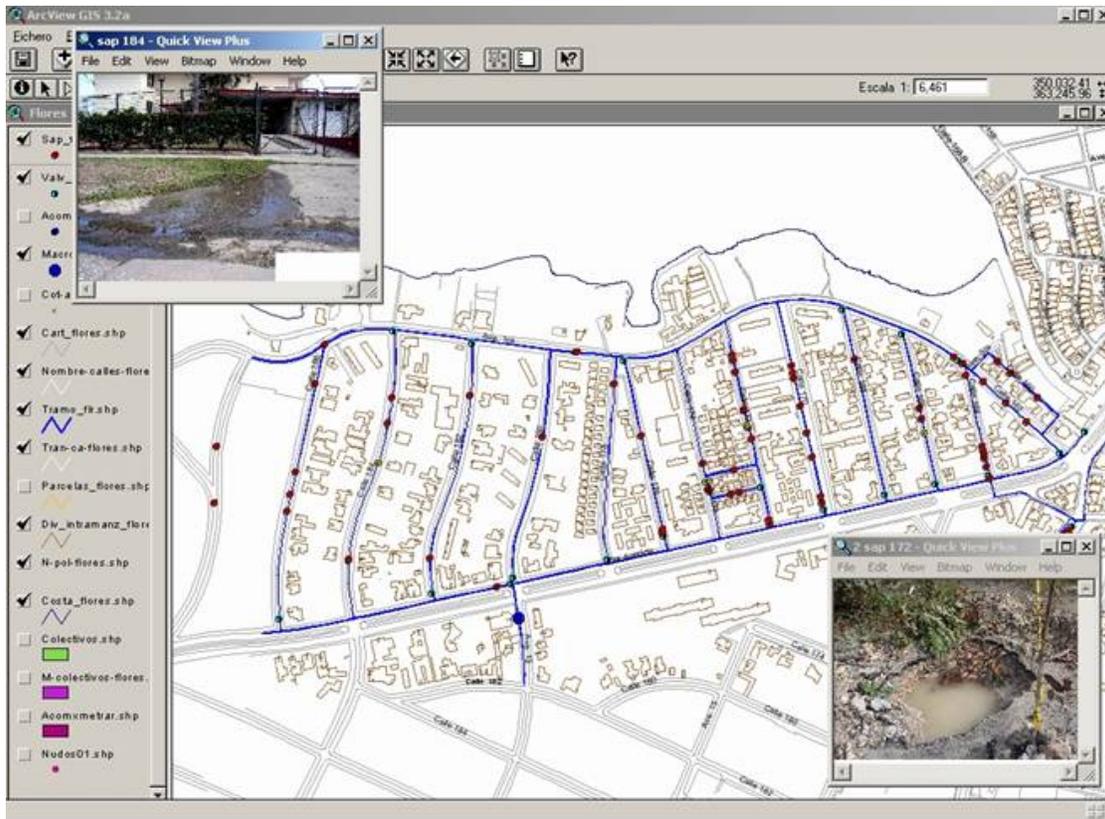


Figura 2. Salideros detectados en Flores durante el 2004 y el 2005

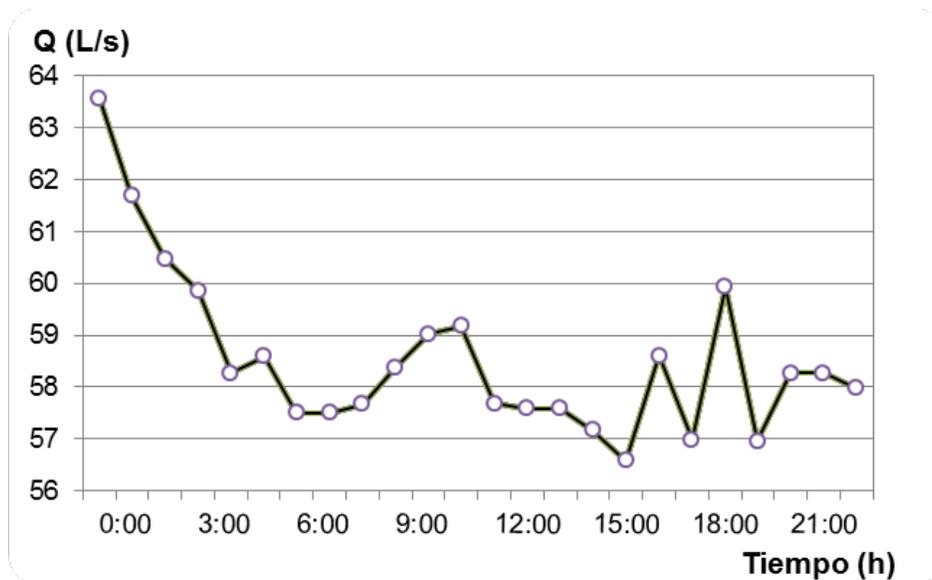


Figura 3. Evolución diaria promedio del consumo en el sector

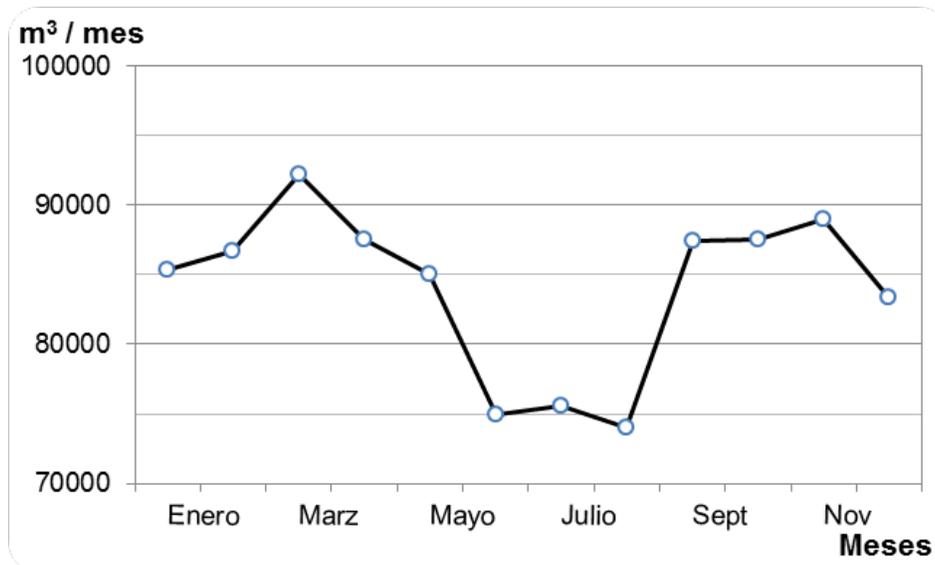


Figura 4. Evolución del consumo macro-medido

Del análisis de la figura 4 se desprenden las siguientes conclusiones:

- Existe un periodo que muestra la acción de la supresión de salideros, como se observa en los meses de junio, julio, y agosto.
- Se observa un aumento del consumo en octubre debido al aumento del horario de servicio el cual comienza a disminuir nuevamente en diciembre, debido a la acción de la supresión de salideros.

Otro factor, no menos importante, es la cantidad de salideros detectados entre uno y otro año, como se observa en la figura 5.

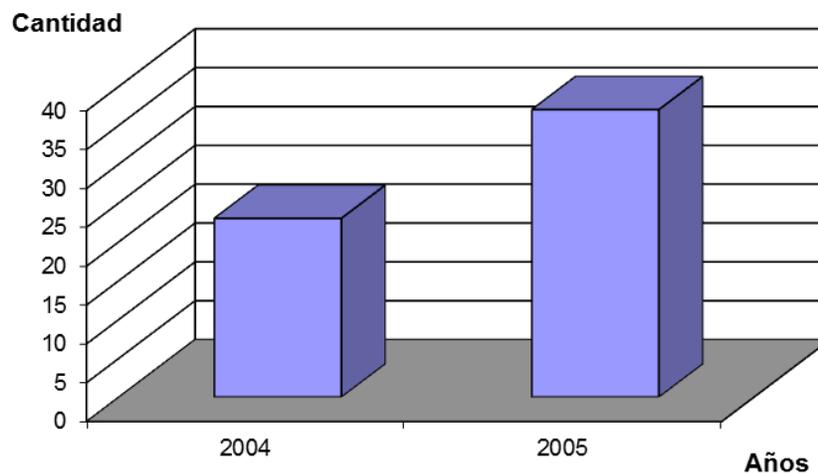


Figura 5. Evolución de salideros detectados en el sector

VELOCIDAD Y CALIDAD EN LAS REPARACIONES

En este punto, la gestión se dirigió, fundamentalmente, a mantener un registro actualizado de órdenes de trabajo (OT) del sector con el objetivo de ir analizando tres factores:

- La existencia de una prioridad para realizar los trabajos.
- La repetición en la ocurrencia de los salideros detectados y suprimidos
- El tiempo de duración de los salideros que se encuentran con OT abierta y están pendientes de ejecución.

Para priorizar la realización de los trabajos, se tomó la decisión, por parte del consejo de Aseguramiento del Abastecimiento de Agua (AAA), de darle a los trabajos de mantenimiento y demás acciones en Flores la máxima prioridad, en este caso la 0. Esto demuestra la importancia de los trabajos y la necesidad de una ejecución ágil.

Para la detección y supresión de los salideros se decidió compatibilizar la aparición de nuevos salideros con los ya existentes y suprimidos, en aras de determinar patrones de tendencia de ocurrencia de salideros en la red, ya sea por problemas de mala calidad de los materiales utilizados o por fallas en la mano de obra, todo esto apoyado en la aplicación SIG tal y como muestra la figura 2.

Mantener la duración de los salideros en su nivel más bajo es el objetivo fundamental tanto del Control Activo de Fugas, como de la Velocidad y Calidad de las Reparaciones de Salideros, por lo que se contabilizó el tiempo de duración de cada OT para poder monitorear la evolución de la gestión de salideros por parte de las áreas involucradas. Con esto se pudo llegar a conocer el tiempo promedio de ejecución de los trabajos aún con la prioridad cero lo cual es un excelente indicador para la empresa.

Dentro de los resultados en este aspecto, se encuentra tener los salideros referenciados espacialmente como muestra la figura 2, lo que permitió definir que la mayor ocurrencia de salideros ocurre en las acometidas por lo que es el elemento de red más vulnerable.

Otros resultado es que se obtuvo una velocidad de reparación de salideros, muy inferior a la de años anteriores, en este caso el 2004, lo que demuestra la validez de las actuaciones orientadas a la gestión de pérdidas tal y como muestra la figura 6.

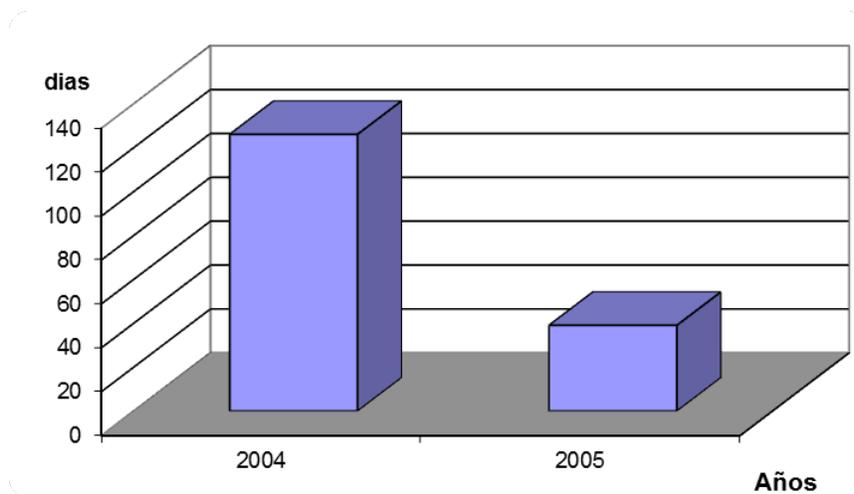


Figura 6. Velocidad promedio de reparación de salideros

Otro resultado obtenido está relacionado al Control Activo de Fugas y lo constituye la optimización de la red por la gestión de los distintos factores, debido a esto se obtiene, como

muestra la figura 7, como disminuye, de forma apreciable a partir del 2003, el consumo macro-medido del sector a partir de las acciones del 2004 y 2005.

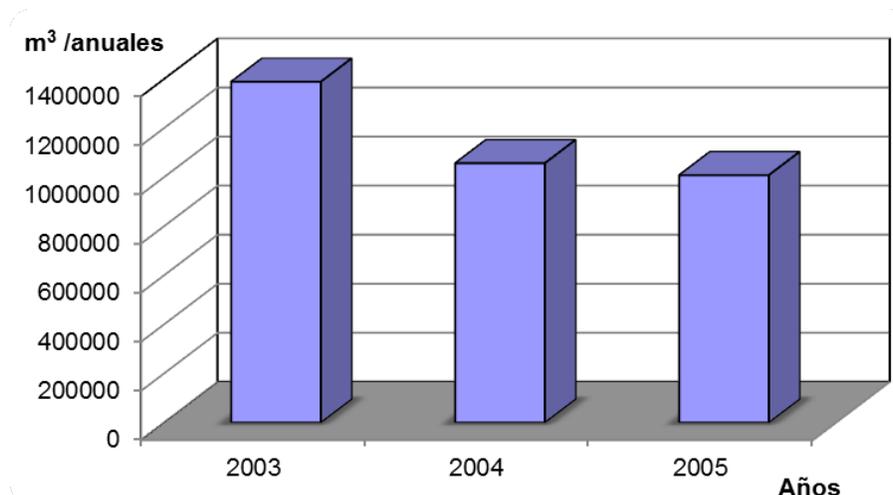


Figura 7. Evolución del consumo macro-medido del Sector

GESTIÓN DE LA PRESIÓN Y LOS CONSUMOS

Para la gestión de este pilar de las pérdidas se partió de la instalación de una válvula de control de caudal en la entrada de 300mm con la que se comenzó a reducir el consumo macro-medido del sector, esto tiene un positivo efecto inmediato pues se optimiza la operación de la red. Los resultados en esta dirección se exponen a continuación.

El primer resultado de la gestión de los consumos consiste en haber logrado reducir el caudal de entrada de 67 L/s y demás fluctuaciones a tan solo 50 L/s durante 15 días de enero del 2006, pero este resultado no se pudo mantener por la detección de problemas de falta de agua en una calle del sector, este hecho injustificado con respecto a caudal y presión entrante, alerta la dificultad de no tener aun el sector modelado, y obligó a detener la regulación hasta poder detectar la causa del problema y su posterior solución.

Como resumen de la acción de los pilares de las pérdidas, se considera que la mejor metodología es aquella que acciona sobre los pilares de las pérdidas reales pero sin definir un orden para cada uno, se debe tener una fotografía lo más cercana posible de la realidad desde los parámetros fundamentales hasta el catastro de redes y en función de esto ir realizando las acciones que más resultados y menos costos aporten.

Es de destacar que para la gestión de los pilares de las pérdidas reales se involucraron distintas estructuras de la empresa pertenecientes a todas las direcciones y se utilizaron aplicaciones informáticas como la AS 400, el ACIS, el SIG lo que demuestra la necesidad de un trabajo mancomunado dentro de la empresa de aguas para una correcta gestión de las pérdidas.

La gestión de los pilares de las pérdidas se puede analizar mediante la evolución de algunos indicadores que resumen la gestión del sector en el periodo 2003-2004, los mismos son:

- Rendimiento promedio anual
- Dotación promedio anual
- Pérdidas acumuladas anuales

A partir de este resultado el rendimiento promedio anual se comporta muy favorablemente tal como lo muestra la figura 8.

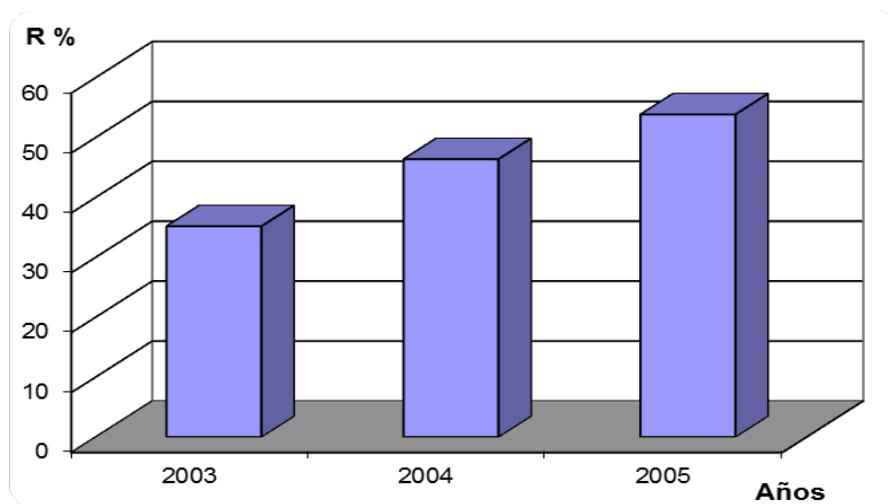


Figura 8. Rendimiento promedio anual

En el análisis de la información que brinda la figura 8, se detecta un aumento favorable en la evolución del rendimiento promedio anual como respuesta lógica ante las acciones intensivas que comenzaron a finales del 2004 y durante el 2005.

En el caso de las pérdidas acumuladas anuales sus resultados se observan en la figura 9. En la misma se llega a la conclusión de que entre el 2003 y el 2005 las pérdidas acumuladas anuales han disminuido un total de 470 240m³/anuales, y reconoce este valor como el mayor beneficio obtenido, este valor se desdobra en un valor de disminución del consumo macro-medido de 380 511m³/anuales, que se traduce en aumento de eficiencia de la red y 89 729m³/anuales como un aumento de volumen a facturar dentro del sector.

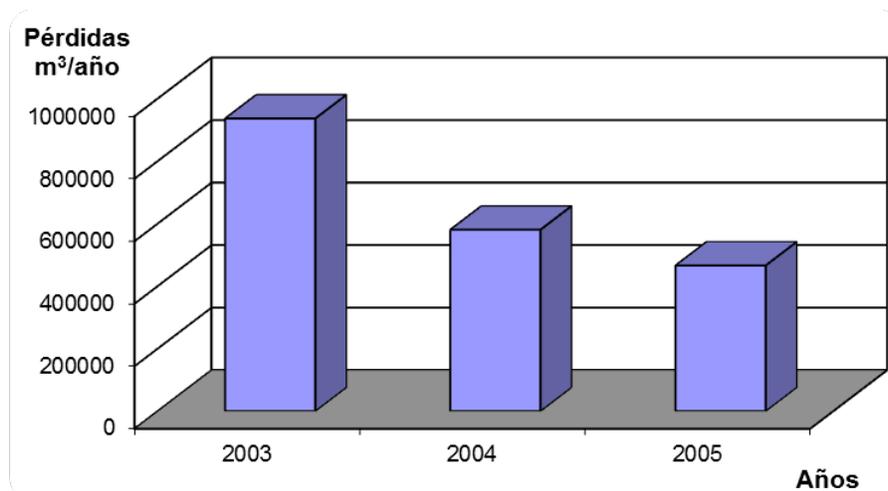


Figura 9. Evolución de las pérdidas

Mientras tanto el parámetro de la dotación promedio anual ha disminuido en forma apreciable en 280Lppd a partir de los valores que se reportan en el 2003, como se observa en la figura 10 que demuestra cuánto queda por hacer.

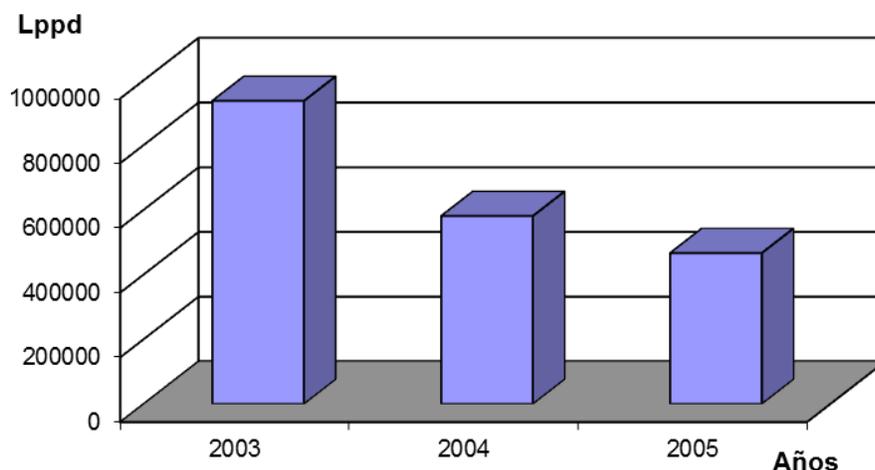


Figura 10. Evolución de la dotación

Como se puede observar estos resultados de los indicadores principales del sector permiten concluir la importancia de las acciones realizadas durante el periodo y los resultados obtenidos debido a las mismas.

ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

En los párrafos siguientes se desarrolla el análisis de la quinta etapa de la metodología propuesta, realizando un análisis de los costos de implementación y de los beneficios que se obtienen a partir de su aplicación. En sentido general el cálculo de los costos se realizó en dos etapas fundamentales:

1) Una primera, que incluye a la mayoría de las áreas en cuestión, en la cual a la tarifa horaria de cada trabajador, tanto en moneda nacional como en usd, se le multiplica un fondo de tiempo horario.

2) Una segunda, en la que de acuerdo a la ficha de costo obtenida a partir de los costos generados por cada OT en todos los renglones (fuerza de trabajo, equipos materiales e insumos), se obtiene igualmente un total en unidades monetarias.

En función de estos criterios, es que se determinan los costos incurridos en el periodo para los que se calcularon, independiente, los costos del 2004 y 2005 tal y como muestra la tabla 1.

Tabla 1. Costos totales del periodo

Áreas involucradas	Costo (CUP)	Costo (USD)	Total (UM)
Costos del 2004	3217,15	626,17	3843,32
Costos del 2005	8198,83	7026,12	15224,95

A partir de los resultados de la tabla 1 se puede concluir que durante el periodo examinado se invirtieron en el sector 19 068,27 UM (unidades monetarias).

A partir de los resultados obtenidos, los beneficios que se derivan de ellos se van a analizar en tres vertientes, por facturación, por ahorro y la social.

Beneficio por facturación

Se comienza por reconocer que del beneficio obtenido de la disminución de las pérdidas acumuladas anuales 470 240m³/anuales, se deriva un aumento de la facturación de un volumen de 89 729m³/anuales, de este volumen solo se factura el 60% pues el resto pertenece a los contadores colectivos⁷ para lo que se obtiene en la tabla 2.

Tabla 2. Beneficios totales por aumento de volumen micro-medido

	Residencial (CUP)	Estatal (CUP)	Divisa (USD)
Precio del agua	0,5	0,35	0,99
% volumen facturado	0,615	0,16	0,225
Aumento del volumen macro-medido anual	53837	53837	53837
Subtotal	16554,9	9232,4	
Total (UM)	28802,1		

Beneficio por ahorro de producción de agua

Partiendo de la hipótesis de que el volumen de agua recuperada anual del sector, se puede analizar también como un volumen que se va a dejar de producir, este costo automáticamente se debe convertir en un beneficio al dejar la fuente de extraer esta agua del acuífero. Los resultados de este beneficio aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Monto de recuperación por este concepto

	CUP/m ³	Volumen (m ³)	Total (CUP)
Beneficios por compra de agua	0,0018	380511	684,9
Beneficios de energía eléctrica	0,022	380511	8371,2
Total			9056,2

Al resumir en una sola tabla los beneficios antes mencionados se obtienen los resultados que aparecen en la tabla 4.

Tabla 4. Beneficios económicos de la gestión

Beneficios	UM
Por aumento de facturación	28802,1
Por ahorro de agua	9056,2
Totales	37858,3

Este resultado expresado como costo en UM (unidades monetarias) es el beneficio que ha obtenido la empresa como resultado de la gestión en el sector durante el periodo 2003- 2005.

Análisis de la relación costo-beneficio

Tomando los resultados de los costos y beneficios determinados anteriormente se puede llegar a determinar la relación costo beneficio para los resultados, y determinar la tasa de reproducción interna para este beneficio.

Para esto se debe determinar el costo anualizado total (*CAT*) para cada variante (Martínez 2000) según ecuación (1).

$$CAT = I * (A/p) + CA \quad (1)$$

donde: *CAT*: Anualidad equivalente a todo el grafico de costos con una duración igual a la de dicho gráfico.

I: Inversión inicial, en este caso el costo total de inversión del periodo analizado.

CA: Costo anual necesario para mantener el beneficio alcanzado.

(A/P): Factor de conversión para anualizar la inversión, en este caso la anualidad de un capital presente.

Para complementar la ecuación anterior se procede primeramente a determinar el costo anual *CA* y con este resultado conocido, se puede pasar entonces al cálculo del *CAT*, que se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Costo anualizado total para diferentes tasas de interés

No.	<i>r</i>	<i>n</i>	<i>I</i>	<i>(A/P)</i>	<i>CA (UM)</i>	<i>CAT (UM)</i>
1	6	20	19298,9	0,08718	7902,08	9584,6
2	7	20	19337,4	0,09439	7902,08	9727,3
3	8	20	19375,8	0,10185	7902,08	9875,5
4	9	20	19414,2	0,10955	7902,08	10028,9
5	10	20	19458,7	0,11746	7902,08	10187,0
<i>r</i> : tasa de interés <i>n</i> : número de años UM: unidades monetarias						

Para este análisis se consideran los costos totales parciales determinados anteriormente tanto el del 2004 como el del 2005, donde ambos representan la inversión necesaria para poder cumplir con la gestión explicada antes, se debe calcular el valor de la inversión total (*I*) obtenida al sumar los costos del 2004 más los del 2005 pero llevando en este caso los del 2004 al 2005 mediante un valor futuro tal y como expresa Martínez (2000).

Otro parámetro a tener en cuenta es la *TRI* (tasa de reproducción interna). Igualmente se determina el pago por amortización que no es otra cosa que el pago por depreciación de la obra mediante la ecuación (2). Los datos del pago por amortización aparecen en la tabla 6.

$$A_A = I * (A / F) \quad (2)$$

donde: *A_A*: Amortización.

I: Inversión inicial, en este caso el costo total de inversión del periodo analizado.

(A/F): Factor de conversión de interés compuesto. Determina la anualidad de un capital futuro.

Tabla 6. Determinación de pago de amortización

No.	r	n	I	(A/F)	Amortización (UM)
1	6	20	19298,9	0,02718	524,5
2	7	20	19337,4	0,02439	471,6
3	8	20	19375,8	0,02185	423,4
4	9	20	19414,2	0,01955	379,5
5	10	20	19458,7	0,01746	339,6

A partir de tener determinados todos los elementos se puede llegar a obtener la relación beneficio-coste y el gráfico correspondiente, tabla 7.

Tabla 7. Relación beneficio-coste

r	Pago de amortización	CA	CAT	Beneficio	B/C	$B-C$
6	524,5	7902,08	9584,6	37858,3	3,95	28273,7
7	471,6	7902,08	9727,3	37858,3	3,89	28131,0
8	426,4	7902,08	9875,5	37858,3	3,83	27982,8
9	379,5	7902,08	10028,9	37858,3	3,77	27829,4
10	339,6	7902,08	10187,0	37858,3	3,72	27671,3

Beneficio (F): beneficio económico de la gestión
 $B/C, B-C$: cociente y diferencia entre el Beneficio (F) y el CAT

Para estos resultados la tasa de reproducción interna (TRI) que se obtiene es 154% lo que permite concluir que es una inversión muy favorable y eficiente desde el punto de vista económico.

Relacionando los principales parámetros de la tabla 7, o sea las distintas tasas de interés y la relación B/C se obtiene la figura 11, la cual confirma cómo en función del aumento de la tasa de interés la rentabilidad de los trabajos disminuye.

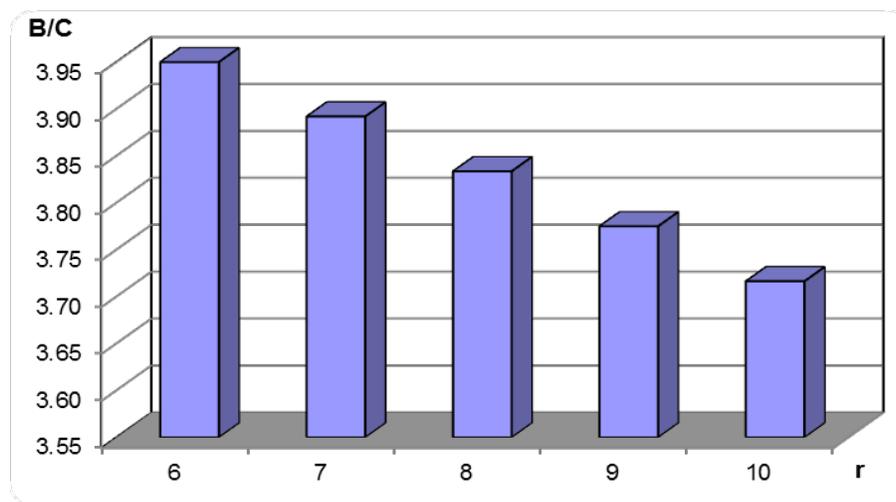


Figura 11. Evolución de B/C vs. tasa de interés

Beneficios sociales

Para el análisis de los beneficios sociales se realizó una encuesta en el sector con el objetivo de determinar los resultados de la gestión del 2005, a partir del análisis de una muestra de 125 clientes estratificados en la misma proporción en que se comporta el 100% de los clientes, con las respuestas a la misma se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Encuesta realizada en el sector

Pregunta	Sí (%)	No (%)	NTC (%)
¿Ha mejorado el servicio en el periodo 2004-2005?	86,1	9,0	4,9
¿El servicio hoy cumple sus expectativas?	85,2	11,5	3,3
¿Su vivienda ha presentado salideros internos?	50,0	40,2	9,8
¿Ha tenido los recursos para suprimir los salideros?	11,5	53,3	35,2
¿Su nivel de almacenaje cubre sus necesidades?	91,8	6,6	1,6
Leyenda: NTC- no tiene criterio.			

Para hacer una correcta interpretación de las respuestas o resultados se utilizó un análisis estadístico a partir de auxiliarse con una tabla de contingencia según Miller y Freund (2015) con el objetivo de poder determinar la correspondencia existente entre la respuesta dada por los clientes y la respuesta esperada.

Desarrollando la tabla anteriormente mencionada se llega a determinar el coeficiente C de contingencia, el cual de acuerdo con Miller y Freund (2015) y Castilla et al. (2004) debe estar entre 0 y 1 y se puede interpretar de la siguiente forma:

1. Cuanto más se acerque a 0 menos asociación hay entre los atributos A y B.
2. Cuanto más se acerque a su cota superior (1) existe mayor asociación hay entre los atributos A y B.
3. Cuando es 0 no hay asociación entre los atributos A y B, son independientes.

En este caso particular el coeficiente $C = 0,56$ al estar más cerca de 1 que de 0 permite comprobar en términos estadísticos que existe una correspondencia o asociación adecuada entre las respuestas dadas por los clientes y las respuestas esperadas lo que permite validar los resultados de la encuesta.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la realización del ejercicio en el sector Flores se puede concluir que:

- a) Una adecuada gestión de los pilares de las pérdidas reales implica ahorro del preciado líquido, mejor conocimiento de las redes, sus clientes y características, todo lo cual se traduce en mejora de la imagen y la eficiencia de la empresa, en clientes satisfechos y en ahorros sustanciales de recursos al país y al medioambiente.
- b) La gestión integral de pérdidas en el periodo analizado, permite obtener un beneficio para la empresa de 37858.3 unidades monetarias para una tasa de reproducción interna de 154%.
- c) El uso de los contadores colectivos es una estrategia clave para reducir las ANR.
- d) Los clientes del sector han creado altos niveles de almacenaje para garantizar tener el servicio de 24 horas lo que se traduce en consumos desproporcionados.

- e) Los clientes no tienen los recursos necesarios para suprimir los salideros interiores.

RECONOCIMIENTO

Se agradece a la empresa Aguas de La Habana por su apoyo y a los especialistas de la misma, especialmente del departamento de Gestión Tecnológica por la colaboración y valiosos aportes que se han recibido para lograr culminar este trabajo.

REFERENCIAS

- Arregui de La Cruz F. J., Cabrera E., Cobacho R.** (2010). "Integrated Water Meter Management". Edit. IWA Publishing. ISBN: 9781843390343. London. United Kingdom.
- Castilla D., Córdón E., Cortes C., Jiménez R. y Pérez G.** (2004). "Temas escogidos para la diplomatura en ciencias empresariales". Tema 6. Universidad de Huelva, España.
- Fanner P., Thornton J., Liemberger R. and Sturm R.** (2007). "Evaluating water loss and planning loss reduction strategies". Edit. American Water Works Association (AWWA). ISBN: 978-15-832-1531-9. USA.
- Farley M. and Trow S.** (2003). "Losses in water distribution networks". Edit. IWA Publishing, ISBN: 1-900-222-11-6. London, United Kingdom.
- Martínez J. B.** (2000). "Economía de los recursos hidráulicos". Edit. Poligráfica Félix Varela, ISBN: 929-258-582-2. La Habana, Cuba.
- Mendez O.** (2005). "Metodología para el diagnóstico de pérdidas reales en los abastecimientos urbanos", Tesis de maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, La Habana, Cuba.
- Miller I. y Freund J. E.** (2015) "Probabilidad y estadística para ingenieros". Edit. Reverté S.A. ISBN 978-84-291-5094-0. Barcelona. España.
- ONU (2003).** "Agua para todos. Agua para la vida. Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo". Naciones Unidas. Disponible en:
<http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>