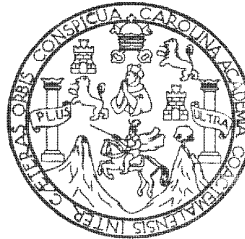


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL FLUJO MÍNIMO NOCTURNO PARA LA  
DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE AGUA POTABLE  
DE LA COLONIA VILLASOL ZONA 12, DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

ESTUDIO ESPECIAL  
PRESENTADO A LA  
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y  
RECURSOS HIDRÁULICOS  
POR

**ING. JORGE MARIO GODÍNEZ BAUTISTA**

ASESORADO POR: MSC. ING. FÉLIX DOUGLAS AGUILAR CARRERA

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL GRADO ACADÉMICO  
MAESTRO EN INGENIERÍA SANITARIA  
(MAGISTER SCIENTIFICAЕ)

Guatemala, noviembre de 2004

# INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
RESUMEN	III
JUSTIFICACIÓN	IV
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	VI
HIPÓTESIS	VI
INTRODUCCIÓN	VII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	VIII
BENEFICIOS ESPERADOS	IX
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. Generalidades	7
2.2. Descripción de las pérdidas	10
2.2.1. Pérdidas no físicas	10
2.2.2. Pérdidas físicas	12
2.3. Zonas hidráulicas discretas	13
2.4. Zona piloto	13
2.5. Método del Flujo Mínimo Nocturno	14
<b>3. MARCO PRÁCTICO</b>	<b>23</b>
Situación actual de la colonia Villasol	23
3.1. Localización	23
3.2. Ubicación	23
3.3. Viviendas	26
3.4. Población	27

3.5.	Situación Socioeconómica	27
3.6.	Abastecimiento de agua de la colonia	28
3.7.	Tipos de usuario de la colonia Villasol	30
3.8.	Red de distribución	32
3.9.	Micromedición de la colonia Villasol	35
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>37</b>
4.1.	Investigación Preliminar	37
4.1.1.	Actividades de Gabinete	37
4.1.2.	Actividades de campo	40
4.2.	Aplicación del Método del Flujo Mínimo Nocturno	48
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>	<b>57</b>
5.1.	Datos registrados por el macro medidor	57
5.2.	Toma de lecturas horarias	58
5.3.	Toma de lecturas diarias	63
5.4.	Estudio de altos consumidores	67
5.5.	Prueba por pasos	69
<b>6.</b>	<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>75</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Ubicación de fugas en redes de distribución	12
2	Flujo mínimo nocturno	15
3	Flujo nocturno entregado	17
4	Fugas en distribución por flujo nocturno	18
5	Modificaciones del flujo mínimo nocturno para Villasol	19
6	Flujo mínimo nocturno para Villasol	20
7	Plano de localización de Villasol	24
8	Plano de ubicación de Villasol	25
9	Calles y tipos de vivienda en Villasol	26
10	Integración de la tarifa de Empagua	29
11	Plano de la red de distribución de Villasol	34
12	Ubicación del macro medidor y el gabinete utilizado	41
13	Macro medidor instalado	42
14	Gabinete y <i>logger</i> utilizados en Villasol	43
15	Estado de válvulas	44
16	Estado de medidores en Villasol	45
17	Diseño de la prueba por pasos	47
18	Distribución de medidores estudiados en Villasol	50
19	Plano de ubicación de viviendas en Villasol	55
20	Presión y caudal registrado por el macro medidor	57
21	Consumo acumulado en 24 horas	59
22	Consumo promedio horario	60
23	Relación de consumo acumulado y promedio horario	61
24	Flujo mínimo nocturno en Villasol	62
25	Consumo acumulado en cuatro días	64

26	Consumo promedio diario	65
27	Relación de consumo acumulado y promedio diario	66
28	Consumo acumulado de altos consumidores	68
29	Consumo promedio de altos consumidores	68
30	Relación de consumo acumulado y promedio diario	69
31	Resultados de la prueba por pasos en Villasol	72
32	Viviendas aisladas en la prueba por pasos	74
33	Plano de ubicación de áreas para revisar	82

## **TABLAS**

I	Producción promedio de Empagua	3
II	Costo y rangos por m <sup>3</sup> que cobra Empagua	30
III	Formulario para la prueba por pasos	53
IV	Lecturas y consumos de altos consumidores	67
V	Desarrollo de la prueba por pasos	70
VI	Cantidad de viviendas por cierre de válvulas de paso	73
VII	Consumo registrado a las 4:45 a.m.	76
VIII	Flujo neto nocturno	81

## RESUMEN

El presente estudio realizado en la colonia Villasol, contiene la información sobre la aplicación del método del flujo mínimo nocturno, el cual se aplicó en la red de distribución de esta colonia. En la tubería principal de ingreso a la colonia Empagua instaló un macro medidor, con su respectivo transductor de presión y un almacenador de datos (*logger*), el cual permitió hallar el flujo mínimo nocturno de una manera práctica y concreta.

La colonia Villasol cuenta con 502 inmuebles, dato que se obtuvo del conteo de viviendas realizado, asimismo, se hizo un estudio de medidores domiciliarios, en el que se tomó lecturas horarias y diarias de altos consumidores, en el desarrollo de la toma de lecturas horarias se halló el flujo mínimo nocturno, el cual se obtuvo de la gráfica que generan los datos almacenados por el *logger*.

Para el estudio de los medidores se tomó una muestra del 10% del total de los usuarios de la colonia, esto permitió hacer una proyección para toda la colonia, debido a que el 95% de los inmuebles son usuarios tipo residencial. Con los datos obtenidos se hizo un análisis del consumo, horario, diario de consumidores residenciales y diario de altos consumidores.

Como parte de la aplicación del método flujo mínimo nocturno se diseñó una prueba por pasos, que se realizó en la red de distribución de esta colonia, con el objetivo de detectar las áreas que mayor consumo presentan. Lo cual facilitará la detección de fugas y el porcentaje de pérdidas que hay en la red.

## JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Guatemala se abastece de agua potable a través de una red de tuberías que es administrada y operada por la Empresa Municipal de Agua (Empagua), la cual posee una cobertura del 95%.

Esta empresa, al igual que muchos otros operadores en Guatemala y Centro América, se ha preocupado debido a los problemas que han causado las altas demandas de agua y al constante deterioro de los recursos naturales que pudieran ser aprovechados para suministrar a la población.

Aunado a esta problemática, de acuerdo con estimaciones realizadas por Empagua, se considera que el sistema de distribución posee pérdidas que oscilan en un 43% del caudal producido, lo cual reduce su capacidad de respuesta a la demanda de la población, así como serios problemas financieros para lograr mantener una tarifa equivalente al consumo real de cada vivienda.

Por lo anteriormente indicado, Empagua como prestador del servicio, tiene interés en implementar dentro de la empresa un sistema práctico que pudiera determinar con mayor exactitud el porcentaje de pérdidas de agua en sus distintos sistemas de distribución, encontrándose con una variedad de técnicas y procedimientos que en la actualidad existen para determinar este porcentaje de pérdidas tales como; la macro medición, pitometría, método de flujo mínimo nocturno y diurno. Ante esta variedad de métodos y procedimientos la pregunta que se realiza es ¿cual de los métodos existentes es el que técnica, operativa y financieramente puede ser aplicado para obtener este porcentaje de pérdidas?.

Precisamente esta pregunta es la que muchos otros operadores de servicios de agua potable se realizan y en torno a la cual nace la inquietud del presente estudio, debido a que en éste se desarrollará la aplicación del método del flujo mínimo nocturno para determinar las pérdidas de agua en una red de distribución, al final se establecen las recomendaciones para su aplicación en otros sistemas de distribución.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Determinar las condiciones de aplicación del método de flujo mínimo nocturno en una red de distribución, como metodología práctica para la determinación de pérdidas de caudal.

### **ESPECÍFICOS**

1. Aplicar el método del flujo mínimo nocturno en la red de distribución de la colonia Villasol.
2. Determinar el volumen de agua por conexiones ilícitas, mediante un estudio de micro medición.
3. Determinar los altos consumidores de agua en la red de distribución de la colonia Villasol.
4. Elaborar una propuesta para reducir y controlar las pérdidas provocadas por fugas en la red de distribución.

## **HIPÓTESIS**

Es posible la determinación de las pérdidas físicas en la red de distribución de la colonia Villasol, mediante la aplicación del método del flujo mínimo nocturno.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ciudad de Guatemala tiene problemas con el abastecimiento del recurso hídrico, principalmente el área metropolitana, debido al deterioro de las fuentes como la contaminación de fuentes superficiales (ríos, lagos), sobre explotación de pozos, deforestación de bosques y el crecimiento de la población que ha aumentado la demanda del vital líquido. Aunado a esto, se tienen las pérdidas en las redes de distribución, las cuales son provocadas por fugas, conexiones ilícitas, etc.

En éste tiempo es de suma importancia el aprovechamiento del agua potable que ingresa a la red de distribución, ya que los procesos de potabilización son cada vez más caros y el recurso más escaso. Es necesario realizar estudios en las redes para reducir las fugas que se tienen en las tuberías, provocadas por la antigüedad de las mismas, válvulas en mal estado y conexiones mal elaboradas, ya que representan un volumen de agua que no es aprovechada.

La aplicación del método de flujo mínimo nocturno, es uno de los que hay para conocer el consumo mínimo que tiene el área que se estudia y así poder determinar el porcentaje de pérdidas que hay en la red de distribución. Su aplicación en la colonia Villasol se llevó a cabo mediante un estudio de la situación actual de la colonia, luego se hizo una investigación conforme a la metodología y, a la vez, se aplicó este método, seguidamente se presentan e interpretan los resultados obtenidos del estudio, los cuales se pueden apreciar con mayor detalle en el cuerpo del trabajo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Guatemala se conoce poco o no existen programas o metodologías que permitan la reducción de pérdidas en las redes de distribución de agua potable.

El no contar con una metodología que permita conocer las pérdidas en la red, conlleva a la existencia de fugas, pérdidas de recursos humanos y económicos, lo cual generan mayores costos de producción, operación y mantenimiento a la empresa.

La escasez de expertos en el tema es bastante notoria, ya que para realizar uno de estos estudios, se necesita de un profesional con conocimientos en el ramo que, por lo general, es extranjero.

No existe una cultura para la determinación de pérdidas por parte de las empresas prestadoras de servicio de agua, esto puede deberse a la escasez de recursos y al costo de realización del estudio.

## **BENEFICIOS ESPERADOS**

1. Poder aplicar la metodología del flujo mínimo nocturno dentro del área de estudio e identificar el porcentaje de pérdidas de la red de distribución.
2. Contribuir con material de apoyo para nuevas investigaciones y que pueda ser aplicado en distintos lugares como: condominios, urbanizaciones, lotificaciones, lo cual permitirá conocer el porcentaje de pérdidas que hay en sus redes de distribución.
3. Se generará una guía para realizar investigaciones en redes de distribución y ahondar sobre el tema.
4. Detectar a consumidores que registren un alto consumo, debido a fugas en la red interna del usuario, conexiones ilícitas dentro del área de estudio.
5. Con la aplicación de este método se podrá conocer los sectores que mayor consumo tengan dentro de la red de distribución de agua potable, lo cual facilitará la detección de fugas.

## 1. ANTECEDENTES

El abastecimiento de agua en la ciudad de Guatemala, surge antes de su traslado al valle de la Ermita, para lo cual se consideró que el lugar tuviera suficiente agua. El elegido tiene varios ríos de agua dulce, por ejemplo; río Las Vacas, Mixco, Pinula y diferentes vertientes que podrían incorporarse.

La conducción del agua se realizó por medio de tuberías de barro cocido, mediante cajas de mampostería llamadas alcantarillas sin presión y ningún tratamiento de desinfección, luego, se utilizó las denominadas “flautas” que eran pequeños tramos de tubería de tamaño relativo y que de ella salían varias tuberías. Con el paso del tiempo se construyeron presas de mampostería, con el fin de captar y disponer de mejores caudales.

Se estableció una forma para medir el caudal y se dispuso que una “paja de agua” equivalga a dos metros cúbicos diarios  $2\text{m}^3/\text{día}$ . A esta medida se le llamó “datación”. De esta manera, se implantó la venta de pajas de agua, con el fin de obtener recursos para recuperar inversiones realizadas, luego se creó el “Título de Agua Municipal”<sup>1</sup>, así el usuario tiene los mismos dos metros cúbicos diarios.

La municipalidad en los años cincuenta (1950) empezó a medir el consumo del agua por medio de contadores, con esto logro evitar el desperdicio de agua en las casas y se obtuvo un mejor control del agua producida. También se redujo las fugas en la red de distribución, mediante la eliminación de flautas, para lo cual se sustituyó con una conexión directa, y la utilización de un medidor.

La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala Empagua, surge por Acuerdo Municipal del 28 de noviembre de 1972, inicia labores efectivas el 1 de enero de 1973, como la responsable de la prestación, mejoramiento y ampliación del servicio municipal de agua potable en la Ciudad de Guatemala. Anteriormente se le llamó Dirección de Aguas y Drenajes Municipales<sup>2</sup>.

El crecimiento de la ciudad y la falta de abastecimiento en algunos sectores, obligó al Gobierno y a la Municipalidad a realizar estudios para introducir nuevos caudales, como el proyecto Motagua (Nor-Occidental), Xenacoj-Xayá-Pixcayá, entre otros<sup>2</sup>. Con ello se cambió la tubería de arcilla por la de hierro fundido HF, PVC, hierro galvanizado HG y otros, se aumentó la presión y mejoró la distribución.

A pesar de que se han realizado varios tipos de inversiones para tener mayores caudales de agua, se tiene el problema de la contaminación de las aguas superficiales, lo cual encarece el tratamiento para potabilizarla y se eleva el costo de producción.

Otro medio de aportación de caudal es la perforación de pozos, que tiene un elevado costo para su construcción, mantenimiento y operación, por lo que encarece su producción. En la actualidad, existe una gran sobreexplotación del agua subterránea.

Además de la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala Empagua, existe la Empresa de agua Mariscal, condominios y urbanizaciones que tienen servicio privado (pozos) y los servicios de camiones cisterna; en la actualidad hay 25 empresas aproximadamente que prestan este servicio.

<sup>1,2</sup> [www.empagua.com](http://www.empagua.com)

Empagua, abastece aproximadamente al 95% de la población de la ciudad, de igual manera presta el servicio a colonias de otros municipios, como; Mixco, Chinautla, Villa Nueva, Santa Catarina Pinula. La producción que tiene para abastecer a la ciudad de Guatemala, se presenta en la Tabla No. I.

Tabla No. I Producción promedio de Empagua

Sistema	Producción m <sup>3</sup> /día	Porcentaje	Zonas de abastecimiento	Ubicación
Lo de Coy	140,000	35.99%	1,2,3,7,8,11 y 19 4,6 y 18 parcialmente	Km. 17.5 CA-01 Aldea Lo de Coy, Mixco.
La Brigada	10,000	2.57%	7,11 y 19	47 Av. y Calz. San Juan, zona 7 Guatemala.
Santa Luisa	40,000	10.28%	5 y 16 en su totalidad 1,4,10,17 parcialmente	Acatan, Santa Rosita zona 16.
Las Ilusiones	25,000	6.43%	17 y 18	Final 4 Av. Col. Kennedy, zona 18 Guatemala.
Ojo de agua	87,000	22.37%	1,3,8,9,12,13,14,21 y caserío el Frutal, San Miguel Petapa	Final Avenida Real Petapa, col. El Frutal.
El Cambray	25,000	6.43%	9,10,13,14,15	Km. 7.00 carretera a San José Pinula, al final de la 20 Calle Zona 14, Guatemala.
Pozos	62,000	15.94%	Distintos puntos de la ciudad, incluye los de Empagua y Emergencia I.	Distintos puntos de la ciudad de Guatemala.
La producción de plantas, más la explotación de pozos equivale a 4.5 m <sup>3</sup> /seg, que es igual a 389 millones de litros / día.				

Fuente: página web [www.empagua.com](http://www.empagua.com)

Si se tiene una producción de 4.5 m<sup>3</sup>/seg y se estima una cantidad de 180,000 usuarios, la cantidad de agua para cada usuario es de 2.16 m<sup>3</sup>/prop/día, por lo que satisface la demanda. Según el crecimiento que ha tenido la ciudad, el apareamiento de asentamientos y de nuevos domicilios ha aumentado la demanda día a día, así como las pérdidas que hay en la red, se estima que se necesita un volumen de 40% más del agua que se produce para cubrir la demanda actual.

Uno de los problemas que puede tener cualquier empresa que presta el suministro de agua, son las pérdidas físicas que existen en la red de distribución de agua potable, éstas pueden ser causadas por fugas debido al rompimiento de tuberías, reparaciones mal elaboradas, tuberías antiguas y mala calidad de los accesorios, etc. También se tienen las conexiones ilícitas (fraudulentas) que, en su mayoría, generan pérdidas económicas. En algunos casos las fugas en tuberías afloran a nivel de la superficie y en otros se infiltran en el suelo.

En el año de 1994, Empagua realizó un estudio tomando como zona piloto la colonia Vista Hermosa zona 15, que está ubicada al sureste de la ciudad capital, y tiene como fuente de abastecimiento la Planta el Cambray y el Pozo el Maestro, en el momento de la realización del estudio. Uno de los objetivos fue identificar las causas que provocan las pérdidas en los sistemas de producción y distribución. Así como establecer un sistema de macro medición a través de pitometría; de igual manera, se buscó establecer un catastro de las redes de distribución que existen en el lugar, el número de usuarios, los consumos y la facturación.

Dicho estudio tuvo dentro de sus metas bajar el número de fugas en la red de distribución, concientizar al usuario acerca del uso racional del agua, hallar y disminuir el número de conexiones ilícitas.

Cabe mencionar que, con la implantación de pitometría y sectorización en cierto lugar, se podría detectar los fraudulentos (ilícitos), fugas físicas y otros; de igual manera, se tiene que a mayor caudal, mayores pérdidas.



Es necesario hacer un estudio de la red de distribución para conocer el nivel de fugas que existe, de ahí que es importante aislar alguna zona o área, con el fin de determinar las pérdidas que hay dentro del sistema y diseñar un programa que permita la reducción y el control de las mismas, lo cual mejoraría el nivel de servicio y distribución en la red.

La aplicación del método del flujo mínimo nocturno, es uno de los distintos métodos que se pueden emplear para conocer el porcentaje de pérdidas físicas que hay en las redes de distribución, éste ha sido empleado en varios países dentro de ellos esta Inglaterra. La aplicación se hará en la colonia Villasol, localizada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, dicha colonia es abastecida por la estación de Bombeo Ojo de Agua, por medio de una tubería de 8" AC, que se deriva de la red principal de distribución.

En el lugar es probable que existan fugas en la red y conexiones ilícitas. La ubicación de la colonia permite realizar un estudio ya que es una colonia que tiene el área y las conexiones domiciliarias necesarias, no presenta mayores trabajos de plomería para aislar caudales, debido a que sólo tiene una tubería de abastecimiento, no hay tráfico en gran escala, además, existe seguridad en el lugar, lo cual es importante si se trabaja en horas de la noche.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades

El agua es un elemento principal en una vivienda, por lo que es necesario aprovecharla y evitar los desperdicios, así como hacer buen uso de ella, controlando cualquier tipo de fuga, con el objetivo de optimizar el recurso hídrico, debido a que sus costos de potabilización y distribución son elevados.

Es importante mencionar que, día a día, las fuentes de agua se hacen escasas, debido a la tala de árboles; también hay contaminación de los ríos y lagos, ya sea por aguas negras o cualquier tipo de desechos industriales, por lo que es necesario cuidar este importante recurso, que cada vez se hace más escaso.

Dentro de la red de distribución existen pérdidas de agua, que se generan por distintos factores, pueden ser pérdidas físicas y no físicas, según sea el caso. Las pérdidas que existen en las redes de distribución pueden medirse o estimarse mediante porcentaje; se pueden estudiar por distintos métodos, dentro de los cuales están: macro medición, pitometría, el método del mínimo flujo nocturno y diurno y otros.

La macromedición y la micromedición funcionan de manera similar, en cuanto a la medición de caudal, la micromedición se realiza de vivienda en vivienda, mediante medidores de velocidad y/o volumétricos. Mientras que la macromedición es la medición del flujo a un área, que tiene un número determinado de viviendas, para ello, se utilizan medidores de mayor diámetro (ultrasónicos, electromagnéticos, etc).

La función que tiene un medidor, es determinar el volumen de agua que ha ingresado al inmueble o que sale de un punto de producción, esto permite una facturación confiable y equitativa; también puede estimarse el volumen de pérdidas que existe en el lugar.

Con la macro medición es posible determinar las pérdidas que hay en la red, siempre y cuando sea un área delimitada y que existan macro medidores en cada una de las tuberías que permiten el ingreso de caudal al área o zona que se estudia.

Para poder realizar esto, se debe delimitar el lugar, debe contarse con planos, con el propósito de identificar todas las tuberías que existen en el lugar, así como la cantidad de viviendas y el tipo de usuario al que corresponde.

Las pérdidas en el área de estudio serán; la diferencia de volumen que ingresa a la zona el cual es registrado por el macro medidor y el medido por los micro medidores de cada una de las viviendas (volumen facturado) que existen en el área.

Otra manera de hallar las pérdidas en la red, es por medio de pitometría, la cual permite medir el caudal y la presión que pasa por una tubería, que puede ser de conducción o de distribución.

Para medir la presión y el caudal se hace uso del tubo pitot que se utiliza en conductos con presión, éstos son equipos livianos, portátiles y resistentes que pueden instalarse en tuberías de la red de distribución.

Las mediciones pueden hacerse directamente con tubo U, con registrador de presión diferencial o con el registrador fotográfico, debe usarse el equipo adecuado para el caso, las medidas han de efectuarse siempre en el período nocturno.

Para la implantación de un distrito pitométrico se debe tomar en cuenta lo siguiente: abastecimiento, delimitación, observación, hermeticidad de las válvulas y operación de las válvulas. Luego de ello, se realiza la medición, tomando en cuenta lo siguiente; puntos de medición, presiones de trabajo, comunicación durante la operación de válvulas. De lo anterior se realiza un diseño tomando en cuenta la división del distrito, con el objeto de facilitar su operación.

Es necesario hacer una medición global del caudal en la zona, que servirá para comparar con pruebas semejantes. Es conveniente realizar una subdivisión nocturna, pudiéndose medir los segmentos del distrito lo cual facilitará el trabajo y se obtendrá mejores resultados.

El método del flujo mínimo nocturno es una herramienta que se utiliza para detectar fugas en un área determinada. Para la aplicación del método se necesita ubicar el punto de ingreso del caudal de la red, éste servirá para la construcción de una caja, en la cual se colocará el macromedidor, que permitirá el registro del caudal y la presión en base a una programación específica.

Como su nombre lo indica, este método registra el flujo mínimo que se da por la noche, ya que a estas horas y parte de la madrugada el consumo de agua es menor, debido a que la mayor parte de personas no hace uso del servicio.

## **2.2. Descripción de las pérdidas**

Las pérdidas representan la diferencia entre la medida de las cantidades de agua suministradas al sistema de distribución (red) en un intervalo de tiempo determinado y la suma de la medida de los consumos obtenida en los medidores domiciliarios registrados y en los domicilios donde no se tiene medidor o no funciona en el mismo intervalo de tiempo. En otras palabras, es el agua producida menos el agua registrada en domicilios, en la cual se tiene pérdidas en la red de distribución.

También puede decirse que es el agua que se escapa sin nuestro permiso, con o sin nuestro conocimiento, ya sea por fugas, conexiones ilícitas, etc. Las fugas pueden ser activas y pasivas, las activas son aquellas que se tienen en tuberías que están sobre la superficie y pueden ser detectadas fácilmente, mientras que las pasivas son las que están debajo de la superficie, por lo que el caudal que se escapa puede aflorar hacia la superficie o infiltrarse en el suelo.

Las pérdidas se dividen en físicas y no físicas, según sea el área en donde se estudie, pueden ser administrativas o técnicas.

### **2.2.1. Pérdidas no físicas**

Este tipo de pérdidas, como su nombre lo dice, son aquellas las cuales no tiene relación con fugas físicas en la tubería de distribución. Éstas representan todos los consumos que no han sido facturados por la empresa que suministra el servicio y también aquellos que han sido facturados pero que no son pagados por el cliente, esto puede presentar un alto porcentaje en cuanto a las pérdidas.

Dentro de este tipo se tiene, pérdidas por ilícitos, es decir las conexiones que no están registradas y no son visibles (clandestinas) o que tengan conexión por derivación (*bypass*). De igual manera, existen pérdidas en medidores que se encuentran en mal estado, debido a que su vida útil ha finalizado, mala calidad del medidor y los que han sido alterados por el usuario con el objetivo de pagar menos por el consumo.

Cabe mencionar que éstas representan un importante componente de las pérdidas causadas por la imprecisión de los equipos de medición de caudal, de los sistemas de macromedición y micromedición.

Existen aquellos en que el lector comete errores de anotación de la medición. En este tipo de situaciones se caracterizan, por lo tanto, la calidad y eficiencia del sistema de medición y se relacionan con aspectos de evaluación de cantidades de agua y no como pérdida de agua propiamente dicha.

De igual manera, se tiene los errores al ingresar los datos de lectura al sistema de cómputo y los usuarios que no aparecen registrados en la base de datos.

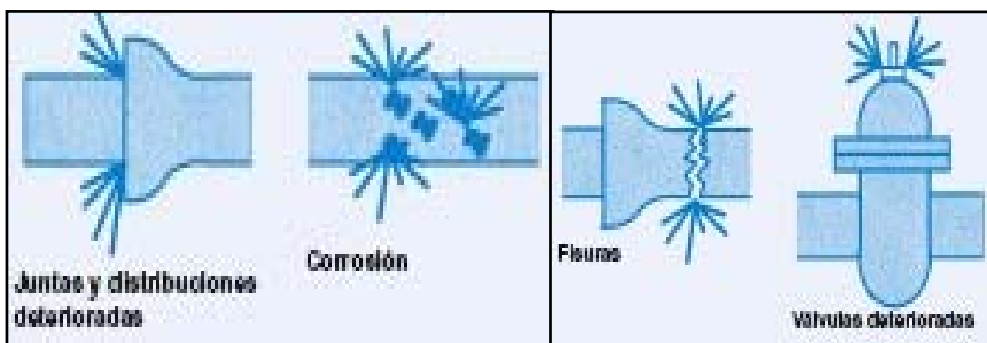
También se encuentran las pérdidas que representan el componente de éstas relativo a las cantidades de agua que, a pesar de ser utilizadas legítimamente, no revierten en facturamiento para la empresa.

### 2.2.2. Pérdidas físicas

Este tipo de pérdidas representa el componente debido al escape de agua que ocurre en los dispositivos de rebosamientos de tanques de almacenamiento del sistema de distribución, o el escape de agua que ocurre en tuberías y demás componentes del sistema de distribución, por quiebra de la estanqueidad de los mismos.

En esta categoría se encuentran las fugas en redes de distribución, estaciones de bombeo, plantas potabilizadoras y conexiones prediales, debido a la mala calidad de las reparaciones, antigüedad de las tuberías y el tipo de material de las mismas; de igual manera, se tienen las fugas por el rompimiento (fisuras o rajaduras) de las tuberías por accidentes, o cambios de presión, también se tienen los rebalses en tanques de almacenamiento de agua, los consumos operacionales excesivos (lavado de filtros, purgas en conducciones y redes de distribución, limpieza de tanques, reparación de redes), los consumos extraordinarios sin control (combate de incendios, lavado y desinfección de redes nuevas, fuentes de ornato). En la figura No. 1 se ilustra la manera en que pueden presentarse las fugas en la red.

Figura No. 1 Ubicación de fugas en redes de distribución



Fuente: Revista *Fugas y medidores*. Organización Mundial de la Salud



### **2.3. Zonas hidráulicas discretas**

Una de las actividades más importantes para hacer más eficiente un sistema de distribución de agua, es la segmentación de la red en áreas menores, cuyo propósito es hacerla más eficiente, flexible y operable a través de sectores o zonas hidráulicas y de presión. Dichas zonas permiten obtener ventajas tanto comerciales como operacionales, además de facilitar las labores del control activo de fugas de manera efectiva.

Básicamente, consiste en aislar sectores del sistema de distribución mediante la instalación y operación de válvulas, para que se conozca con precisión el o los puntos por donde ingresa el caudal que abastece a dicho sector. Normalmente, las zonas hidráulicas se diseñan de forma que estén compuestas de alrededor de 10,000 clientes, pero para este caso se hablará de una zona piloto, la diferencia que se tiene con una zona hidráulica es el número de clientes, así como del área que se va a estudiar.

### **2.4. Zona piloto**

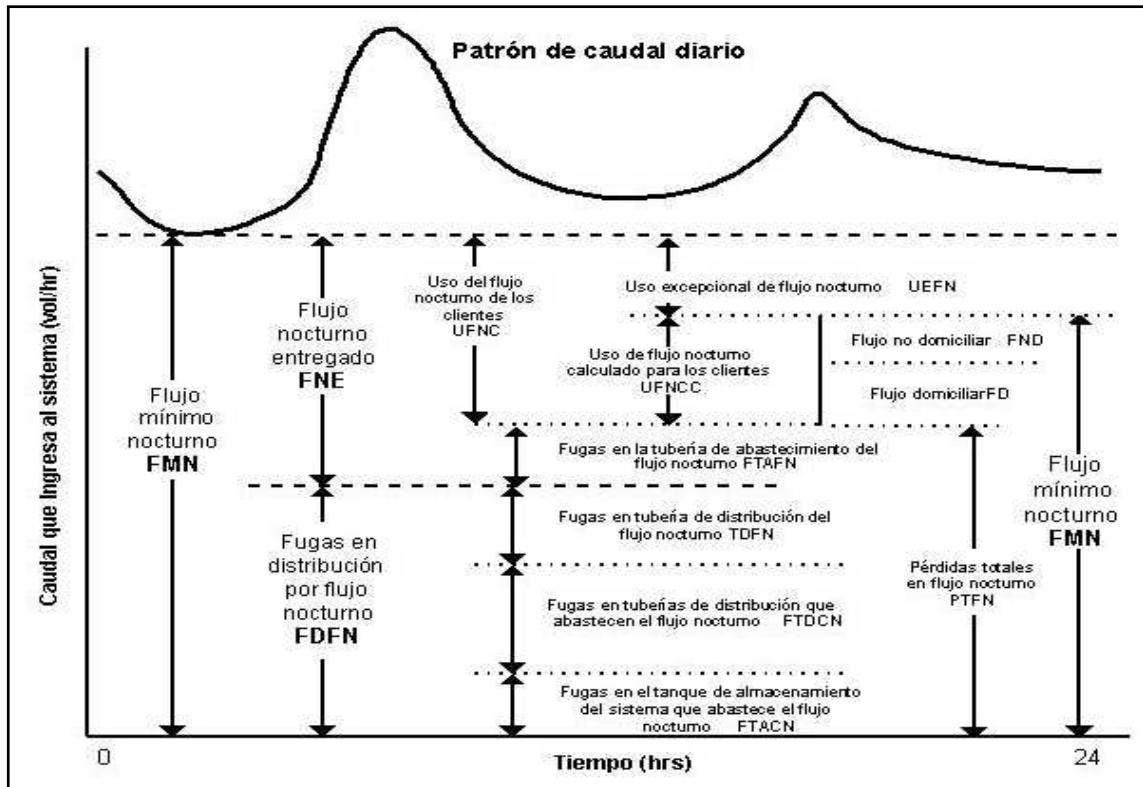
Es un sector representativo del sistema de distribución o de una zona hidráulica, con menor número de clientes, debido a que el área que ésta cubre es menor y que presenta las condiciones necesarias para desarrollar la metodología para la reducción y control de pérdidas físicas de agua. Presenta mayor facilidad de sectorizar, mejor calidad en cuanto a la continuidad del servicio, la cobertura de micromedición es del 100%, menor número de fuentes de abastecimiento, lo cual facilita la medición global de la zona de los volúmenes de agua entregados a la red de distribución de la zona piloto. Para la aplicación del método flujo mínimo nocturno, es necesario contar con una zona piloto.

## **2.5. Método del flujo mínimo nocturno**

Con la aplicación de este método puede hallarse las pérdidas que existe en el área que se va a estudiar, en este caso, la red de distribución y sus componentes de la colonia Villasol. La realización de este método se lleva en horas de la noche, comprendido entre las 00:00 a 04:00 horas de preferencia, debido a que el usuario en esas horas duerme y, por lo tanto, no existe un consumo mayor, que sea significativo.

En la figura No. 2, se muestra los componentes del flujo mínimo nocturno (FMN), los cuales deben considerarse cuando éste se estudie. Como se puede observar, el FMN está formado por dos grupos que son: el Flujo Nocturno Entregado (FNE) y las Fugas en Distribución por Flujo Nocturno (FDFN).

Figura No. 2 Flujo mínimo nocturno



Fuente: U.K Water Industry

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los componentes del flujo mínimo nocturno:

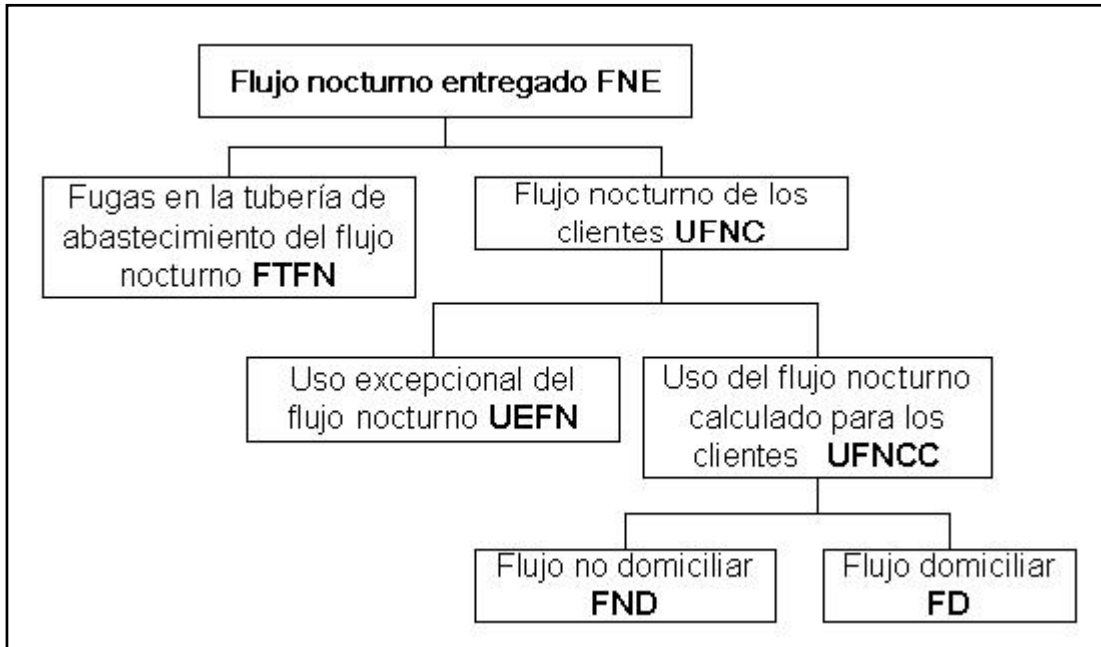
- Flujo nocturno entregado (FNE): es todo el caudal o flujo que es entregado al usuario durante la noche.
- Uso del flujo nocturno de los clientes (UFNC): es el consumo que tiene cada propiedad durante la noche, excepto los consumos por eventualidad.
- Uso excepcional de flujo nocturno (UEFN): este consumo suele presentarse rara vez, debido a que exista alguna actividad extraordinaria dentro del área de estudio.

- Uso de flujo nocturno calculado para los clientes (UFNCC): representa al consumo nocturno de las propiedades, puede ser domiciliar o comercial.
- Flujo no domiciliar (FND): flujo nocturno calculado para una propiedad de uso comercial y no residencial.
- Flujo domiciliar (FD): flujo nocturno calculado para una propiedad de uso unifamiliar o residencial.
- Fugas en la tubería de abastecimiento del flujo nocturno (FTAFN): son las fugas que se presentan durante la noche en la conexión del usuario.
- Fugas en tubería de distribución por flujo nocturno (FTDFN): son todas las fugas que se presentan durante la noche, en cada uno de los componentes del sistema de distribución, aplicado a redes secundarias.
- Fugas en tuberías de distribución que abastecen el flujo nocturno (FTDCN = FTDAFN): son las fugas que se dan en las redes primarias de la red de distribución.
- Fugas en el tanque de almacenamiento del sistema que abastece el flujo nocturno (FTACN = FTAFN): son las fugas que se dan en los tanques de almacenamiento previo a la distribución del servicio.

El flujo nocturno entregado FNE, está compuesto por el uso del flujo nocturno de los clientes (UFNC), que, a la vez, se divide en dos: uso excepcional del flujo nocturno (UEFN) y el uso del flujo nocturno calculado para los clientes (UFNCC), este último se subdivide en el flujo no domiciliar (FND) y el flujo domiciliar (FD).

También se tiene las fugas provocadas en la tubería durante el abastecimiento a la conexión, esto se puede apreciar en la figura No. 3.

Figura No. 3 Flujo nocturno entregado



La pérdida total en flujo nocturno PTFN, está compuesta por las siguientes fugas:

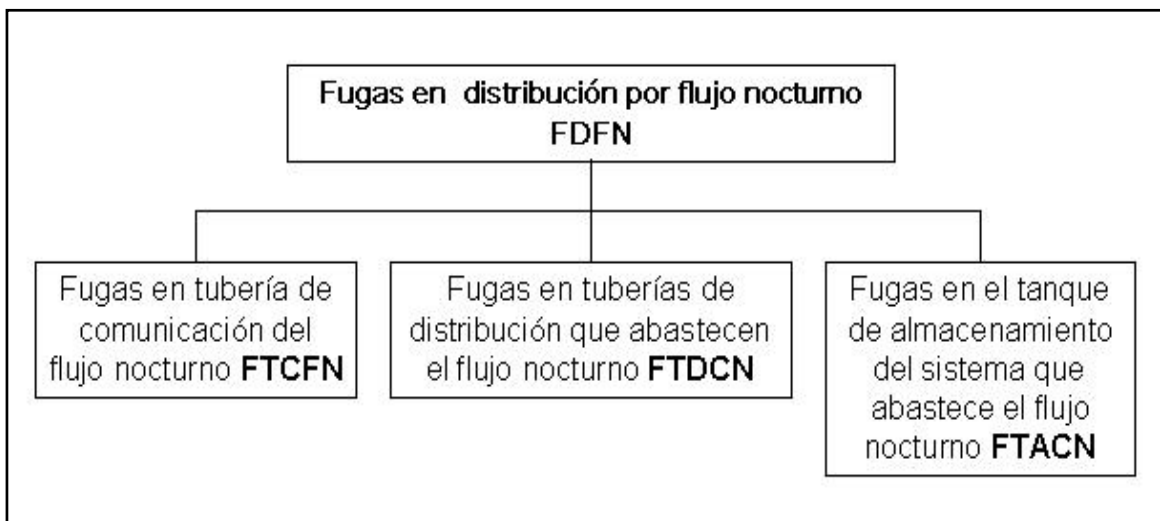
$$PTFN = FTA FN + FTDFN + FTDCN + FTACN$$

Por lo que el flujo mínimo nocturno se compone según se expresa en la figura No. 2.

$$FMN = UFNCC + PTFN$$

Dentro de las fugas FDFN, se encuentran las fugas en la tubería de comunicación del flujo nocturno FTCFN, también se tiene las fugas en tuberías de distribución que abastecen el flujo nocturno FTDCN y las fugas en el tanque de almacenamiento del sistema que abastece el flujo nocturno FTACN. En la figura No. 4 puede apreciarse las FDFN.

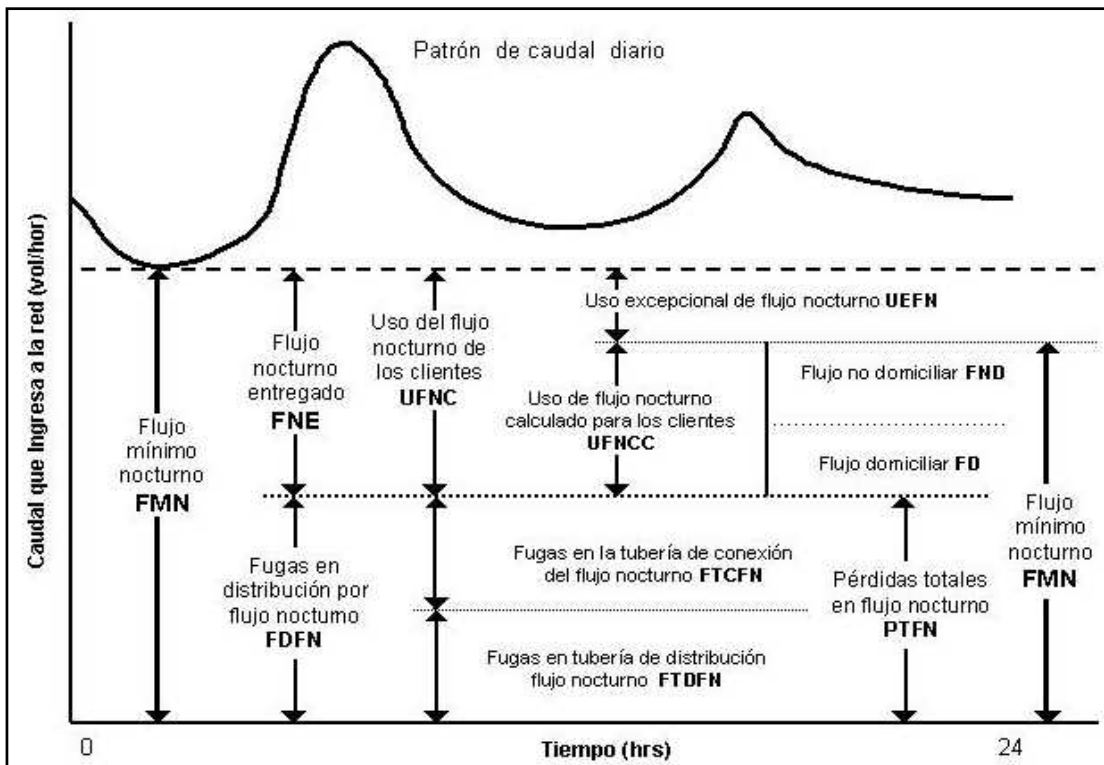
Figura No. 4 Fugas en distribución por flujo nocturno



Para el estudio que se realizará en Villasol, el patrón del flujo mínimo nocturno tiene ciertas variaciones, ya que no se considera el FTDCN (fugas en tuberías de distribución que abastecen el flujo nocturno) y el FTACN (fugas en el tanque de almacenamiento del sistema que abastece el flujo nocturno), debido a que se estudiará a partir de la derivación que se tiene de la línea principal de conducción.

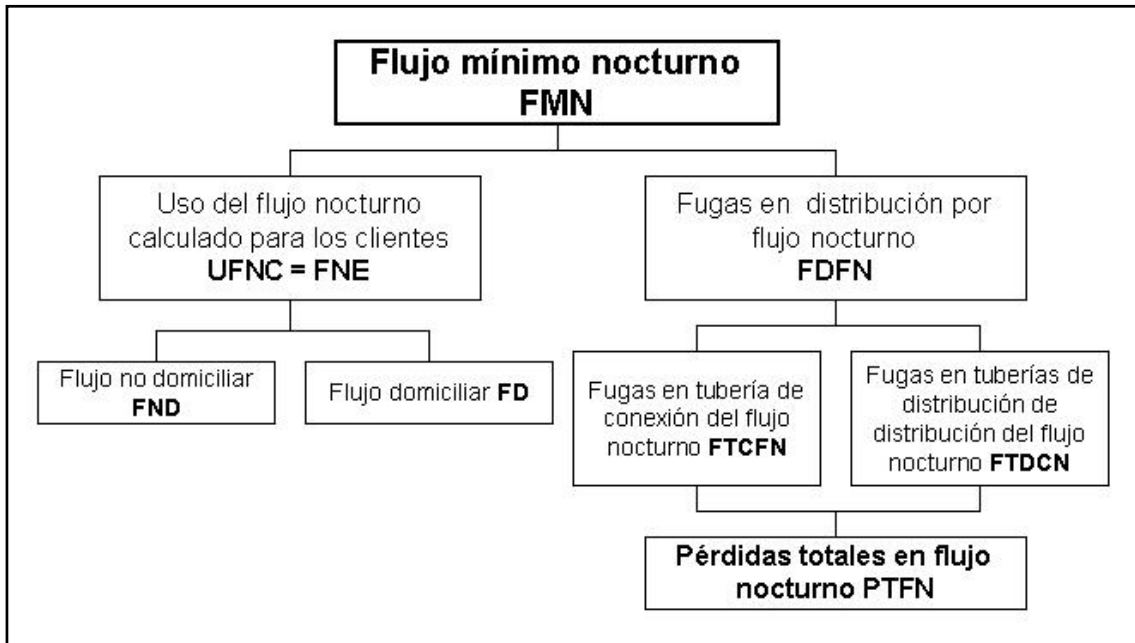
Por lo tanto, el flujo mínimo nocturno que se presenta en la figura No. 5 contiene las respectivas modificaciones, seguido de ello se presenta a través de un diagrama en la figura No. 6, a las FTAFN (fugas en la tubería de abastecimiento del flujo nocturno), se adecuó el nombre llamándose de la siguiente manera; FTFCFN (fugas en la tubería de conexión del flujo nocturno), ésta es la conexión que se deriva de la red al usuario, en otras palabras, es la conexión domiciliar.

Figura No. 5 Modificaciones del flujo mínimo nocturno para Villasol



En la modificación del patrón FMN, algunos componentes miden lo mismo. Obsérvese en las figuras No. 6 a 7, aunque en la figura No. 6 no se muestra el consumo por uso excepcional de flujo nocturno UEFN, ya que esto se presenta ocasionalmente, debido a alguna actividad dentro del área que se estudia.

Figura No. 6 Flujo mínimo nocturno para Villasol



El método del flujo mínimo nocturno que se explica anteriormente se realiza de una forma manual. Esto puede sustituirse mediante la instalación de un macro medidor ya sea ultrasónico o electromagnético, el cual registre el caudal que ingresa a la red del área que se desee estudiar, algunos de ellos pueden registrar la presión, éste debe tener la capacidad de poder interactuar con otros equipos para almacenar los datos registrados.

Con la colocación del macro medidor se obtiene el flujo mínimo nocturno de una manera práctica y eficiente de todo el sistema, además de éste, debe instalarse un almacenador de datos, el cual pueda programarse de tal manera que registre datos a cada cierto tiempo (1, 2, 3 minutos) y que pueda descargarse la información almacenada, a través de una computadora portátil o trasladar el almacenador de datos hasta donde se pueda bajar la información.



El macro medidor debe instalarse al ingreso del área que se desee estudiar y debe realizarse la obra civil necesaria para su instalación (caja y ajuste en la tubería en donde se instalará el macromedidor) y un gabinete que guarde el almacenador de datos y otros equipos. La implementación de esto aumentaría el costo del estudio, debido a que se tendría que comprar todo el equipo necesario para su realización.



### 3. MARCO PRÁCTICO

#### Situación actual de la colonia Villasol

##### 3.1. Localización

La colonia Villasol se encuentra al sur de la ciudad capital, pertenece a la zona 12, sus coordenadas son: latitud 14° 38' 00" norte, longitud 90° 31' 00" oeste. Su ingreso es por la avenida Real Petapa y 35 calle. Ver figura No. 7.

##### 3.2. Ubicación

La colonia Villasol, colinda con los siguientes inmuebles:

Norte: Universidad San Carlos de Guatemala

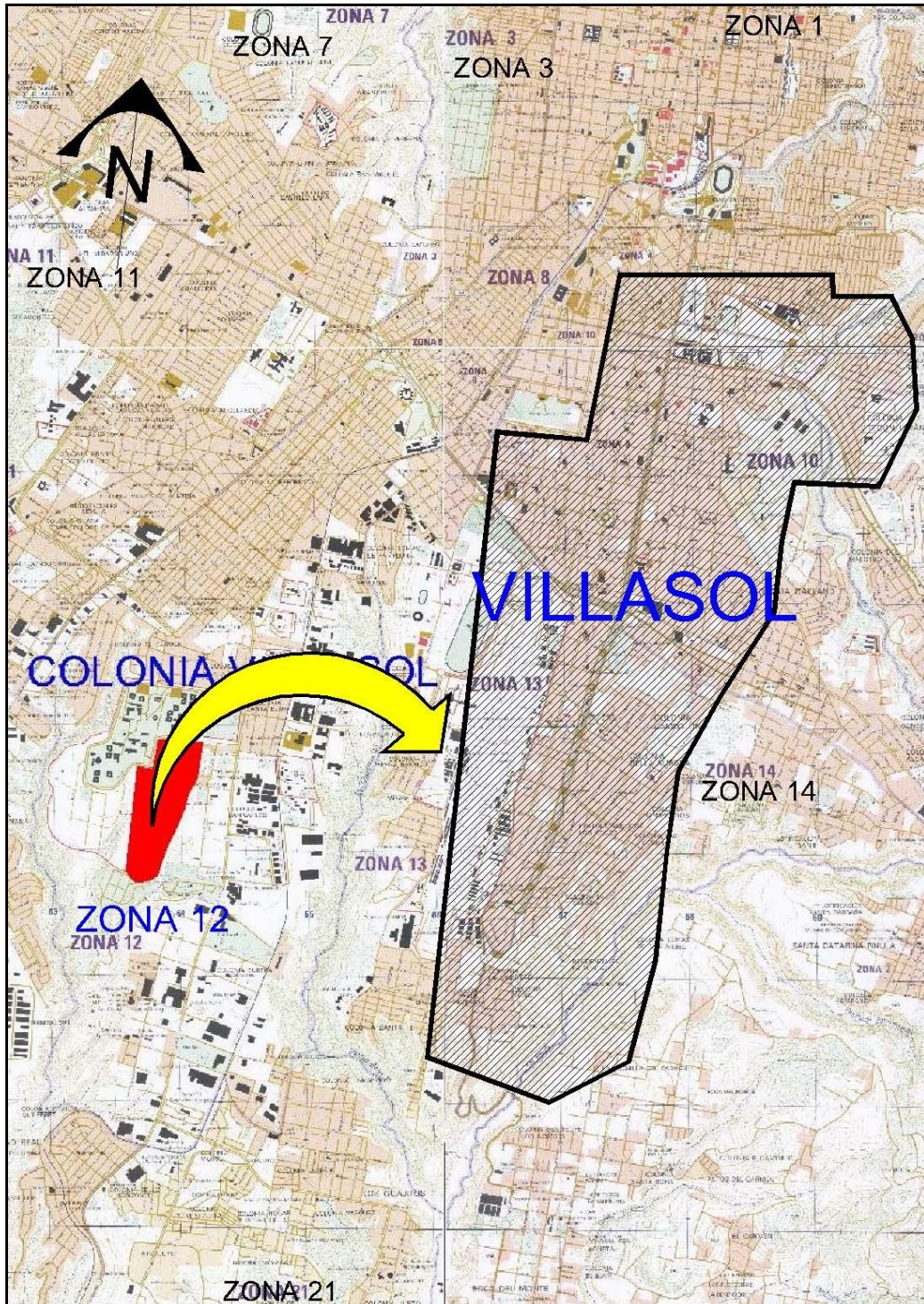
Sur: Cementerio la Colina

Este: Centro comercial Real Petapa, Irtra y otras fabricas aledañas

Oeste: Universidad San Carlos de Guatemala

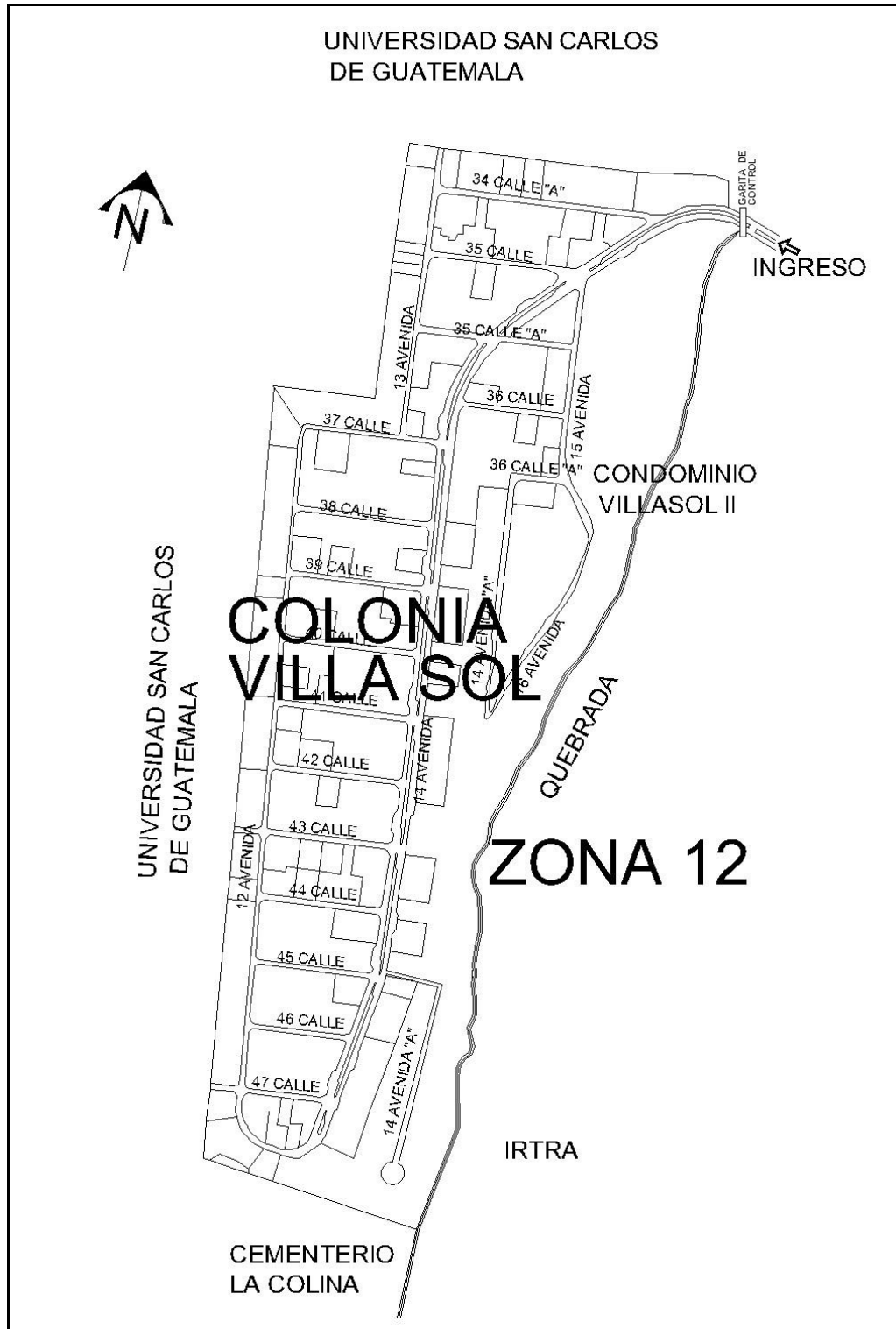
Su único y principal ingreso es por la 35 calle, la cual consta de dos vías, ingreso y salida, que se interceptan con la Avenida Real Petapa (diagonal 19). El área que tiene la colonia es de 395,213 m<sup>2</sup> siendo sus principales avenidas la 12, 13, 14 y 15, las calles inician desde la 34 calle "A" a la 47 calle. Ver figura No. 8.

Figura No. 7 Plano de localización de Villasol



Fuente: Mapa Geográfico esc. 1:50,000

Figura No. 8 Plano de ubicación de Villasol



Fuente: Mapa Guatemala Ciudad-Model Autocad

### 3.3. Viviendas

El tipo de vivienda que se tiene es en su mayoría residencial, sus construcciones son bastante modernas, de concreto, acero, ladrillo, block, algunas son de dos y tres niveles, de buenos acabados. En la figura No. 9, se muestran algunas viviendas. Las calles están totalmente pavimentadas y en buenas condiciones, cada uno de los terrenos tiene las dimensiones de 12 x 30 metros. La colonia cuenta con área verde, tiene a su servicio un pequeño parque.

Figura No. 9 Calles y tipos de vivienda en Villasol



### **3.4. Población**

Actualmente, la colonia cuenta con 502 viviendas, conteo realizado en el 2003, con posible crecimiento aunque sea mínimo, ya que todavía se encuentran 34 terrenos baldíos, aproximadamente. Según el censo realizado por el INE en 1994 (censo 2002, sin datos), el número de viviendas ascendía a 375, como se puede observar aumentó en los últimos diez años, en 127 viviendas lo cual es un número bastante considerable, para lo cual se tiene una tasa de crecimiento del 2.96%. Si se asume una densidad poblacional de 5 habitantes/vivienda, se tiene que, hoy día en la colonia Villasol habitan 2,510 personas.

### **3.5. Situación socio económica**

Al considerar el tipo de vivienda del residencial, cuyos materiales de construcción reflejan calidad y acabados de lujo, se puede decir que el precio de una vivienda en ese lugar puede oscilar de medio millón de quetzales en adelante, lo cual es plenamente verificable debido a la información obtenida de viviendas que se encuentran en venta en el sector.

De lo anterior, puede considerarse que una persona para optar a un tipo de vivienda, debería tener un ingreso mayor a los Q 18,000.00 con lo cual pudiese pagar la letra de la casa y, a la vez, mantener su nivel social.

Por lo tanto, se puede decir que el nivel socioeconómico de dicha colonia es medio alto, de igual manera el nivel de educación en su mayoría es universitario. Por lo anterior, la plusvalía de la colonia va en aumento, debido a que es un área que tiene los servicios básicos y seguridad privada.

Asimismo, se localiza en un punto geográficamente estratégico de la ciudad capital, lo cual brinda accesos a servicios como: supermercados, educación de nivel primario a universitario, asistencia médica y otros.

### **3.6. Abastecimiento de agua de la colonia**

La red principal de donde se abastece la colonia, es una tubería que viene de la Estación de Bombeo Ojo de Agua, la cual suministra a varias colonias de la zona 12. Para el suministro del vital líquido se cuenta con una tubería de distribución principal de un diámetro de 18" HF (hierro fundido), de esta se deriva una tubería de 8" AC (asbesto cemento), que conduce el agua a la colonia Villasol. Esta tubería de 8" AC tiene algunas conexiones en la 19 y 20 avenida de la 35 calle de la zona 12, y luego llega a la red de distribución de agua potable de la colonia conservando el mismo diámetro.

El horario de servicio que se tiene es bastante irregular, debido al crecimiento que existe en colonias aledañas al lugar y de la misma colonia Villasol, por lo que el servicio es discontinuo para abastecer a la colonia ya que no tiene un servicio durante las 24 horas. Los días con que cuentan con servicio durante el día y parte de la noche son el domingo, martes, viernes, mientras que los otros días el servicio es durante la noche, debido a la distribución que Empagua realiza<sup>3</sup>.

Por ser una colonia residencial y tener un servicio discontinuo del agua, gran cantidad de inmuebles cuentan con depósito o cisterna, por lo que no se quedan sin abastecimiento interno.

<sup>3</sup> Información proporcionada por operadores de la red



La tarifa que la Empresa Municipal de Agua (Empagua) cobra actualmente está basada en rangos de consumo; de igual manera, a la factura se adjunta otros cargos, como el servicio de alcantarillado, moras por falta de pago, etc. En la figura No. 10 se describe la integración de la tarifa de Empagua.

Figura No. 10 Integración de la tarifa de Empagua

**ESTRUCTURA TARIFARIA**

EMPAGUA

FACTURA No. 0929409  
SERIE "F"

EMPAGUA

FACTURA No. 0929409  
SERIE "F"

MES A PAGAR	No. DE CONTADOR	LECTURA ACTUAL	LECTURA ANTERIOR	HISTORIA DE CONSUMO	FECHA DE FACTURACION	FECHA DE VENCIMIENTO	No. DE CONTADOR	GRUPO	
10/2001		100	85	07/2001 60 08/2001 70 09/2001 85					
ULTIMA FECHA DE PAGO EN EMPAGUA		CONSUMO MES (EN M³)			SECTOR	CONSUMO MES (EN M³)	MES A PAGAR		
		15							
DETALLE				VALOR				DETALLE	VALOR
VALOR CONSUMO									
CARGO FIJO									
VALOR ALCANTARILLADO									
CARGO POR MORA									
OTROS CARGOS									
SALDO ANTERIOR								SALDO ANTERIOR	
TOTAL A PAGAR								TOTAL A PAGAR	

Fuente página web [www.empagua.com](http://www.empagua.com)

1. Metros cúbicos consumidos por el usuario en un periodo establecido.
2. En función del consumo mensual y del rango tarifario, cuando el consumo de los usuarios sea de 1 a 10 m<sup>3</sup>, se cobra un valor fijo de Q 7.84 más Q 1.57 de alcantarillado. Todos los precios ya incluyen iva, los rangos que maneja Empagua son los siguientes:

Tabla No. II Costo y rangos por m<sup>3</sup> que cobra Empagua

Rango en m <sup>3</sup>	Costo del m <sup>3</sup> en Quetzales
1 a 10	
11 a 20	Q 0.78
21 a 40	Q 1.23
41 a 60	Q 1.57
61 a 120	Q 3.14
120 a más	Q 3.92

Fuente página web [www.empagua.com](http://www.empagua.com)

3. Costo que incurre la empresa por el manejo de la cuenta del usuario, entendiéndose como tal, la toma de lectura, análisis, facturación, entrega de la factura, cobro del mismo y manejo contable.
4. Se cobra el 20% de lo que corresponde al valor del consumo de agua, únicamente a los inmuebles que gozan del mismo. El alcantarillado se refiere a la evacuación de aguas servidas, drenajes de lluvias, etc.
5. Es el interés que Empagua cobra a los usuarios que mantienen un saldo pendiente de pago en sus cuentas.
6. Estos se relacionan con los servicios brindados por Empagua a los clientes y que no fueron cancelados oportunamente en las cajas registradoras de la empresa.
7. Se refiere a la suma de los cargos del mes y saldos anteriores.

### 3.7. Tipos de usuario de la colonia Villasol

Una empresa que preste el servicio de agua debe tener un tipo de clasificación de sus usuarios, con el objetivo de tener un control y así brindar un mejor servicio. Los tipos de usuario que contiene Villasol se presentan en la siguiente clasificación:

- Residencial: es el tipo de inmueble que hace uso del servicio de agua y que solo tiene una conexión y, a la vez, corresponde a una casa familiar de uso doméstico. También se tienen los condominios o apartamentos en donde cada vivienda cuenta con conexión individual. Dentro de la colonia Villasol existe el Condominio Villasol II, éste tiene su propio sistema de agua, independiente a Empagua. Villasol cuenta con 471 viviendas tipo residencial.
- Residencial múltiple: se denomina así cuando dos o más inmuebles familiares domésticos, obtienen el servicio de agua de una misma conexión o comparten el mismo medidor, por ejemplo; apartamentos, condominios, etc. Hay 16 viviendas tipo residencial múltiple.
- Comercial: este tipo de usuario corresponde cuando en el inmueble existen negocios comerciales, por ejemplo, farmacias, lavanderías, panaderías, restaurantes, boutiques, etc. Existen 15 viviendas tipo comercial.

Es importante mencionar otros tipos de usuarios, aunque no existan dentro del área en estudio, estos son;

- Industrial: cuando en el inmueble existen industrias de un tamaño considerable, como por ejemplo; maquilas, fábricas, etc.
- Municipal: son los inmuebles en los cuales existen dependencias de la municipalidad.
- Gubernamental: identifica a todo aquel inmueble que tiene dependencias del Estado.

En la colonia Villasol el tipo de usuario residencial es mayor que el residencial múltiple y el comercial, por ser de vivienda unifamiliar y posee un nivel económico medio alto.

### **3.8. Red de distribución**

Según planos de la red de distribución de la colonia Villasol, esta está compuesta por tuberías de varios diámetros; tiene como tubería principal de alimentación una de diámetro de  $\Phi$  8" pulgadas de asbesto cemento (AC), y su red interna está compuesta por diámetros de  $\Phi$  6", 4" y 2" pulgadas, los tramos son, en su mayoría de asbesto cemento (A.C) y casi todas las reparaciones, son de cloruro de polivinilo (PVC).

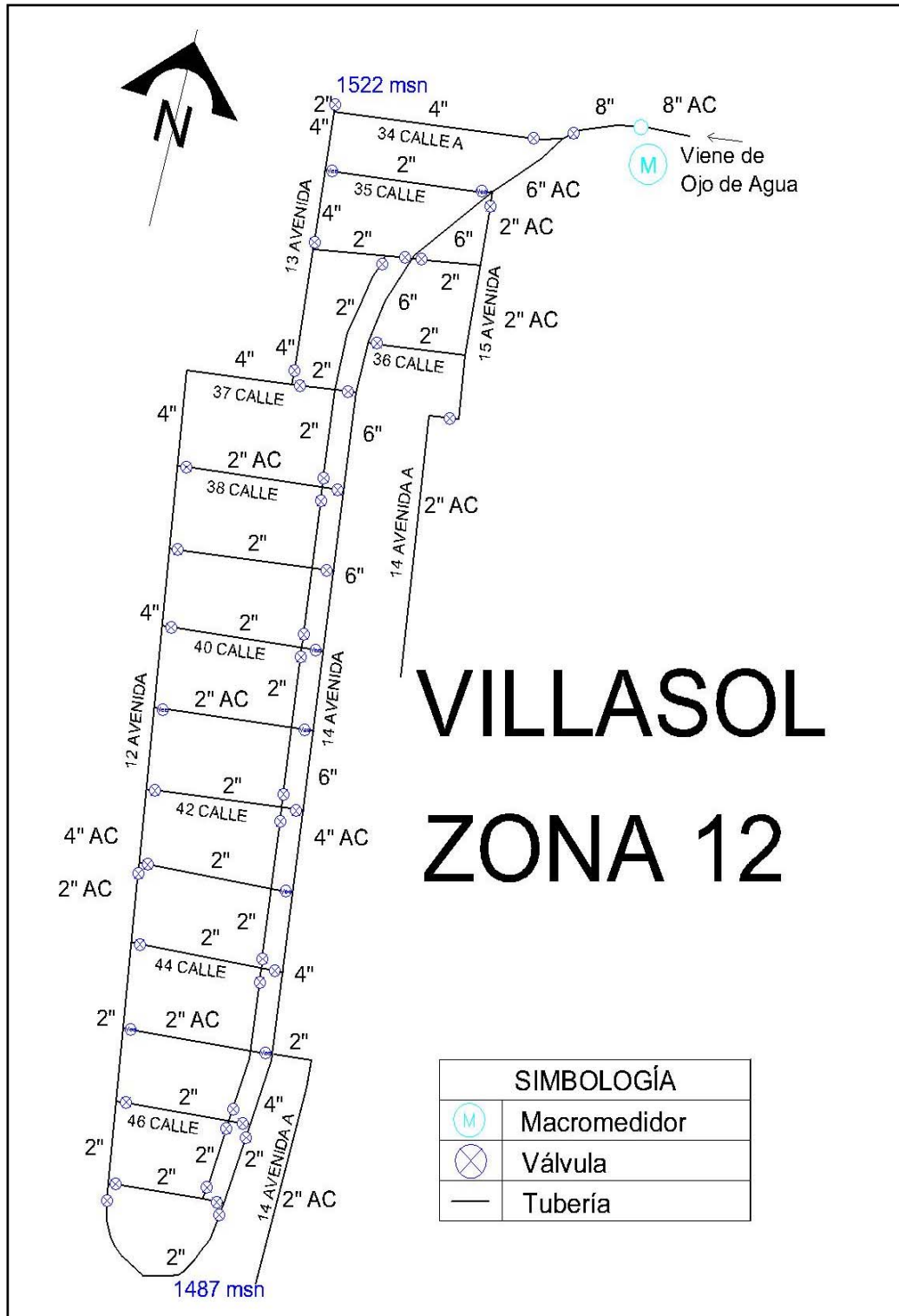
La red de distribución cuenta con una longitud de 6,812 metros de tuberías de diferentes diámetros, cuenta con válvulas de bronce tipo compuerta. Mientras que la conexión domiciliar de cada una de las viviendas, está realizada por medio de tubería de diámetro de  $\Phi$  ¾" pulgada PVC. En la figura No. 11 se muestra la red de distribución actual de agua potable, con los distintos diámetros y válvulas de la tubería.

Al ingreso de la red se registran presiones de 30 mca, también se tiene picos de 35 mca (metros columna de agua), y un caudal que va de los 12 a 18 lts/seg, como datos máximos en horas de la noche y como medios de 8 a 12 lts/seg, en horarios normales de servicio.

Cuando el suministro del agua es relativamente bajo o nada, se registran presiones de 0 a 5 mca y caudales similares a las presiones. El punto más alto de la colonia está ubicado en la 34 calle "A" y 13 avenida, y el más bajo está al final de la 14 avenida "A" y 47 calle. Las presiones y caudales varían según la distribución que se maneje en la red.

Dentro de la colonia no existe ningún tipo de almacenamiento antes de la distribución. El agua previa a ser distribuida a la red principal, se encuentra almacenada en el tanque circular de la estación de Bombeo Ojo de Agua, de donde es impulsada hacia la red de distribución y a otros tanques del sistema de distribución, mediante bombas verticales y horizontales de gran potencia.

Figura No. 11 Plano de la red de distribución de Villasol



Fuente: Empagua

### 3.9. Micromedición de la colonia Villasol

La medición del flujo domiciliar es importante para determinar el consumo mensual del cliente, por lo que es necesario que cada uno de los inmuebles cuente con medidor de agua (contador). Para determinar el consumo se resta la lectura actual, menos la del mes anterior.

En la actualidad, la colonia Villasol tiene las siguientes marcas de medidores, Kent, Neptuno, Arad, Bmeter, Bar meter, Cori Schlumberger. Estas marcas están aprobadas por Empagua, ya que es la empresa que suministra el servicio de agua potable a la colonia.

Los tipos de medidores, según su funcionamiento pueden ser de tipo:

- a. Volumétricos
- b. Velocidad

Los medidores volumétricos o de desplazamiento positivo miden el volumen de agua mediante un disco de nutación o por medio de un pistón oscilante. Los medidores de velocidad, son llamados también inferenciales, pueden ser de chorro único o múltiple y miden el volumen de agua por medio de una turbina.





## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Investigación preliminar

#### 4.1.1. Actividades de gabinete

Para la aplicación del método del flujo mínimo nocturno, se necesitó sectorizar un área de la red de distribución, en la que éste pudiera desarrollarse, la selección del lugar se realizó según los siguientes criterios:

- El área debe tener un número no mayor a 1000 viviendas, de tal manera que se pueda manejar con facilidad y evitar inversiones altas.
- El lugar debe permitir conocer el comportamiento de la red y el sistema de distribución, de manera que pueda estudiarse y obtenerse diversidad de datos, de acuerdo con los distintos tipos de viviendas.
- El área debe estar libre de congestionamiento de tránsito vehicular, de igual manera que sea de bajo riesgo delincriminal, para evitar poner en riesgo la seguridad del personal cuando se realicen actividades durante la noche.
- Debe contarse con planos impresos del área de estudio, el cual debe contener las tuberías principales y válvulas de la zona. También es necesaria la información de los clientes, la cantidad, estado de los medidores, el tipo de clientes, y registros de facturación para conocer el consumo.

- Debe instalarse un macro medidor al ingreso de la zona, éste permite registrar y almacenar los datos de caudal y presión, puede estar enterrado y su gabinete sobre la superficie, si existe espacio para su colocación. La instalación del macro medidor permite conocer el flujo mínimo nocturno del área de estudio, esto evita hacerlo de forma manual, debido a que lleva mucho más recursos y tiempo.
- Si el área cuenta con más de una tubería de ingreso, debe instalarse válvulas y así tener sólo un ingreso del caudal a la zona.
- Debe instalarse válvulas de manera que las calles y avenidas puedan sectorizarse y ser aisladas cuando se realice la prueba por pasos en la noche, a este tipo de válvulas se le llama válvula de paso.
- Es necesario contar con otro tipo de válvulas para poder sectorizar, éstas se llaman de circulación, ya que si no se cuenta con ellas habrá pequeñas áreas que no se podrán sectorizar.
- Debe instalarse un hidrante en la parte más baja del área, el cual se utilizará como desfogue y otro en la parte alta que trabajará como válvula de aire.
- Es necesario capacitar al personal de campo que se empleará para las distintas actividades que se desarrollarán en la aplicación del método.
- La mayor parte del trabajo se realiza durante la noche, sobre todo, en las primeras horas del día (00:00 hrs hasta las 4:00 ó 5:00 de la mañana), lo cual permitirá ver el comportamiento de la presión y el caudal, durante el consumo menor de zonas residenciales.

- Los usuarios del área seleccionada, deben contar con medición domiciliar, lo cual permitirá conocer el consumo del mismo.

Para la aplicación de este método se seleccionó la colonia Villasol, la cual se encuentra en un área de fácil acceso a varios puntos de la ciudad.

Esta colonia posee un número reducido de propiedades, según el censo del año 1994 que cuenta con 375 viviendas, aunque con el paso del tiempo se haya tenido una tasa de crecimiento del 2.5%, pero el número de propiedades que contiene es aceptable para el estudio. Por ser una colonia de tipo residencial, tiene distintos tipos de usuarios.

Es abastecida por la estación de Bombeo Ojo de Agua que pertenece a Empagua, mediante una tubería de 8" pulgadas que se deriva de la línea principal de conducción que es de 18" pulgadas (datos obtenidos según planos de Empagua).

Es un lugar que no presenta congestión vehicular debido a que el tránsito que ahí se genera es bajo, también se consideró como de bajo riesgo delincriminal, ya que esto es importante debido a que cuando se realice alguna actividad durante la noche no debe presentar riesgo para el personal que vaya a trabajar.

Se contó con planos de la red principal de distribución de la colonia Villasol, de manera impresa, se incluye tuberías, diámetros, tipo de material y la ubicación de las válvulas.

El área en donde se encuentra Villasol permite conocer el sistema de distribución y el comportamiento de la red, debido a los distintos tipos de vivienda que tiene.

La colonia se encuentra aislada, debido a que tiene únicamente un caudal de ingreso, lo cual permitirá un manejo eficiente del sistema de distribución de la colonia.

Se planificó un conteo de las viviendas que existen en el área seleccionada, para obtener el número total de las mismas, de igual manera, con ello se tendrá los tipos de usuarios que hay dentro de la colonia.

#### **4.1.2. Actividades de campo**

Dentro de las actividades de campo se realizaron visitas a la colonia Villasol con el fin de corroborar su selección. En la inspección de campo que se efectuó se pudo constatar que la colonia cuenta con garita de seguridad y tiene un solo ingreso peatonal y vehicular.

En la visita de campo se observó que en el área se encuentra un macromedidor instalado por Empagua con su respectivo gabinete. Este se localiza al ingreso de la colonia Villasol, al lado derecho de la vía de salida, como se puede ver en la figura No. 12.

Figura No. 12 Ubicación del macro medidor y el gabinete utilizado



En la figura No. 12 se aprecia con detalle que el macro medidor se encuentra enterrado, mientras que el gabinete está sobre la superficie, sin obstaculizar el paso peatonal.

Éste se encuentra en una caja subterránea con tapadera de metal, para su instalación se redujo el diámetro de la tubería de 8" de asbesto cemento a 4" de PVC en un tramo de 2 metros, debido a que el diámetro del macro medidor es de 4". Las normas de instalación se presentan en el anexo No. 2. En la figura No. 13, se muestra con detalle su instalación.

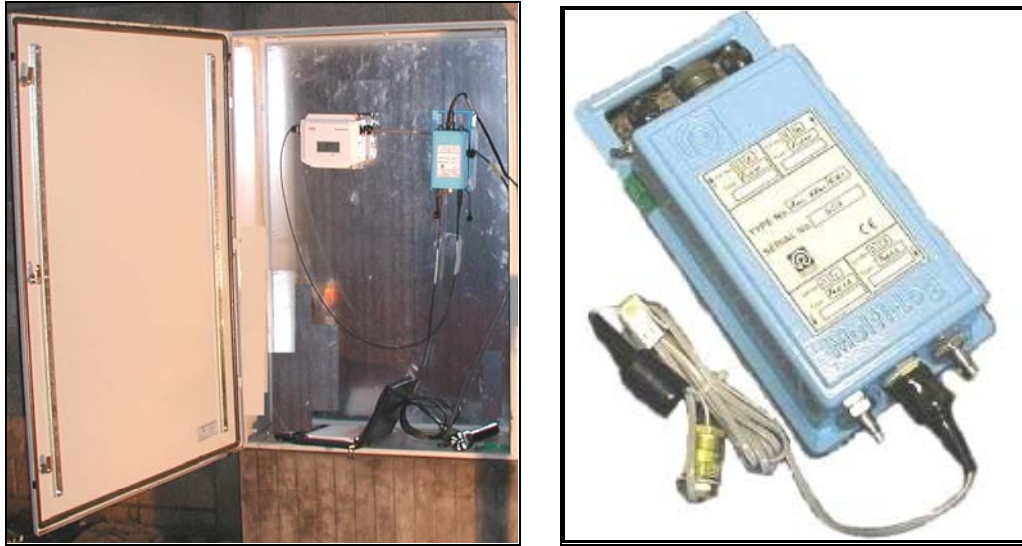
Figura No. 13 Macro medidor instalado



El macro medidor como se pudo ver es de la marca ABB de tipo electromagnético, la selección de éste depende de los resultados que se desee obtener. Este tipo de macro medidor no requiere de mantenimiento constante y tiene la capacidad de interactuar con otros equipos, tales como almacenadores de datos externos, registradores de presión y caudal.

Dentro del gabinete se tiene la unidad de visualización electrónica y el *logger* que permiten visualizar y almacenar los datos registrados por el macromedidor. El *logger*<sup>4</sup> que se empleó para almacenar datos se llama Multilog<sup>TM</sup>, de marca Radcom Technologies, éste se muestra en la figura No. 14, fue seleccionado debido a la facilidad que tiene de interactuar con el macro medidor en la recepción y almacenamiento de datos, las especificaciones para su selección e instalación se presentan en el anexo No. 3.

<sup>4</sup> Logger aparato utilizado para almacenar datos registrados por el macromedidor

Figura No. 14 Gabinete y *logger* utilizados en Villasol

Se realizó un conteo de las viviendas que ahí existen, y hacen un total de 502 propiedades, de los siguientes tipos: residencial, residencial múltiple, comercial. Dentro de la colonia existe el condominio Villasol II, este maneja un sistema de agua privado, debido a que tiene su propio pozo. La colonia Villasol cuenta con un parque infantil a su ingreso.

Con los planos se realizó una inspección de campo para corroborar la ubicación de las válvulas, los diámetros y el tipo de material. Para ello, se realizó un recorrido observándose las válvulas y la tubería, en la que se detectó que la tubería es de asbesto cemento AC y no de PVC como lo indica el plano, las válvulas se encuentran en cajas con tapadera de concreto, algunas con corona y otras solamente con el vástago. En la figura No. 15 se muestra el estado actual de las válvulas.

Figura No. 15 Estado de válvulas



Los horarios de servicio de abastecimiento en la colonia varían según el día, debido a la distribución que maneja Empagua, los días domingo, martes, viernes, si cuentan con servicio durante todo el día, mientras que los lunes, miércoles, jueves y sábado el servicio es durante la noche<sup>6</sup>.

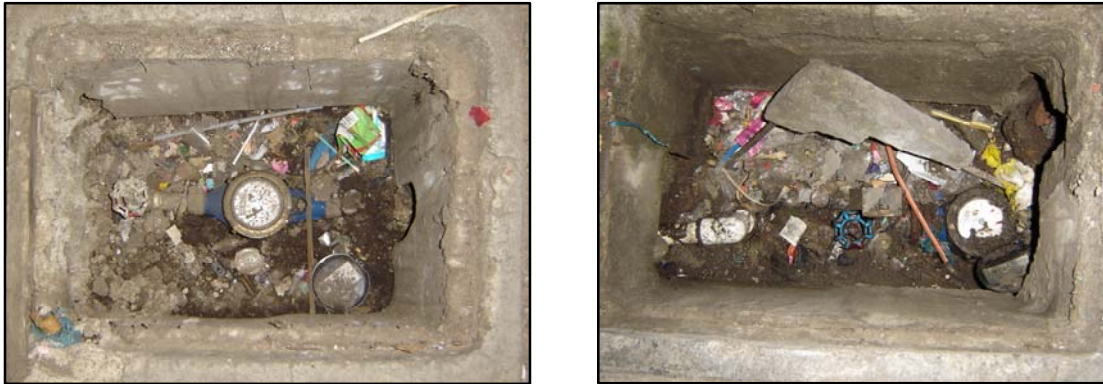
En la colonia se realizó una inspección rápida de los medidores, con la finalidad de verificar su estado actual, se encontró desde buenas condiciones a malas; algunos no reciben mantenimiento por parte del usuario, ya que se encuentran llenos de basura.

Otro problema que se observó es que tienen el visor opaco o rayado lo cual no permite ver la carátula del medidor, esto hace que se tengan problemas para tomar la lectura. En la figura No. 16 se muestra la situación de algunos medidores.

<sup>6</sup> Información proporcionada por operadores de la red.



Figura No. 16 Estado de medidores en la Villasol



Para la aplicación del método del flujo mínimo nocturno, se realizó un estudio de medidores, para ello se hizo una selección previa de 65 medidores a fin de verificar su funcionamiento, tomándose lectura durante dos días consecutivos. Los medidores que no funcionaron o presentaron problema con la tapadera de la caja, el visor u otra situación, se descartaron, para realizar el estudio.

El diseño de la prueba por pasos es parte de la aplicación del método del flujo mínimo nocturno, ya que éste permite conocer las áreas donde existe mayor consumo, lo cual facilita detectar las pérdidas de una manera más puntual, aplicando el flujo mínimo nocturno en las áreas en que se subdividió el estudio.

Para el diseño de la prueba por pasos, como se verificó en campo, las válvulas que existen en la red son suficientes, ya que no es necesario instalar válvulas de paso y de circulación. En cuanto a las válvulas de límite no se tuvieron que instalar, debido a que Villasol solo tiene una tubería principal como abastecimiento a la red interna de la colonia.

El diseño de la prueba por pasos se llevó a cabo tomando en cuenta lo siguiente: se contó con un plano de la red de Villasol; con la información recabada en campo se hicieron las correcciones debidas, ya que algunas válvulas se encuentran enterradas o no existen.

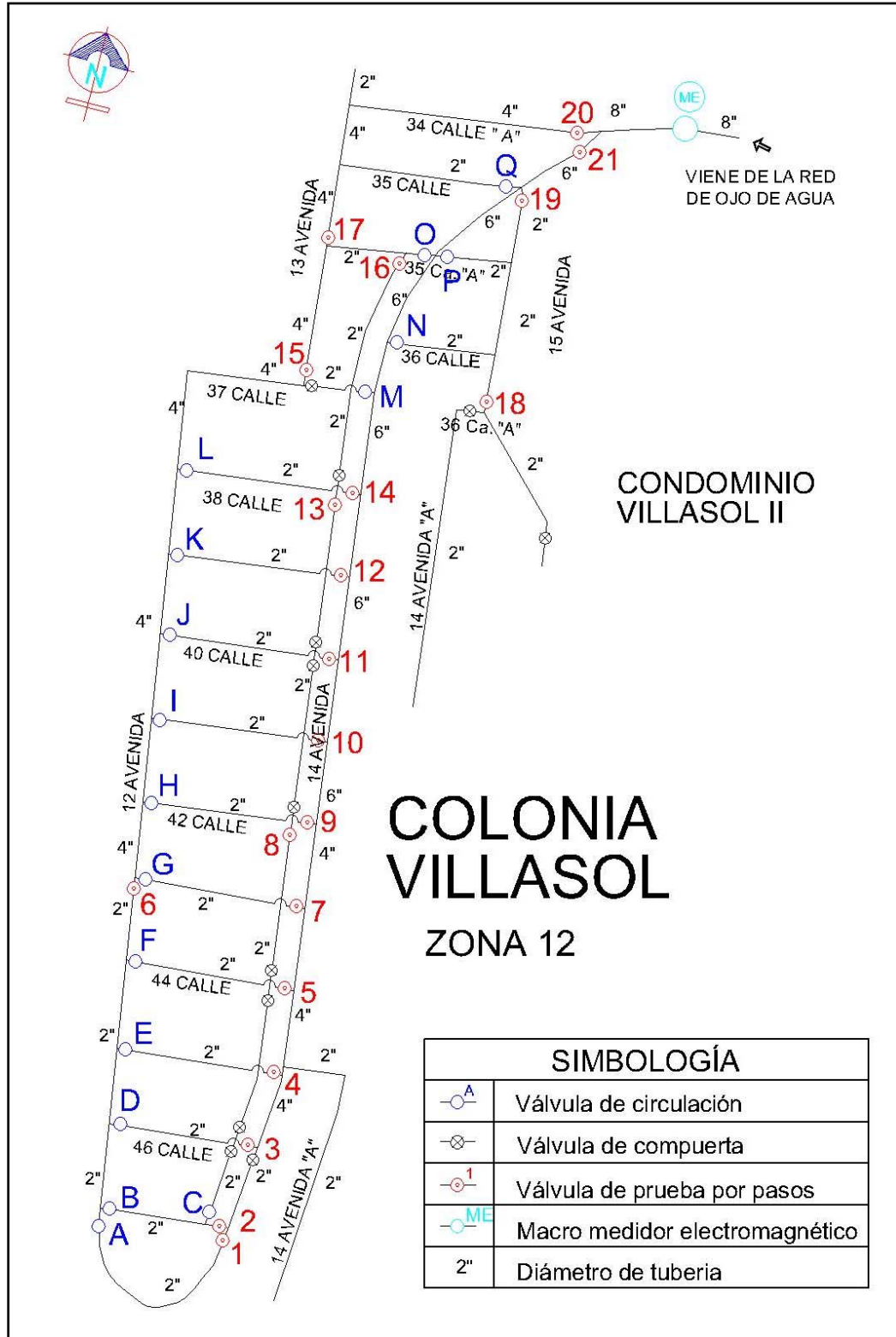
El diseño de las válvulas de circulación, se hizo de tal manera de que el personal operativo para el cierre de las mismas, no camine demasiado para el cierre entre una y otra. Se colocaron las necesarias con el fin de ayudarse en el trabajo.

Las válvulas de paso se colocaron dejando áreas pequeñas con el objeto de que la detección de las fuga sea más puntual. También la colocación de estas válvulas depende del tiempo con que se cuenta para desarrollar dicha actividad, se debe diseñar a este tiempo dejando un margen de holgura por cualquier eventualidad.

El número de casas que se aislaran por paso dependen del tiempo, del área donde se trabajara, del número total de inmuebles del lugar y de la cantidad de personal que se dispone para realizar el cierre de las válvulas. Cuando se cierra una válvula la presión aumenta, en otras palabras, mientras más válvulas se cierran, la presión es más alta.

Previo a realizar la prueba por pasos se marcó cada una de las válvulas, tanto de paso como de circulación, con un color distinto, a fin de diferenciar y facilitar el trabajo de campo durante la noche. Antes de realizar la prueba por pasos, las válvulas que se cerraron fueron las de circulación, se tuvo especial cuidado de no cerrar algún sector y dejarlo sin abastecimiento. El diseño de la prueba por pasos se muestra en la en la figura No. 17.

Figura No. 17 Diseño de la prueba por pasos



## 4.2. Aplicación del método del flujo mínimo nocturno

Éste se realizó mediante la utilización del macro medidor electromagnético, debido a que es una forma practica, fácil y rápida de hallar el flujo mínimo nocturno, con los datos registrados por el macro medidor y almacenados por el logger, se tiene el caudal y presión en el punto de ingreso de la red de distribución de la colonia Villasol.

Con la utilización del macro medidor, no se empleó el método del flujo mínimo nocturno FMN de forma manual que se describe en la sección No. 2.5, de tal manera que se emplearon los datos del mismo ya que tienen la misma validez.

Luego de que se estableció la zona y se aisló totalmente, se hizo un análisis de la información que registra el macro medidor, la información es almacenada en el logger, éste se puede programar para que guarde los datos a cada cierto tiempo (1, 2, minutos, etc.) según la cantidad de datos que se requieran en un tiempo determinado.

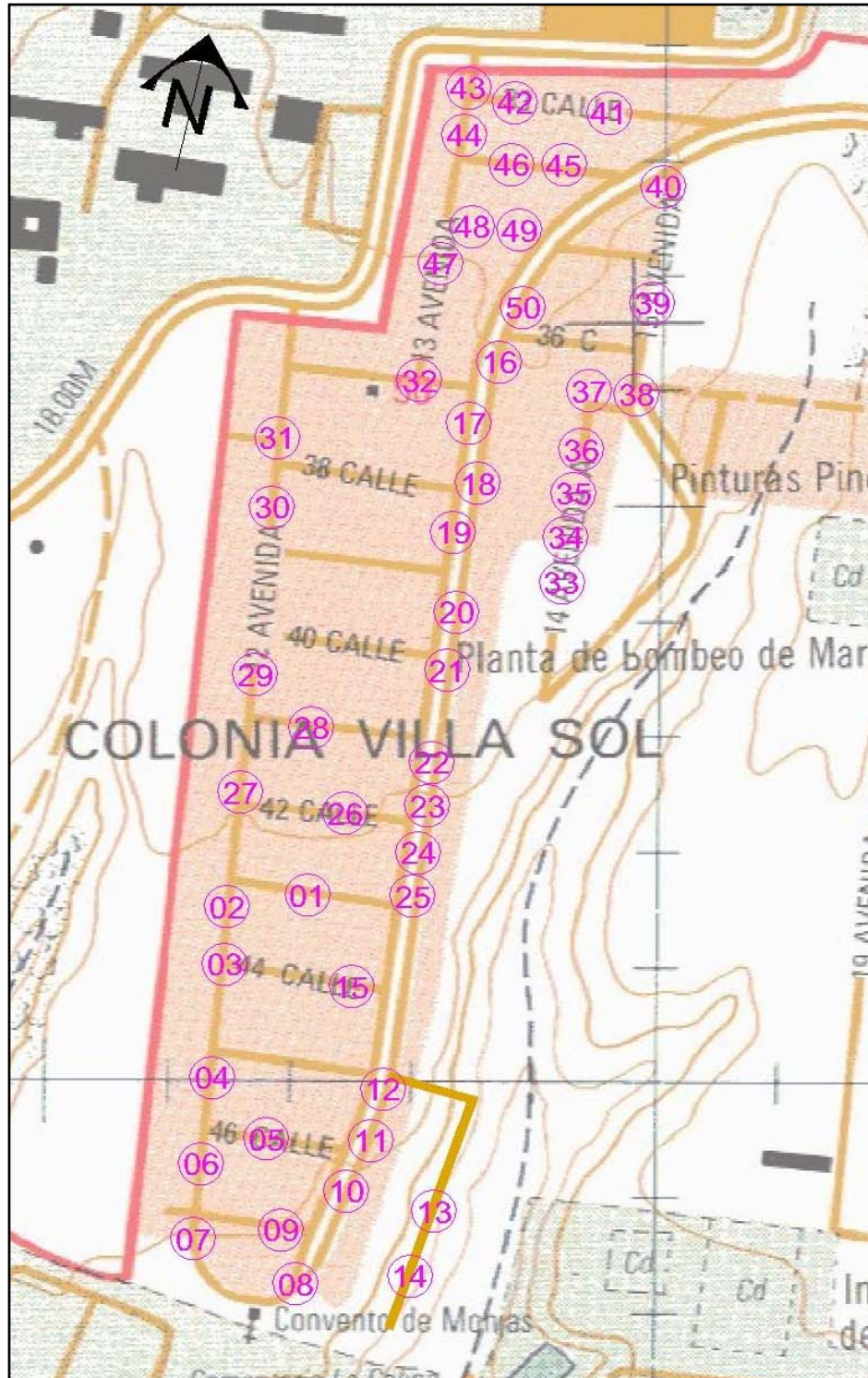
En la operación de la zona fue necesario controlar los micro medidores durante la noche y, con ello, medir el flujo mínimo nocturno (FMN). Para la realización del mismo se tomó como base el 10% del total de los micromedidores para el estudio, debido a que la cantidad de propiedades es de 502, según conteo realizado, por lo que se requiere de varias personas para controlar todos los micro medidores. Además, el estudio del 10% permite hacer una proyección global para la colonia Villasol.

La distribución de los medidores se hizo de manera uniforme, de tal forma que pudo obtenerse información de varios puntos de la colonia. La selección se realizó según los distintos tipos de usuarios que hay en la colonia Villasol, estos son los siguientes: residencial, residencial múltiple y comercial.

La toma de lecturas se llevó a cabo durante 24 horas continuas, se empezó a las 10:00 a.m. el primer día y se terminó el siguiente día a las 10:00 a.m. a la misma hora en que se inició.

Para el desarrollo de esta actividad, se contó con seis personas y se dividió el área en tres sectores, en la que cada uno tuvo los siguientes medidores; sector I quince (15), sector II diecisiete (17) y el sector III dieciocho (18) medidores. Cada sector contó con dos personas, que pudieran intercambiar horarios durante el desarrollo de la actividad, de igual manera, se diseñaron rutas por cada uno de los sectores para tomar las lecturas y tener un tiempo de descanso, entre la finalización y el inicio de toma de lecturas de cada uno de los recorridos en los distintos sectores. En la figura No.18, se muestra la distribución de los medidores que se empleó en la colonia.

Figura No. 18 Distribución de medidores estudiados en Villasol



El flujo mínimo nocturno que se tomó es el que se obtuvo a las 4:45 de la mañana del segundo día de toma de lecturas horarias, según datos que registró el macro medidor.

El flujo mínimo nocturno obtenido es dividido entre el número de los clientes, con el fin de establecer los litros por propiedad por hora (l/p/h).

Se dice que el consumo genuino es de 2.0 l/p/h., por lo que cualquier cantidad por encima de esto, se asume que es una fuga, pero la experiencia de consultores<sup>7</sup> de analizar varias redes de distribución, demuestra que sería imposible alcanzar este caudal, por lo que se tiene que una cantidad razonable y económica es de 6.0 l/p/h<sup>8</sup>, para Guatemala se desconoce cuál es el consumo genuino, mediante el estudio del flujo mínimo se obtendrá, aunque este depende de los datos que se obtengan.

El estudio de medidores se continuó tomando lecturas diarias, durante tres días más, en la que se obtuvo lecturas durante cinco días y consumo para cuatro días, realizándose por medio de una persona, la cual inició la toma de lecturas a las 10:00 a.m. de cada día y así contar con mayor información sobre el consumo diario de una vivienda.

De igual manera, se estudió el consumo de altos consumidores en la colonia, la selección se realizó en base a consumo histórico, tipo de usuario y mediante inspección visual de las viviendas, se tomaron lecturas durante cinco días continuos a una misma hora, con el fin de establecer el consumo diario (24 horas).

<sup>7</sup> Consultores de origen inglés

<sup>8</sup> Consumo genuino manejado en Inglaterra

El desarrollo de la prueba por pasos permite conocer en qué calles o avenidas se concentran las fugas y así tomar acciones necesarias para solucionarlas, es la aplicación del flujo mínimo nocturno en sectores. Para la realización de esta prueba se contó con el servicio continuo de agua, ya que es necesario tener presión y caudal en el sistema de distribución; las actividades se realizaron durante la noche.

En el área seleccionada no hubo necesidad de instalar válvulas de límite, de circulación y de paso, debido a que ésta se encontró delimitada y cuenta con las suficientes para el desarrollo de la prueba por pasos.

Se revisó cada una de las válvulas que se empleó en el diseño de la prueba, algunas de ellas se encontraron en condiciones buenas y regulares, en campo una válvula no se puede cerrar el 100% debido al deterioro que ha sufrido, por lo que se acepta que el cierre sea del 95%, se pudo observar que no reciben mantenimiento alguno, ya que existen cajas que se encuentran con basura, suelo y válvulas sin corona.

Para efectuar la prueba, se realizó un programa de cierre de válvulas, el cual se presenta en el formulario que se muestra en la tabla No. III. En ésta deben anotarse datos generales como lugar, fecha, tipo de prueba, personal etc. También se tiene un programa en donde se indica el número de válvula que se va a cerrar, diámetro de la misma, si es cierre o apertura y la hora de inicio y cierre final de la válvula. Con esta programación horaria se tiene un tiempo aproximado de duración de la actividad, aunque ésta se planifica, según el tiempo que se requiera entre el inicio y el cierre final de la válvula.



En los horarios reales se mantuvo un tiempo entre el final y el inicio de cierre de la siguiente válvula de paso, un tiempo de cinco minutos (5), es importante conservar este tiempo ya que esto permitirá analizar los datos que se obtendrán en la prueba por pasos, mientras que en el análisis de tiempos, se verifica el trabajo efectivo, de traslado y de espera.

Tabla No. III Formulario para la prueba por pasos

Ciudad:				Zona:				Fecha:		Página:		
OPERACIÓN DE VÁLVULAS				Prueba: POR PASOS				Grupo:				
PROGRAMA					Horarios Reales				Análisis de tiempos			
No. De Ref.	Diametro	Apertura ó Cierre	Hora de inicio	Hora cierre final	Llegada	Inicio	Final	Salida	Trabajo efectivo	De traslados	De espera	
1	2"	cierre	21:00	21:03		21:00	21:01					
2	2"	cierre	21:08	21:11		21:06	21:06					
3	2"	cierre	21:16	21:19		21:11	21:12					
4	2"											
5	2"											
6	2"											
7	2"											
8	2"											
9	2"											
10	2"											
10	2"	apertura	01:00	01:03								
9	2"	apertura	01:08	01:11								
8	2"	apertura	01:16	01:19								
7	2"											
6	2"											
5	2"											
4	2"											
3	2"											
2	2"											
1	2"											
PERSONAL												
Hora de inicio:			Hora de finalización:			Tiempo total:			Tiempo muerto:			
Observaciones:												
Clima:												

Se utilizó la misma hora que tiene la unidad de visualización que se encuentra dentro del gabinete y el *logger* se programó para que guarde los datos registrados por el macro medidor a cada minuto (1). En el cierre de las válvulas se manejó la misma hora que se tiene en *logger*, se hizo con la finalidad de tener un tiempo estándar entre las distintas actividades.

En el desarrollo de la prueba por pasos, las calles o avenidas quedaron aisladas totalmente y sin paso de caudal, convirtiéndose en pequeñas áreas (sectores).

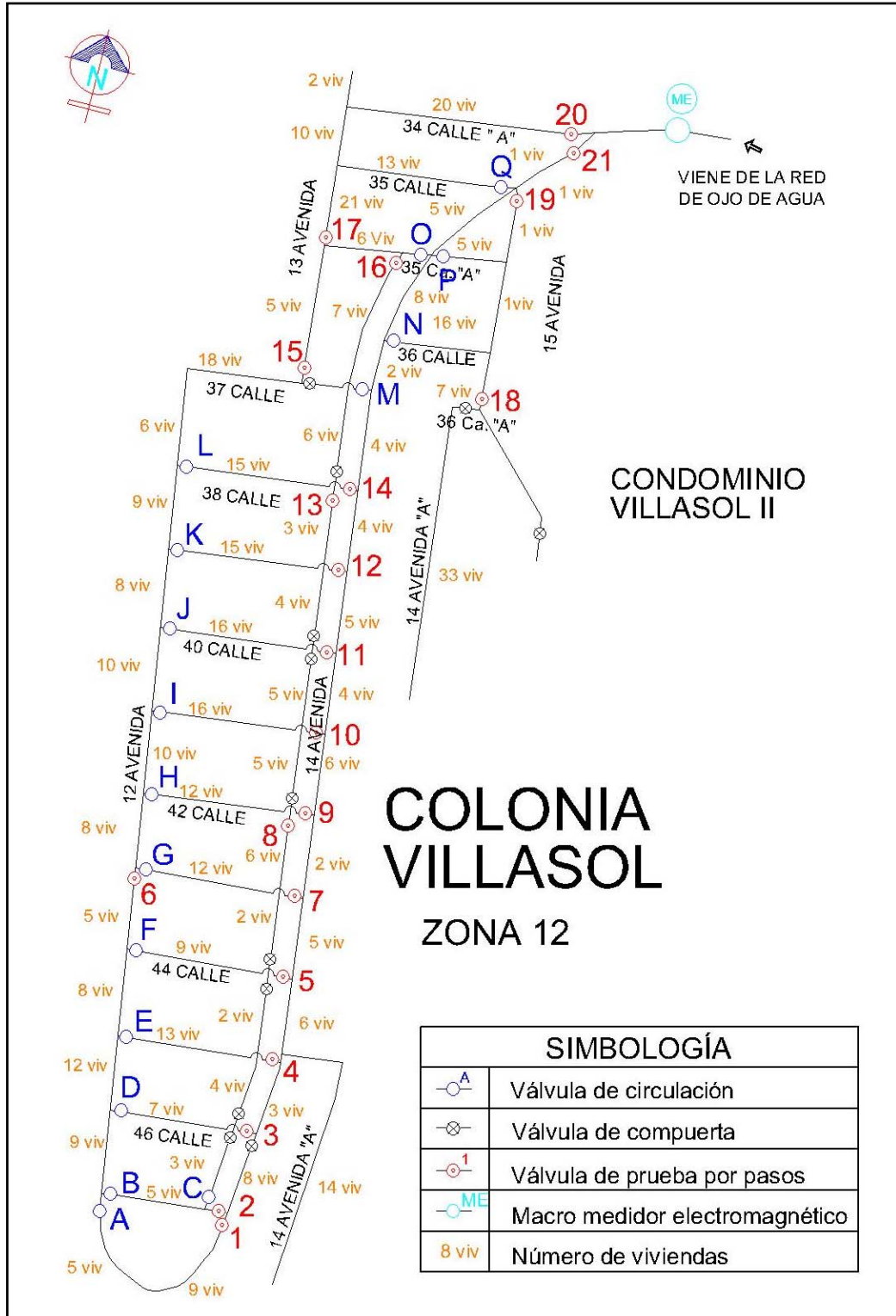
Al finalizar el cierre de todas las válvulas programadas debe darse cinco minutos (5) de tiempo, para luego empezar a abrir las mismas, solo que se hará de manera inversa a como se cerró, lo cual se puede ver en la tabla No. III que se presento anteriormente.

El diseño de la prueba se desarrolló para un tiempo de cinco horas con treinta minutos (5:30 hrs), para lo cual se incluyó un tiempo de holgura por cualquier eventualidad. Pero la realización de la prueba en campo duró cuatro horas con veintiún minutos (4:21 hrs).

Al final de la prueba se anotó al personal que participó en la realización de la prueba por pasos, la hora de inicio y finalización, el clima y las observaciones correspondientes.

Con el conteo realizado en campo se anotó el número de viviendas que se aislaron con el cierre de las válvulas de paso, para ello, se presenta la figura No. 19; en ésta se indica la cantidad de casas por cuadra (calles y avenidas) que hay en la colonia.

Figura No. 19 Plano de ubicación de viviendas en Villasol



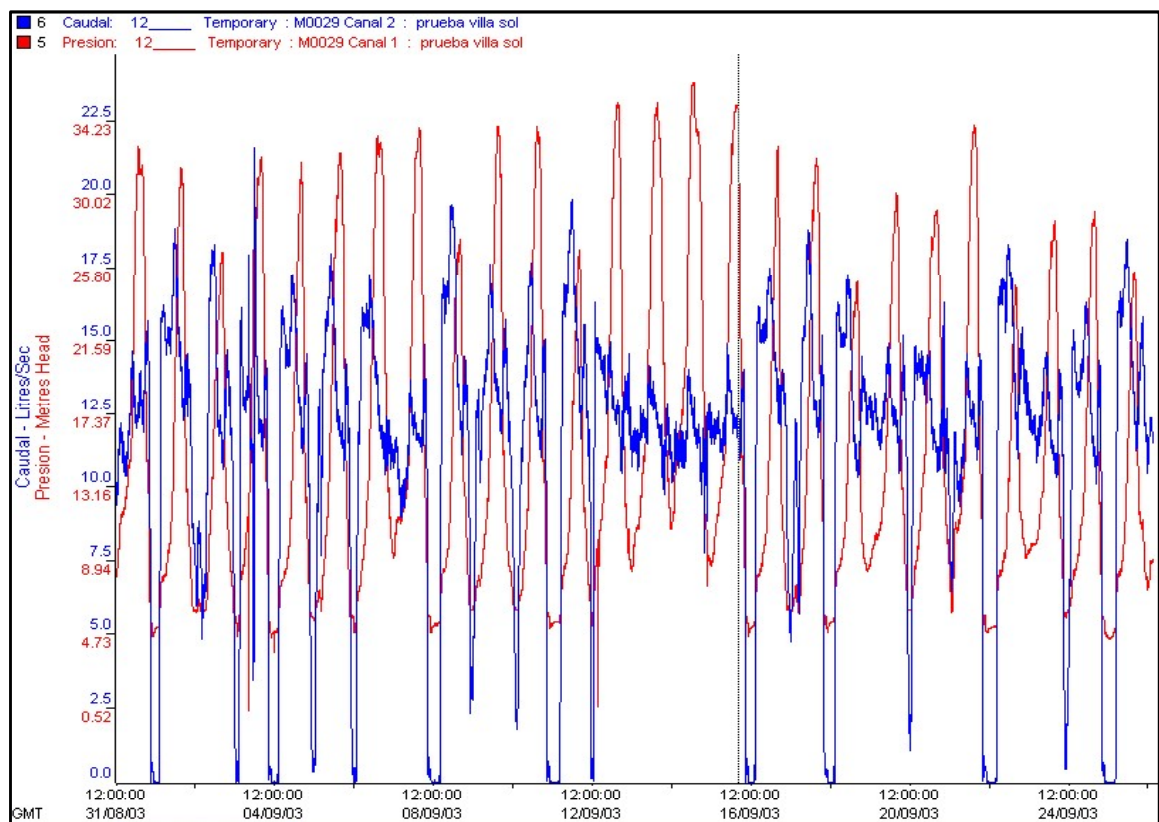


## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

### 5.1. Datos registrados por el macro medidor

Los datos que se presentan en la figura No. 20 fueron los registrados por el macro medidor y almacenados por el *logger*, en dicha figura se puede observar la variación que tiene el caudal (litros/segundo) y la presión (metros columna de agua mca) en la colonia Villasol.

Figura No. 20 Presión y caudal registrado por el macro medidor



Fuente: Datos registrados por el macro medidor

## 5.2. Toma de lecturas horarias

De los resultados obtenidos que se muestran en el apéndice No. 1, en la toma de lecturas horarias se presenta la figura No. 21, la cual presenta las variaciones de consumo horario que hay entre los usuarios estudiados. Para ello, puede verse que hay consumos altos durante el estudio de veinticuatro horas (24 horas), en la casa No.13 se registra un consumo de  $5.47 \text{ m}^3/24\text{hrs}$ , mientras que el consumo promedio es de  $1.17 \text{ m}^3/\text{prop}/24\text{hrs}$  y el consumo mínimo que se muestra es  $0.02 \text{ m}^3/24\text{hrs}$  registrado por la vivienda No. 46.

El consumo promedio horario de los medidores estudiados se presenta en la figura No. 22, en la que se puede observar las variaciones de consumo, la vivienda No. 13 registró un consumo de  $0.23 \text{ m}^3/\text{hora}$  como el más alto, mientras que en la vivienda No. 46, su consumo fue  $0.00 \text{ m}^3/\text{hora}$  ( $0.0008 \text{ m}^3/\text{hora}$ ) como el más bajo; para el estudio se obtuvo un consumo promedio horario de  $0.04875 \text{ m}^3/\text{prop}/\text{hora}$ .

En la relación que se hace gráficamente del consumo acumulado y promedio horario, se puede observar las variaciones de los consumos para algunos usuarios el consumo es alto y para otros, bajo, lo cual se muestra en la figura No. 23.

Figura No. 21 Consumo acumulado en 24 horas

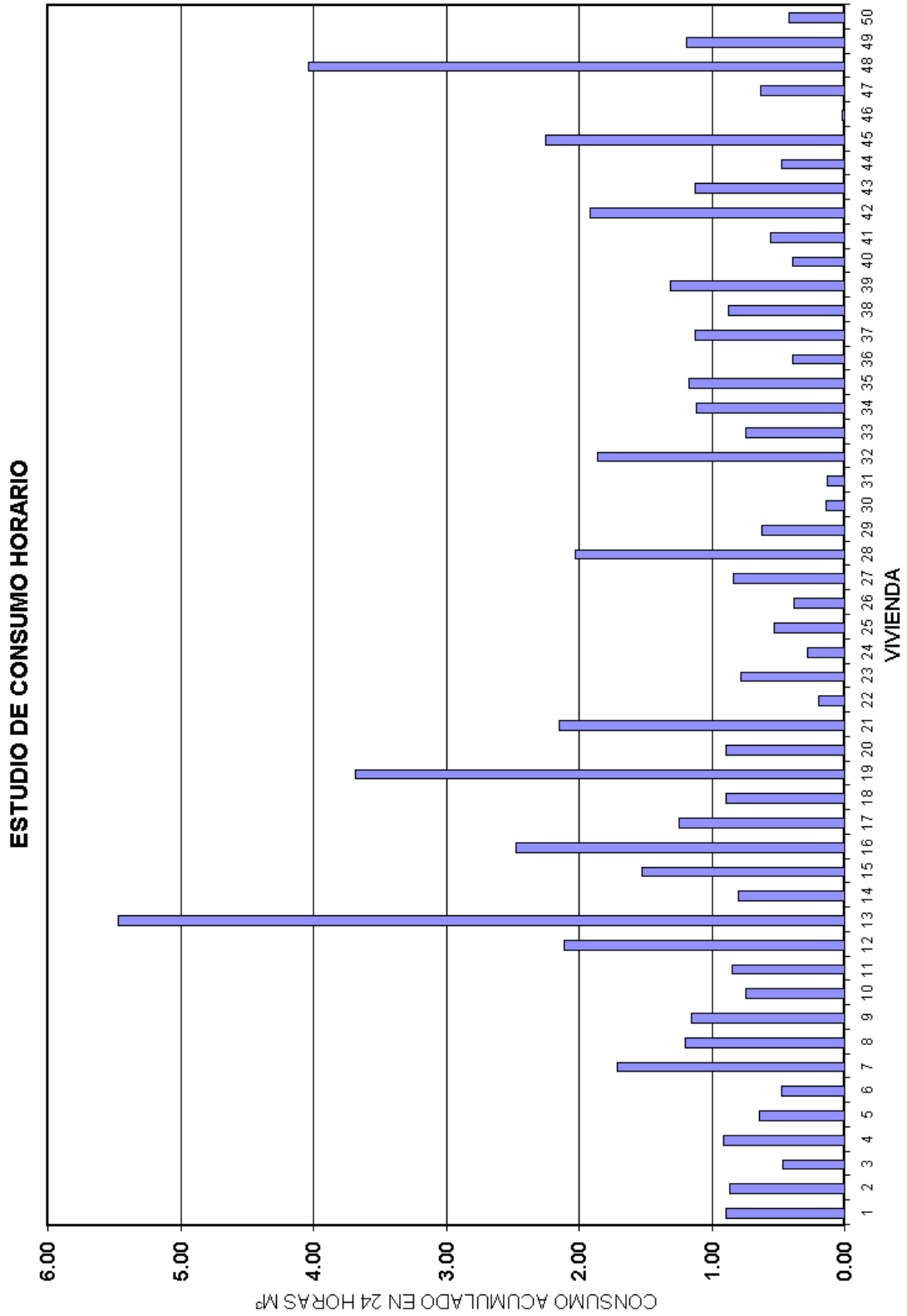


Figura No. 22 Consumo promedio horario

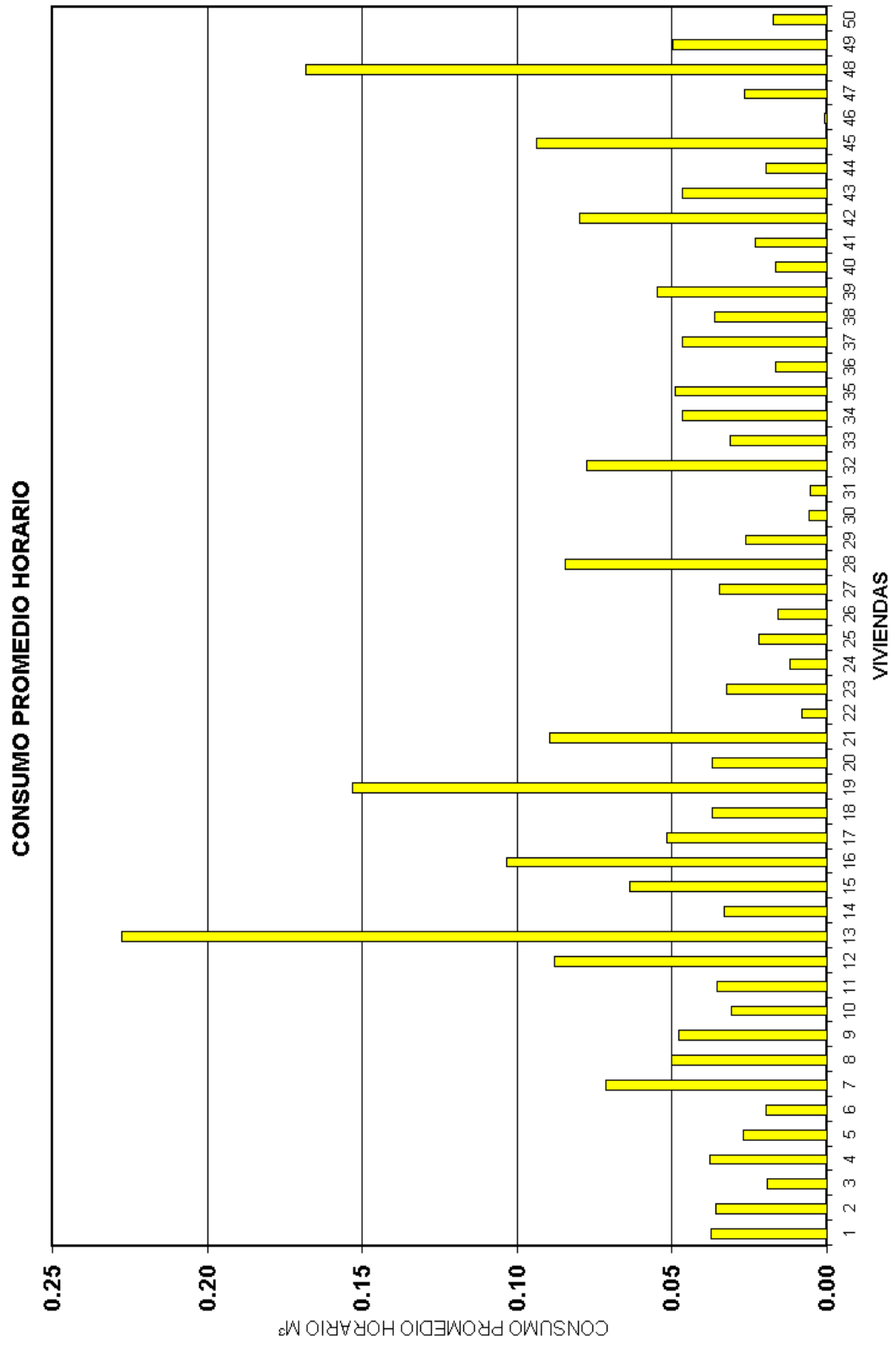
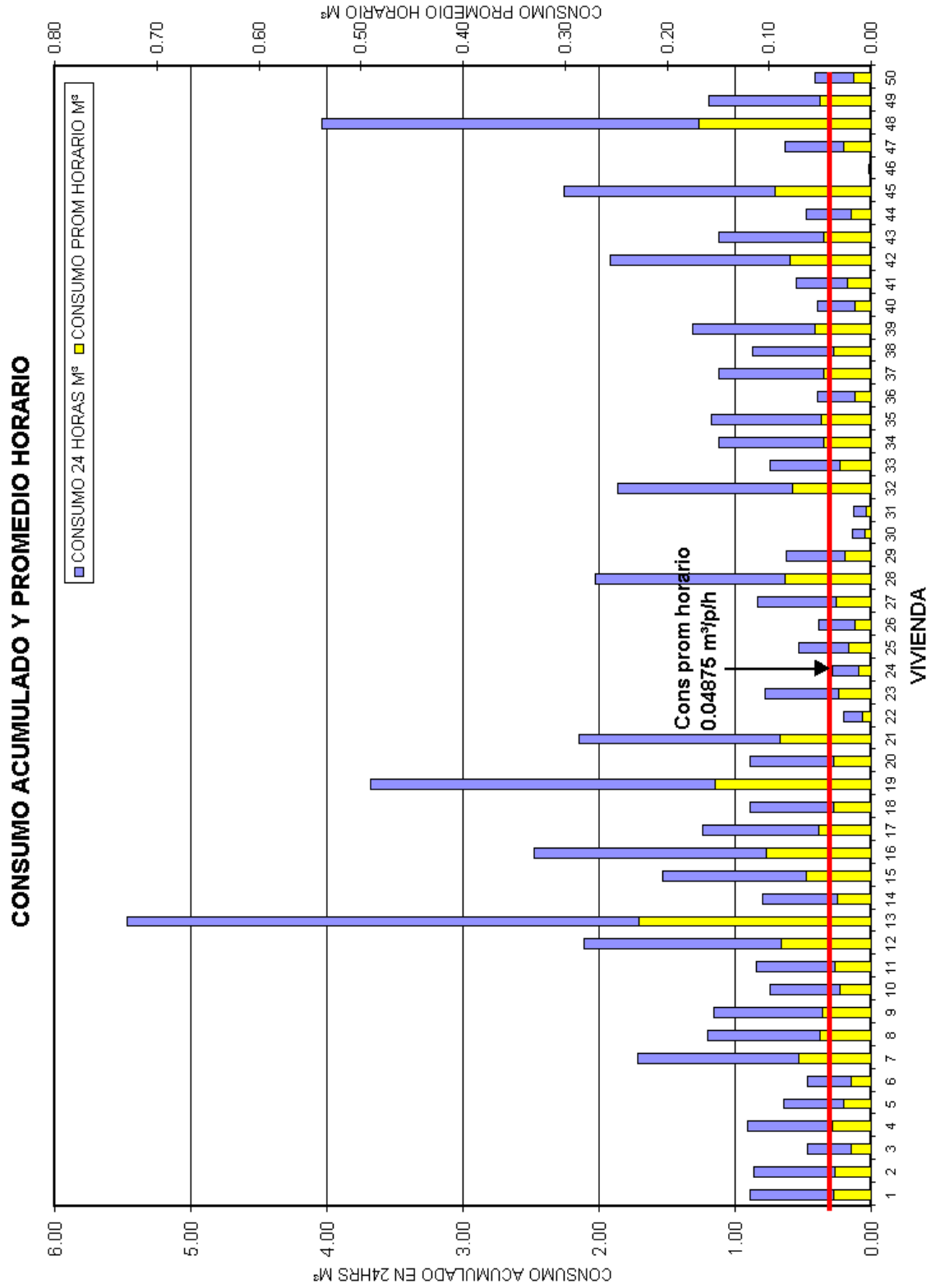




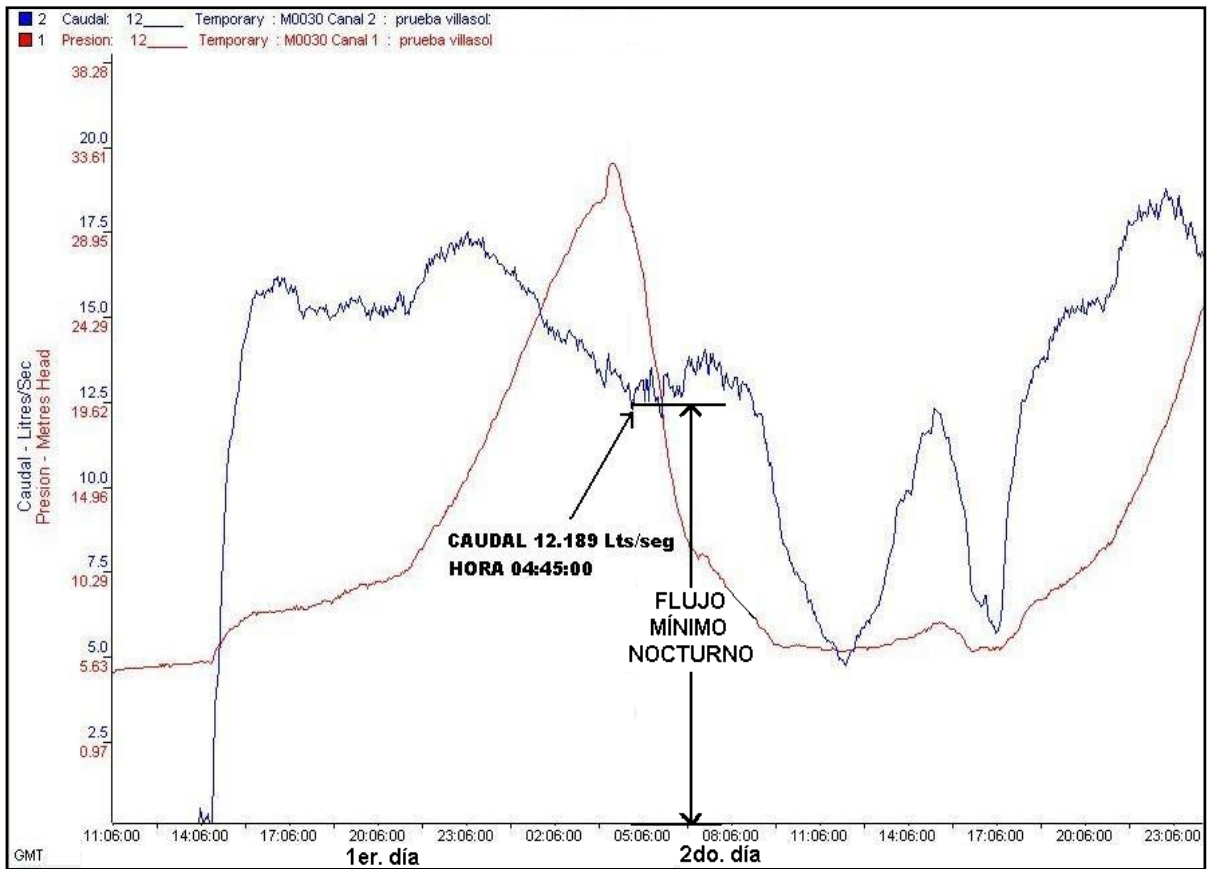
Figura No. 23 Relación de consumo acumulado y promedio horario



Los datos registrados por el macro medidor en la colonia Villasol son caudal (litros/seg) y presión (mca), las variaciones de cada uno, se presentan durante la toma lecturas horarias a los medidores. En la realización de dicho estudio se obtuvo el flujo mínimo nocturno, este se muestra en la figura No. 24, presentándose a las 4:45 a.m. del segundo día de estudio.

El valor que se obtuvo como flujo mínimo nocturno es de 12.189 litros/segundo, éste es el caudal mínimo registrado por el macro medidor, durante el segundo día de toma lecturas horarias.

Figura No. 24 Flujo mínimo nocturno en Villasol



Fuente: Almacenador de datos (*logger*)

### 5.3. Toma de lecturas diarias

De los resultados obtenidos de la toma lecturas diarias que se muestran en el apéndice No. 2, se presenta la figura No. 25, la cual presenta las variaciones de consumo diario que hay entre los usuarios estudiados. Para el estudio realizado durante cinco días y de consumo de cuatro días, la casa No. 13 registró un consumo acumulado de 13.72 m<sup>3</sup>/4días, seguido por la casa No. 19 con 13.49 m<sup>3</sup>/4días, que fueron los consumos más altos, y el consumo mínimo acumulado que se muestra es 0.88 m<sup>3</sup>/4días registrado por la vivienda No. 31.

El consumo promedio diario que se presenta en la figura No. 26, muestra las variaciones de consumo que se dieron durante el estudio, las viviendas No. 13 y No. 19 registraron un consumo de 3.43 y 3.37 m<sup>3</sup>/día como las más altas, y la vivienda No. 31 presentó un consumo de 0.22 m<sup>3</sup>/día como el más bajo, mientras que el consumo promedio diario hallado es de 1.198 m<sup>3</sup>/prop/día.

En la relación que se hace gráficamente y se muestra en la figura No. 27, se puede observar cómo se presenta el consumo acumulado en 4 días y el consumo promedio diario.

Figura No. 25 Consumo acumulado en cuatro días

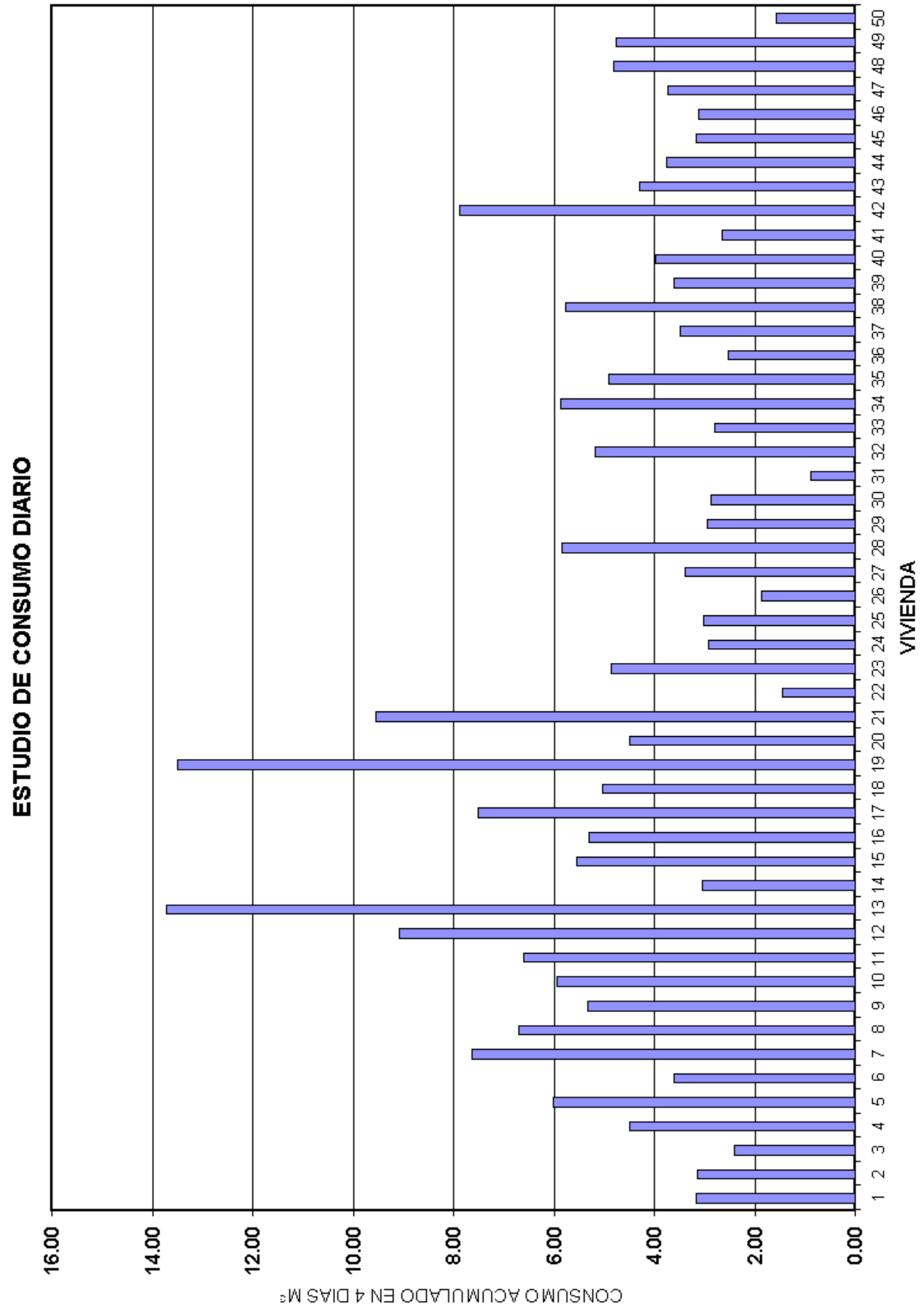


Figura No. 26 Consumo promedio diario

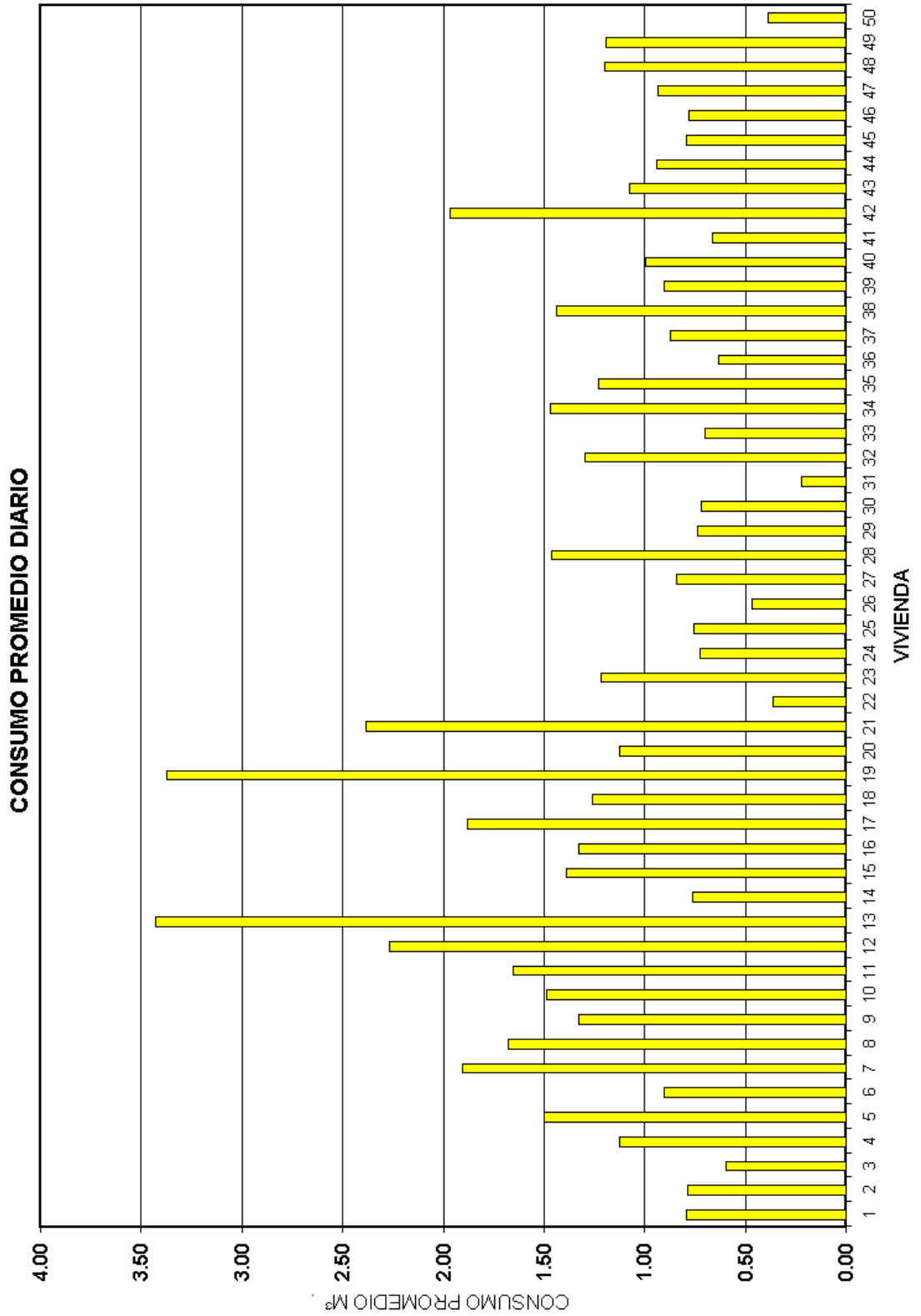
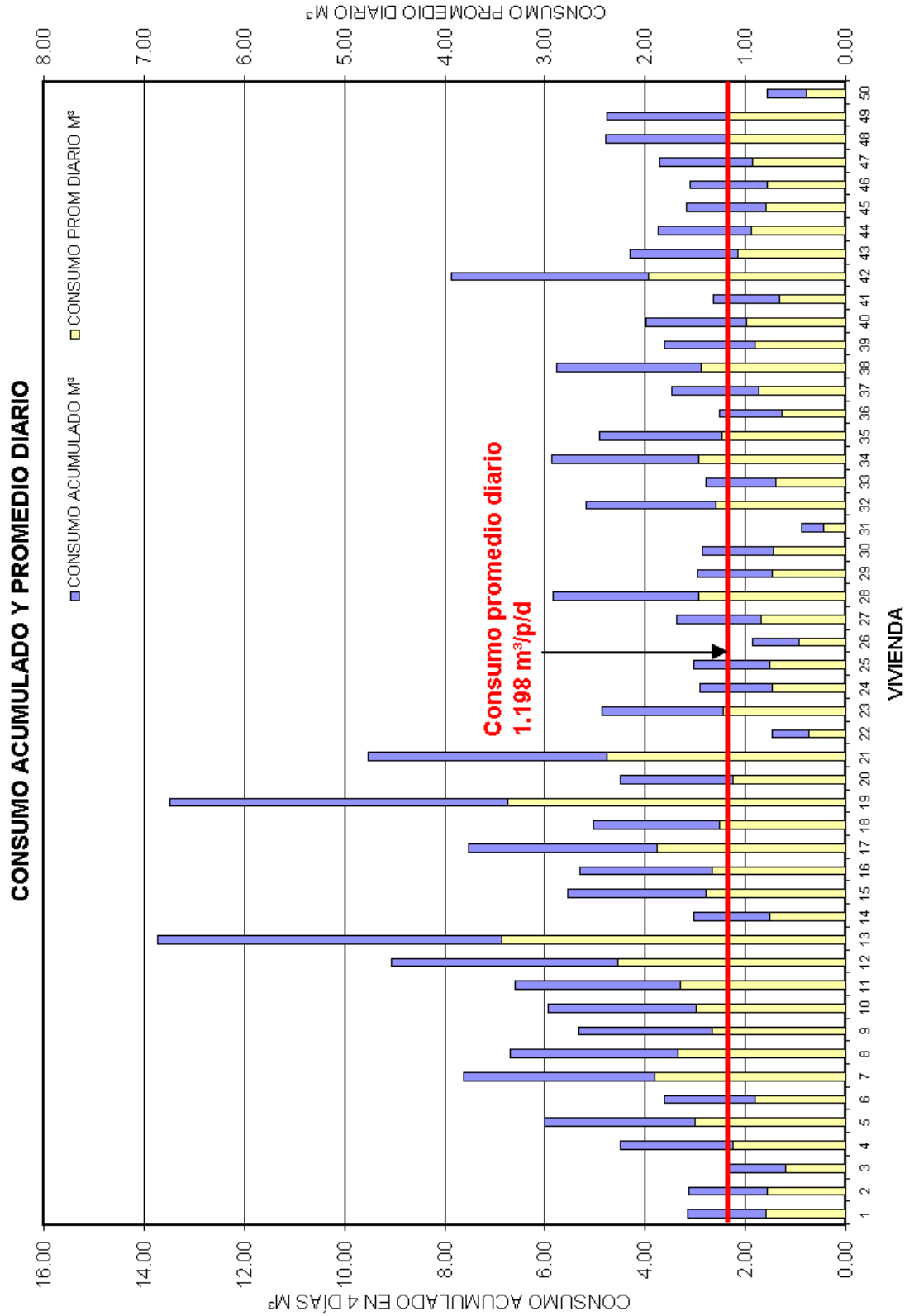


Figura No. 27 Relación de consumo acumulado y promedio diario



#### 5.4. Estudio de altos consumidores

Los resultados obtenidos del estudio de altos consumidores se presentan en la tabla No. IV, éstos fueron seleccionados según el tipo de usuario, consumo histórico y el tamaño de la vivienda en campo; los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla No. IV Lecturas y consumos de altos consumidores

No.	Tipo Usuario	LECTURAS					CONSUMO MP					CONSUMO ACUMULADO MB	CONSUMO PROM DIARIO MB
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5		
1	1	1878.23	1883.70	1886.62	1889.19	1891.58	0.00	5.47	2.92	2.57	2.39	13.35	3.34
2	1	5824.93	5828.61	5831.65	5835.87	5837.26	0.00	3.68	3.04	4.22	1.40	12.34	3.08
3	2	2653.27	2657.79	2662.34	2666.38	2670.40	0.00	4.52	4.55	4.04	4.02	17.13	4.28
4	2	15745.70	15749.84	15754.04	15759.87	15762.50	0.00	4.14	4.20	5.82	2.64	16.81	4.20
5	1	3512.38	3515.69	3520.04	3524.91	3527.71	0.00	3.31	4.35	4.87	2.80	15.33	3.83
6	1	4496.42	4498.24	4501.37	4505.00	4506.70	0.00	1.82	3.13	3.64	1.70	10.28	2.57
7	3	1998.18	2000.51	2002.28	2005.09	2007.32	0.00	2.32	1.78	2.80	2.24	9.14	2.28
8	3	2687.95	2694.25	2694.30	2696.52	2696.72	0.00	6.29	0.06	2.22	0.20	8.77	2.19
9	3	4789.12	4792.16	4792.67	4794.93	4797.47	0.00	3.04	0.52	2.26	2.54	8.35	2.09
10	3	1099.89	1104.52	1107.85	1110.25	1114.54	0.00	4.63	3.34	2.40	4.28	14.65	3.66
11	1	13517.55	13519.70	13521.02	13524.36	13527.08	0.00	2.15	1.32	3.34	2.72	9.54	3.43
12	1	14014.29	14016.41	14017.46	14020.59	14023.36	0.00	2.11	1.05	3.14	2.77	9.07	2.27

1 = residencial      2 = residencial múltiple      3 = comercial

De los resultados presentados en la tabla No. IV, se tiene que el consumo acumulado más alto es de 17.13 m<sup>3</sup>/4 días y el más bajo de 8.35 m<sup>3</sup>/4 días, lo cual puede observarse en la figura No. 28.

Para el consumo promedio diario los consumos altos y bajos son de 4.28 m<sup>3</sup>/día y 2.09 m<sup>3</sup>/día, para el cual se tiene un promedio de los resultados obtenidos, siendo de 3.10 m<sup>3</sup>/prop/día, esto se observa con mayor detalle en la figura No. 29.

En la figura No. 30 se presenta la relación de consumo acumulado y el promedio diario en altos consumidores, se puede ver que el consumo promedio no es menor de 2 m<sup>3</sup>/día.

Figura No. 28 Consumo acumulado de altos consumidores

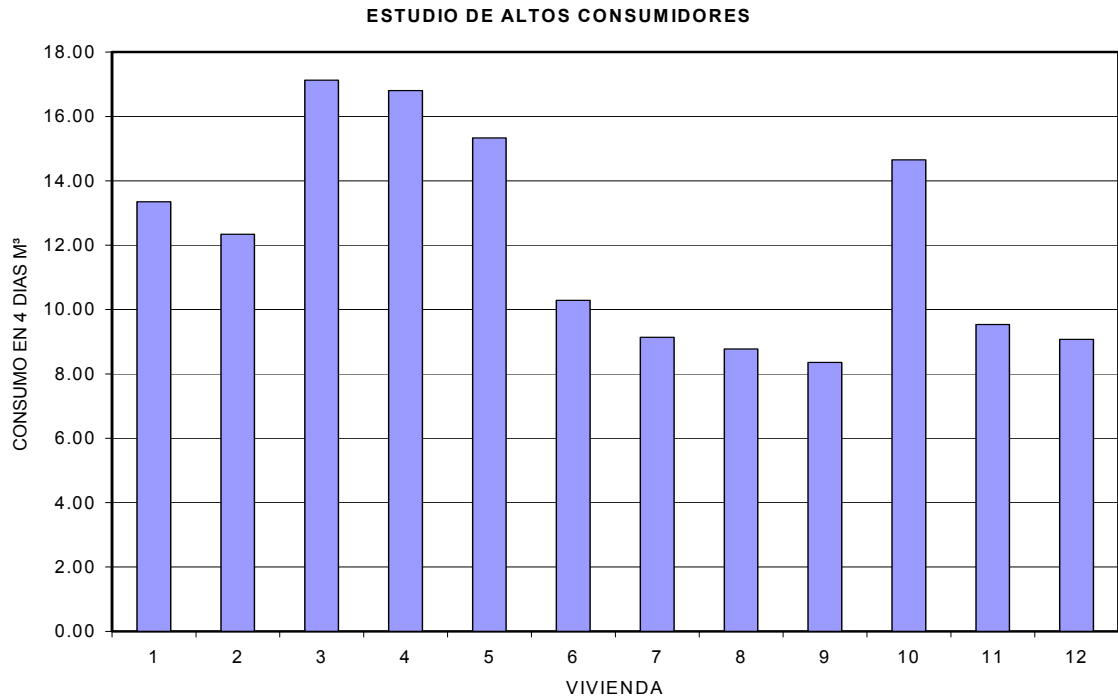


Figura No. 29 Consumo promedio de altos consumidores

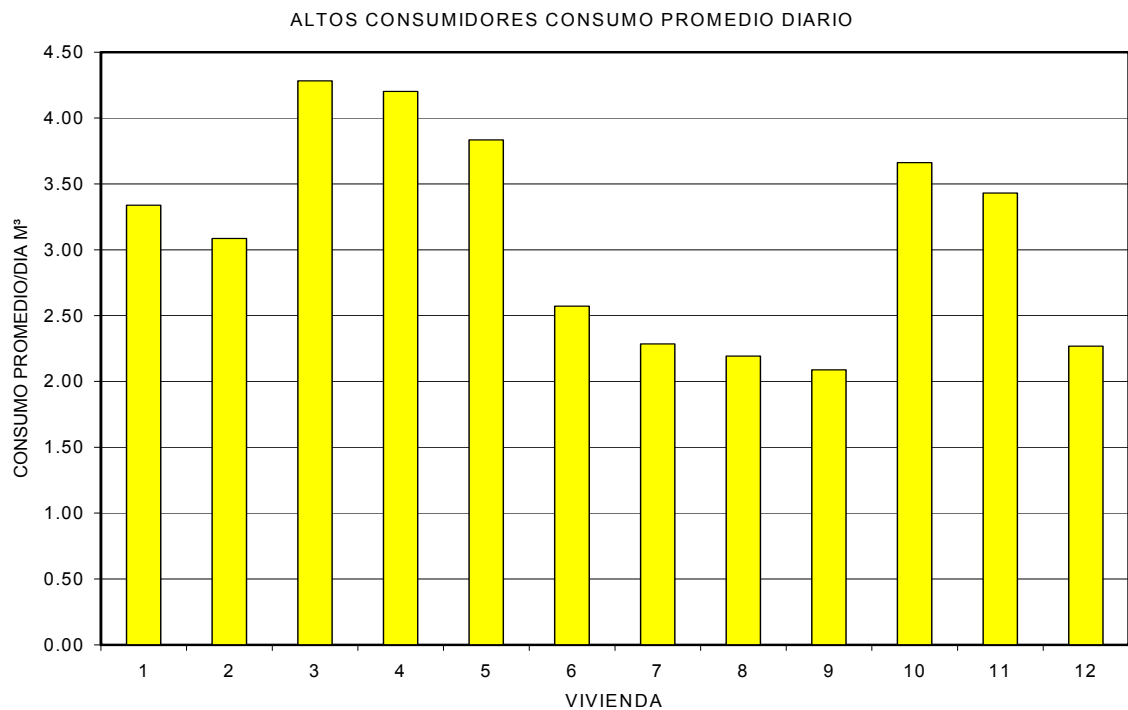
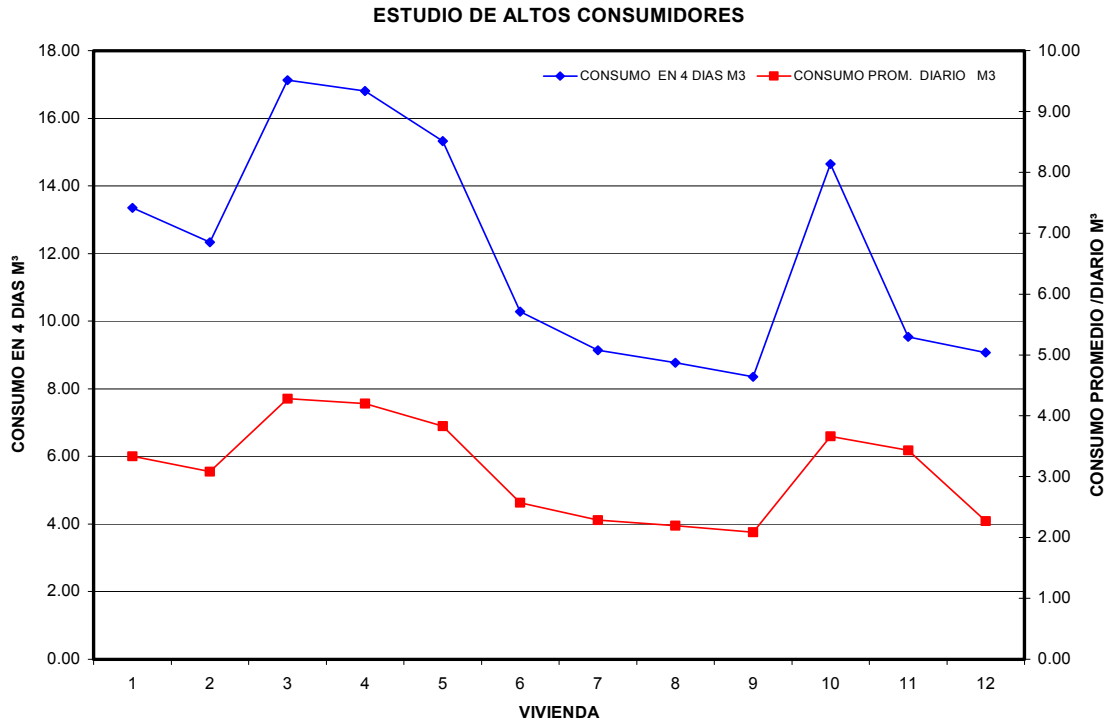




Figura No. 30 Relación de consumo acumulado y promedio diario



#### 5.4. Prueba por pasos

Los resultados obtenidos en la prueba por pasos, se presentan en la tabla No. V, esta se desarrolló en la red de distribución de la colonia Villasol, contando con personal de operación de la red de distribución de Empagua para la apertura y cierre de las válvulas.

Tabla No. V Desarrollo de la prueba por pasos

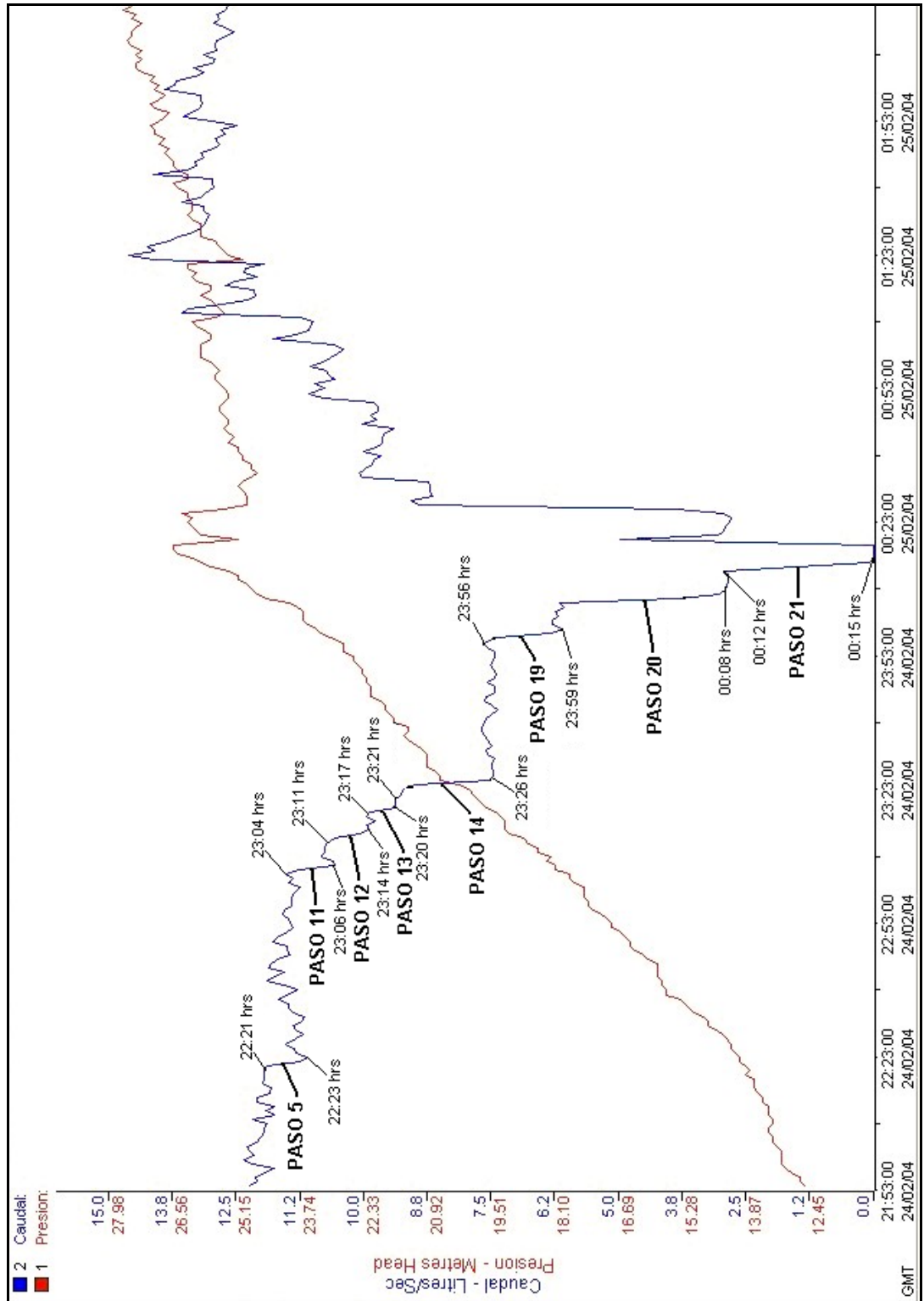
Ciudad: Guatemala				Zona: Col. Villasol zona 12				Fecha: 24/2/2004			
OPERACIÓN DE VÁLVULAS				Prueba: POR PASOS				Grupo: No. 1			
PROGRAMA					Horarios reales				Análisis de tiempos		
No.	Diámetro	Apertura o Cierre	Hora de inicio	Hora cierre final	Llegada	Inicio	Final	Salida	Trabajo efectivo	De traslado	De espera
1	2"	cierre	21:00	21:03	21:53	21:54	21:56	21:56	00:02	00:00	00:01
2	2"	cierre	21:08	21:11	21:57	22:02	22:04	22:04	00:02	00:01	00:05
3	2"	cierre	21:16	21:19	22:06	22:09	22:09	22:10	00:00	00:02	00:04
4	2"	cierre	21:24	21:27	22:12	22:14	22:15	22:15	00:01	00:02	00:02
5	2"	cierre	21:32	21:35	22:17	22:20	22:21	22:21	00:01	00:02	00:03
6	2"	cierre	21:40	21:43	22:25	22:27	22:30	22:30	00:03	00:04	00:02
7	2"	cierre	21:48	21:51	22:32	22:35	22:37	22:37	00:02	00:02	00:03
8	2"	cierre	21:56	21:59	22:38	22:44	22:45	22:45	00:01	00:01	00:06
9	2"	cierre	22:04	22:07	22:46	22:50	22:52	22:52	00:02	00:01	00:04
10	2"	cierre	22:12	22:15	22:54	22:57	22:58	22:58	00:01	00:02	00:03
11	2"	cierre	22:20	22:23	23:00	23:03	23:06	23:06	00:03	00:02	00:03
12	2"	cierre	22:28	22:31	23:08	23:11	23:12	23:12	00:01	00:02	00:03
13	2"	cierre	22:36	22:39	23:13	23:17	23:18	23:18	00:01	00:01	00:04
14	2"	cierre	22:44	22:47	23:19	23:23	23:24	23:24	00:01	00:01	00:04
15	4"	cierre	22:52	22:55	23:26	23:30	23:32	23:32	00:02	00:02	00:04
16	2"	cierre	23:00	23:03	23:37	23:37	23:38	23:38	00:01	00:05	00:00
17	4"	cierre	23:08	23:11	23:39	23:43	23:44	23:44	00:01	00:01	00:04
18	2"	cierre	23:16	23:19	23:48	23:49	23:51	23:51	00:02	00:04	00:01
19	2"	cierre	23:24	23:27	23:54	23:56	23:57	23:57	00:01	00:03	00:02
20	8"	cierre	23:32	23:35	0:00	0:02	0:06	0:06	00:04	00:03	00:02
21	2"	cierre	23:40	23:43	00:08	00:11	00:13	00:13	00:02	00:02	00:03
21	2"	apertura	23:48	23:51	00:18	00:18	00:20	00:21	00:02	00:05	00:01
20	8"	apertura	23:56	23:59	00:21	00:25	00:27	00:27	00:02	00:00	00:04
19	2"	apertura	00:04	00:07	00:31	00:32	00:33	00:33	00:01	00:04	00:01
18	2"	apertura	00:12	00:15	00:36	00:38	00:39	00:39	00:01	00:03	00:02
17	4"	apertura	00:20	00:23	00:43	00:44	00:45	00:45	00:01	00:04	00:01
16	2"	apertura	00:28	00:31	00:47	00:50	00:51	00:51	00:01	00:02	00:03
15	4"	apertura	00:36	00:39	00:54	00:56	00:58	00:58	00:02	00:03	00:02
14	2"	apertura	00:44	00:47	01:01	01:03	01:04	01:04	00:01	00:03	00:02
13	2"	apertura	00:52	00:55	01:05	01:09	01:10	01:10	00:01	00:01	00:04
12	2"	apertura	01:00	01:03	01:11	01:15	01:16	01:16	00:01	00:01	00:04
11	2"	apertura	01:08	01:11	01:18	01:21	01:23	01:23	00:02	00:02	00:03
10	2"	apertura	01:16	01:19	01:27	01:28	01:29	01:29	00:01	00:04	00:01
9	2"	apertura	01:24	01:27	01:30	01:34	01:35	01:35	00:01	00:01	00:04
8	2"	apertura	01:32	01:35	01:36	01:40	01:41	01:41	00:01	00:01	00:04
7	2"	apertura	01:40	01:43	01:43	01:46	01:47	01:47	00:01	00:02	00:03
6	2"	apertura	01:48	01:51		cerrada			00:00	00:00	00:00
5	2"	apertura	01:56	01:59	01:50	01:52	01:54	01:54	00:02	00:03	00:02
4	2"	apertura	02:04	02:07	01:56	01:59	02:01	02:01	00:02	00:02	00:03
3	2"	apertura	02:12	02:15	02:03	02:06	02:08	02:08	00:02	00:09	00:03
2	2"	apertura	02:20	02:23	02:10	02:13	02:14	02:14	00:01	00:02	00:03
1	2"	apertura	02:28	02:31	02:14	02:19	02:21	02:21	00:02	00:06	00:05
Personal de campo: Personal de distribución de Empagua											
Hora de inicio: 21:53			Hora de finalización: 02:21 Horas			Tiempo total: 4 horas 21 min. Tiempo muerto:					
Observaciones: Existen algunas válvulas que permanecen cerradas, debido a que así es como funcionan en la red de distribución de Villasol, por ejemplo la válvula número 6 se dejó cerrada a solicitud del personal de distribución, porque así trabaja normalmente.											
Clima: nublado y con ligera llovizna.											

En la gráfica que se presenta en la figura No. 31 se muestran los resultados obtenidos durante la realización de la prueba por pasos, se puede observar el comportamiento del caudal y la presión que fue registrada mediante el macro medidor y almacenada por el *logger*.

Se ve la caída de caudales que ésta tiene cuando se cerraron las válvulas de paso, para ello es necesario investigar las áreas en que el caudal baja considerablemente.

El cierre de válvulas que muestran caídas significativas de caudal son: 5, 11, 12, 13, 14, 19, 20 y 21, éstas se pueden observar de mejor manera en la figura No. 31.

Figura No. 31 Resultados de la prueba por pasos en Villasol

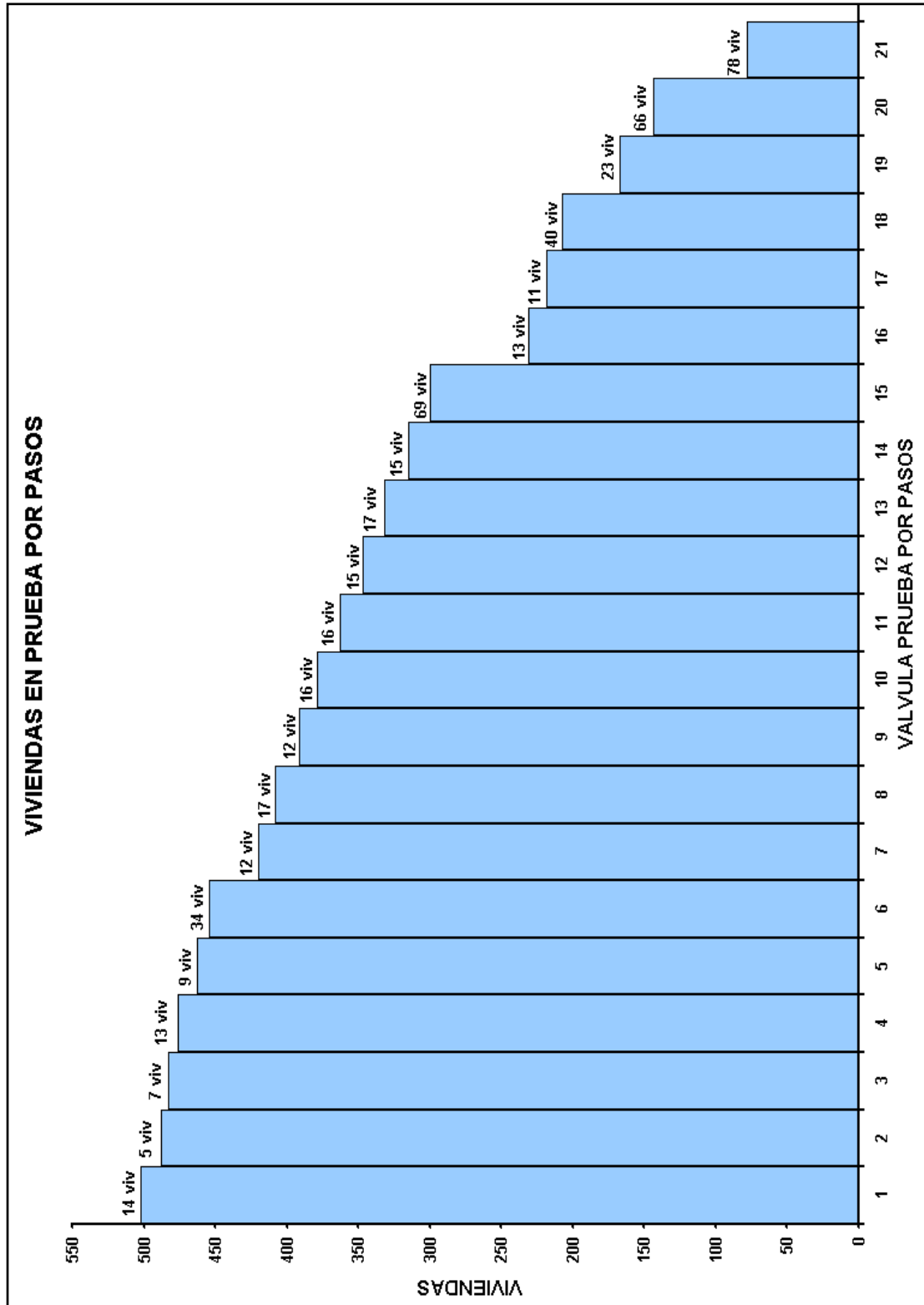


La cantidad de casas que se aisló con el cierre de cada una de las válvulas de paso se presenta en la tabla No. VI, de igual manera, se muestra la figura No. 32 que se genera del cierre de las válvulas de paso.

Tabla No. VI Cantidad de viviendas por cierre de válvulas de paso

VÁLVULA DE PASO	VÁLVULA DE CIRCULACIÓN	No. VIVIENDAS PPP	VIVIENDAS CON CONSUMO
		0	502
1	A	14	488
2	B, C	5	483
3	D	7	476
4	E	13	463
5	F	9	454
6	A,B,D,E,F	34	420
7	G	12	408
8	C	17	391
9	H	12	379
10	I	16	363
11	J	16	347
12	K	15	332
13	De paso	17	315
14	L	15	300
15	G,H,I,J,K,L,M	69	231
16	De paso	13	218
17	O y de paso	11	207
18	Valvula unica	40	167
19	N,P y de paso	23	144
20	O,Q y de paso	66	78
21	M,N,O,P,Q y de paso	78	0
<b>No. Total viviendas</b>		<b>502</b>	

Figura No. 32 Viviendas aisladas en la prueba por pasos



## 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos de la toma de lecturas horarias se tiene que el consumo máximo horario registrado es de  $5.47 \text{ m}^3/24\text{hrs}$ , por lo que se puede decir que éste es un alto consumidor, pero es necesario corroborarlo con el estudio de consumo diario y de altos consumidores. El consumo mínimo registrado es  $0.02 \text{ m}^3/24\text{hrs}$ , esto puede deberse a que el micro medidor haya finalizado su vida útil o que el consumo en la vivienda no haya sido significativo.

El flujo mínimo nocturno obtenido para la colonia Villasol es de 12.189 litros/segundo, con una presión de 29.189 mca en el momento que éste se registra, el cual se observó en la figura No. 24. Los datos se obtuvieron del macro medidor electromagnético, ya que el método no se aplicó de forma manual, debido a que se contó con el macro medidor.

El FMN hallado es para toda la colonia, aunque el dato es alto, por lo que se verificó con la prueba por pasos en qué punto existe mayor consumo.

En la tabla No. VII se muestra el consumo obtenido a las 4:45 a.m. del segundo día de la toma de lecturas horarias, realizado durante 24 horas, también se tiene el promedio por vivienda y el consumo global que se dio en ese momento.

El consumo que se registra a las 4:45 a.m. es de  $0.99 \text{ m}^3/\text{hora}$  y un promedio de  $0.020 \text{ m}^3/\text{prop}/\text{hora}$ , el cual es equivalente a  $0.0055 \text{ litros}/\text{prop}/\text{seg}$ . A continuación, se presenta un resumen de los datos analizados.

Tabla No. VII Consumo registrado a las 4:45 a.m.

No.	LECTURAS		CONSUMO M <sup>3</sup> /h	CONSUMO a las 4:45 M <sup>3</sup> /h
	04:00	05:00		
1	529.35	529.37	0.02	0.014
2	618.28	618.29	0.00	0.003
3	1273.92	1273.94	0.02	0.012
4	1514.76	1514.76	0.00	0.000
5	5741.76	5741.76	0.00	0.000
6	4331.96	4331.96	0.00	0.000
7	6169.66	6169.66	0.00	0.000
8	5688.14	5688.24	0.10	0.072
9	17.37	17.37	0.00	0.000
10	6492.16	6492.18	0.02	0.017
11	963.21	963.32	0.11	0.084
12	14015.41	14015.46	0.04	0.033
13	1881.73	1881.75	0.01	0.010
14	954.90	954.94	0.04	0.030
15	834.34	834.34	0.00	0.000
16	858.61	858.84	0.23	0.170
17	5641.59	5641.61	0.02	0.015
18	1000.24	1000.25	0.01	0.006
19	5827.55	5827.59	0.04	0.032
20	2331.15	2331.16	0.01	0.008
21	13518.80	13518.81	0.01	0.008
22	3245.51	3245.58	0.07	0.053
23	6796.38	6796.38	0.00	0.000
24	8770.71	8770.83	0.12	0.091
25	2766.74	2766.74	0.00	0.000
26	4106.13	4106.14	0.01	0.008
27	3492.42	3492.42	0.00	0.000
28	3042.51	3042.51	0.00	0.000
29	838.71	838.71	0.00	0.001
30	8567.90	8567.90	0.00	0.000
31	1565.84	1565.85	0.01	0.009
32	578.01	578.06	0.05	0.036
33	848.51	848.71	0.20	0.151
34	4055.46	4055.49	0.03	0.023
35	6443.05	6443.05	0.00	0.000
36	1501.13	1501.13	0.00	0.000
37	4922.34	4922.35	0.01	0.009
38	932.42	932.45	0.02	0.017
39	635.86	635.87	0.01	0.008
40	421.72	421.72	0.00	0.000
41	6075.96	6076.03	0.07	0.052
42	8603.80	8603.82	0.02	0.015
43	3746.70	3746.70	0.00	0.000
44	7253.02	7253.02	0.00	0.000
45	5667.54	5667.54	0.00	0.000
46	4806.47	4806.47	0.00	0.000
47	11669.32	11669.33	0.01	0.008
48	260.08	260.08	0.00	0.000
49	1491.05	1491.05	0.00	0.000
50	2058.24	2058.24	0.00	0.000
<b>TOTAL</b>			<b>1.32</b>	<b>0.994</b>



## Resumen sobre el análisis de resultados

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Datos de toma de lectura de medidores durante 24 horas	<p>Consumo para 50 propiedades estudiadas durante 24 horas continuas</p> <p>Consumo total = 58.69 m<sup>3</sup></p> <p>Consumo promedio horario = 2.44 m<sup>3</sup>/hora</p> <p>Consumo promedio propiedad = 1.17 m<sup>3</sup>/prop/día</p> <p>Mediana del consumo horario = 0.88 m<sup>3</sup>/prop.</p>
Datos de toma de lectura de medidores durante 5 días	<p>Consumo para las 50 viviendas estudiadas</p> <p>Consumo total = 239.57 m<sup>3</sup></p> <p>Consumo promedio diario = 59.89 m<sup>3</sup>/día</p> <p>Consumo promedio propiedad = <b>1.197 m<sup>3</sup>/prop/d</b></p> <p>Mediana del consumo diario = 1.10 m<sup>3</sup>/prop/día</p>
Consumo genuino	<p>Este consumo se obtuvo del estudio de toma de lecturas horarias, el consumo promedio por propiedad fue de 1.17 m<sup>3</sup>/prop/día, que equivale a:</p> <p>Consumo genuino = 48.75 l/p/h</p>
Proyección de consumo para la colonia Villasol	<p>Proyección de consumo para 502 viviendas con los datos hallados durante la toma de lecturas de 5 días consecutivos se tiene que:</p> <p>Consumo promedio propiedad = 1.197 m<sup>3</sup>/prop/día = 1.20 m<sup>3</sup>/prop/día</p> <p>Consumo para Villasol = <b>602.4 m<sup>3</sup>/día</b></p>

Lectura del macromedidor ABB, Mag flow	<p>El <b>flujo mínimo nocturno</b> se basó en el resultado presentado por la figura No. 24, el cual se reportó a las 4:45 a.m. de la mañana del segundo día, con un caudal de 12.189 litros/seg.</p> <p>Flujo mínimo nocturno total = 12.189 l/s  Flujo mínimo nocturno promedio = <b>0.025 l/prop/s</b></p>
Consumo mínimo nocturno, basado en lecturas horarias	<p>Consumo mínimo nocturno para los 50 medidores a las 4:45 a.m. se obtiene de la tabla No. VII</p> <p>Consumo mínimo nocturno = 0.994 m<sup>3</sup> /hora  Consumo mínimo nocturno = 0.020 m<sup>3</sup>/prop/hora  = <b>0.0055 l/prop/s</b></p> <p>Proyección  Consumo mínimo nocturno Villasol = 0.0055 * 502  = <b>2.76 l/s</b></p>
Determinación de las pérdidas en Villasol	<p>Flujo mínimo nocturno que ingresa = 12.189 l/s  Consumo mínimo nocturno = 2.76 l/s</p> <p>Porcentaje de pérdidas = (12.189 – 2.76)/12.189  = <b>77.35 %</b></p>

El porcentaje de pérdidas hallado mediante el método del flujo mínimo nocturno es de 77.35%, el dato obtenido es alto, por lo que dicho porcentaje no se puede considerar como pérdidas, debido a que existieron varios factores que aumentaron su valor, dentro de ellos se tiene el sub registro que se presenta en aquellos medidores cuya vida útil ha finalizado o que el mismo haya sufrido daños por descuido o que hayan sido causados intencionalmente.

También existe consumo por conexiones ilícitas, consumo en las viviendas (llenado de cisternas), pérdidas en la red de distribución, fugas en la red, errores en la micro medición realizada, la exactitud del macro medidor comparada con los micro medidores es mucho mayor, ya que el primero es nuevo y de alta tecnología mientras que los micro medidores la mayoría ha finalizado su vida útil y tienen cierto porcentaje de inexactitud.

Por otro lado, los datos que se emplearon para determinar las pérdidas son bastante puntuales e instantáneos, de ahí que el margen de error es mayor; de igual manera, el registro del macro medidor es más exacto que un micro medidor de chorro múltiple.

El 88% de las viviendas de la colonia posee cisterna o depósito, las cuales en su mayoría no se encontraban llenas durante el estudio de toma de lecturas horarias, por lo que existe un consumo por llenado de cisternas aunque las personas de la vivienda no hagan uso del agua, esto se debe a la distribución que maneja Empagua, ya que es de forma discontinua.

Es recomendable realizar un estudio más detallado sobre los medidores y revisar su estado, para la aplicación de este método. Otra manera en la que se puede hallar las pérdidas, es mediante el consumo registrado por el macro medidor y lo facturado por la colonia en un mes.

En lo que respecta a altos consumidores, se tomó como alto consumidor, a toda aquella vivienda que tuvieran más de dos metros cúbicos de consumo diario ( $2 \text{ m}^3/\text{día}$ ), en los resultados se obtuvo un consumo máximo, medio y mínimo, tomándose como alto consumidor el promedio de los datos obtenidos, el cual se presenta a continuación;

Consumo mínimo	= 2.09 m <sup>3</sup> /prop/día
Consumo medio	= 3.10 m <sup>3</sup> /prop/día
Consumo máximo	= 4.28 m <sup>3</sup> /prop/día

Por lo tanto, el consumo que se determinó para altos consumidores es de 3.10 m<sup>3</sup>/prop/día.

Se tiene que el consumo por vivienda es de 1.197 m<sup>3</sup>/prop/día, dato que se obtuvo de la toma de lecturas diarias, por lo que el consumo por conexión ilícita es mayor, que el consumo de una vivienda que esté registrada y cuente con medidor, esto se debe a que el usuario no tiene la presión de pago, por lo tanto, va a consumir y desperdiciar más agua y también varía según el tipo de usuario que el ilícito sea, ya que un comercio no consumirá lo mismo que una residencia, para ello se estimó un porcentaje de manera global, pudiendo ser éste del 20%, que se considera aceptable por ser una colonia residencial, ya que el consumo que tiene cada usuario es similar, para tener un dato más preciso es recomendable hacer un estudio sobre ello.

$$\text{Consumo conexión ilícita} = 1.20 * 1.197 \text{ m}^3/\text{prop}/\text{día}$$

En la realización de la prueba por pasos, durante el cierre de válvulas se encontraron algunas que estaban cerradas (válvulas designadas de paso), por lo que se abrieron y se volvieron a cerrar a los cinco minutos. En el desarrollo de dicha actividad se pudo comprobar que las válvulas no cierran herméticamente el 100% pero se aceptó como mínimo hasta el 95%, esto se verificó con equipo de sondeo acústico (Gmic y Rmic).

En el estudio de la prueba por pasos, se detectó que en el cierre de las válvulas, el caudal bajó considerablemente de acuerdo con lo registrado por el macro medidor, como pudo observarse en la figura No. 31. Las válvulas de paso operadas, en que el caudal bajó significativamente son las siguientes; válvula de paso número 5, 11, 12, 13, 14, 19, 20 y 21, en cada uno de estos sectores debe realizarse una investigación más profunda, para ello, se muestra con detalle el área que se va a investigar en la figura No. 33.

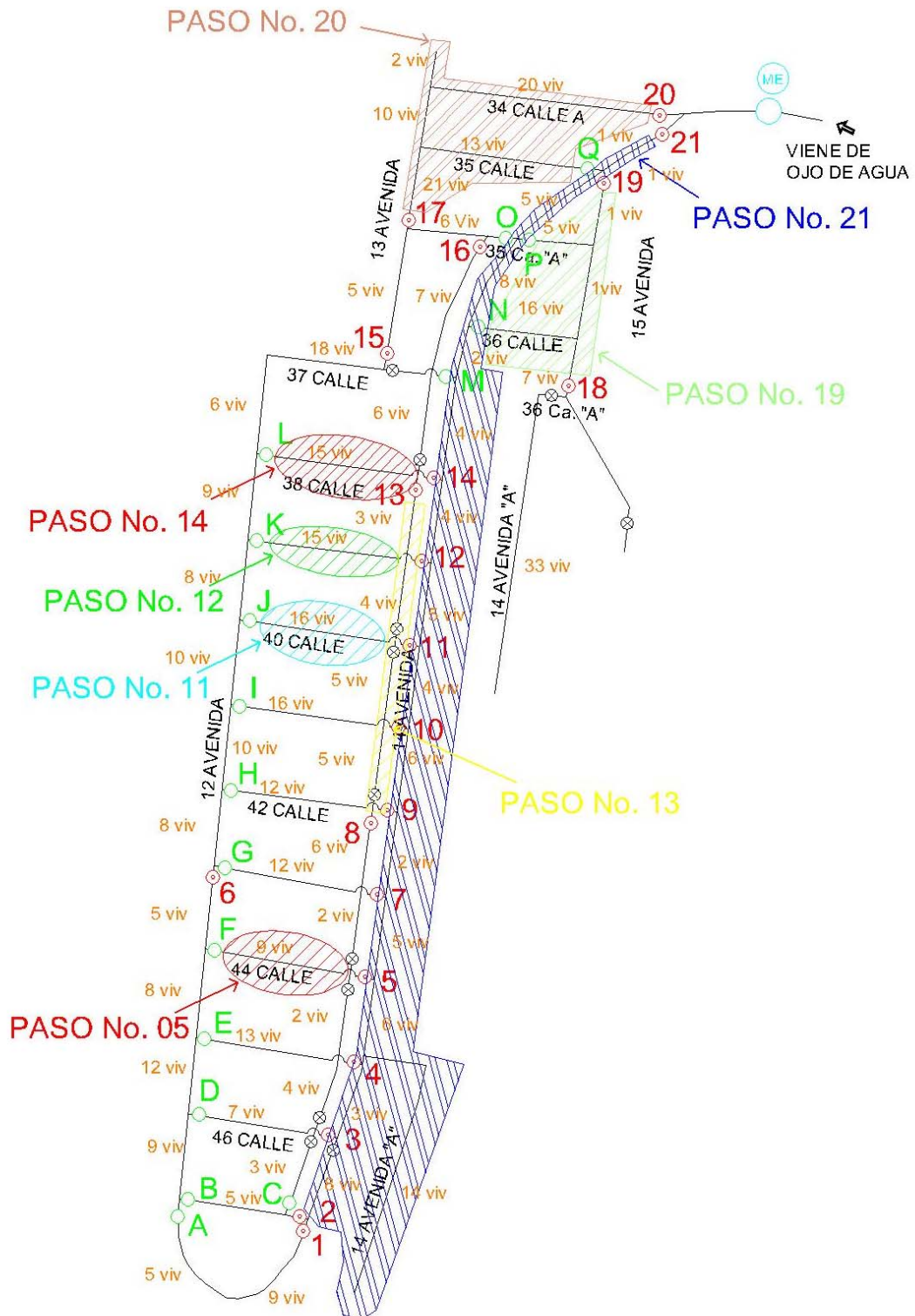
De los estudios realizados se obtuvo que el consumo genuino es de 48.75 litros/propiedad/hora (l/p/h), siendo este el consumo que una vivienda pueda tener en un tiempo determinado, dicho valor se resta al caudal que se ha obtenido en cada paso y se obtiene el flujo neto nocturno (FNN), que se muestra en la tabla No. VIII.

Tabla No. VIII Flujo neto nocturno

	Hora		Caudal l/s				es	l/p/h	Genuino l/p/h	l/p/h
5	22:21	22:23	11.90	11.10	0.80	2,880.00	9	320.00	48.75	271.25
11	23:04	23:06	11.52	10.57	0.95	3,420.00	16	213.75	48.75	165.00
12	23:11	23:14	10.73	9.88	0.85	3,060.00	15	204.00	48.75	155.25
13	23:17	23:20	9.95	9.37	0.58	2,088.00	17	122.82	48.75	74.07
14	23:21	23:26	9.37	7.45	1.92	6,901.20	15	460.08	48.75	411.33
19	23:56	23:59	7.65	6.08	1.57	5,652.00	23	245.74	48.75	196.99
20	00:05	00:08	6.15	2.87	3.28	11,818.80	67	176.40	48.75	127.65
21	00:12	00:15	2.92	0.00	2.92	10,501.20	72	145.85	48.75	97.10

El flujo neto nocturno obtenido es alto, por lo que puede decirse que en esas áreas existen fugas en la red externa e interna de la vivienda, conexiones ilícitas, o que los usuarios hacen uso del agua por la noche como el llenado de cisternas, también puede considerarse que el consumo genuino se obtuvo en el estudio de medidores horarios y no el mismo día que se realizó la prueba por pasos, por lo que es recomendable estudiar más a fondo las áreas que se enmarcan en la figura No. 33.

Figura No. 33 Plano de ubicación de áreas a revisar



## CONCLUSIONES

1. El porcentaje de pérdidas hallado mediante la aplicación del método del flujo mínimo nocturno fue de 77.35%, este dato no puede considerarse como las pérdidas en la colonia Villasol, debido a que en el área de estudio se detectó el llenado de cisternas y el subregistro de medidores, que afectaron la correcta aplicación del método. Cabe mencionar que al comparar este valor con otros estudios realizados en la ERIS por otros métodos, el porcentaje de pérdidas oscila alrededor de 67% (Elías C, Salguero S, 2004).
2. Con la aplicación del método del flujo mínimo nocturno y la prueba por pasos que se realizó en la colonia Villasol, se detectaron los sectores que mayor consumo tienen, ya que experimentaron una mayor caída de caudal durante el cierre de las válvulas de paso, siendo los sectores de las siguientes válvulas de paso; 5, 11, 12, 13, 14, 19, 20 y 21. En estos sectores puede existir altos consumidores, conexiones ilícitas y fugas en la red de distribución.
3. El flujo mínimo nocturno registrado por el macro medidor fue de 12.189 litros/segundo, este se registró a las 4:45 a.m. del segundo día de la toma de lecturas horarias a los micro medidores.
4. El consumo que se determinó para altos consumidores fue de 3.10 m<sup>3</sup>/propiedad/día, como el consumo promedio, este se obtuvo mediante la toma de lecturas de altos consumidores en la colonia Villasol.





## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda con base a la experiencia adquirida en este estudio, que en futuras aplicaciones del método del flujo mínimo nocturno, para la determinación de las pérdidas, se realice un estudio para establecer la existencia de cisternas y el buen funcionamiento de los micro medidores; la toma de lectura de los micro medidores debe cubrir el total o mas del 50% de los mismos, con el objetivo de tener un dato mas preciso sobre el consumo horario y diario.
2. Se recomienda que cuando se realice la prueba por pasos, el estudio de medidores horarios y la determinación del flujo mínimo nocturno, se preste un servicio continuo durante cuarenta y ocho horas (48), para que los resultados no se vean afectados por el llenado de cisternas y el consumo de la viviendas sea normal.
3. En los sectores donde el caudal bajó considerablemente durante la prueba por pasos, se recomienda hacer estudios más profundos, con el objeto detectar las fugas, conexiones ilícitas, altos consumidores, esto se puede realizar con equipos de detección de fugas, los cuales pueden ser de sondeo acústico o por correlacionadores, siendo este ultimo más exacto en cuanto a la detección de la fuga, ya que es necesario realizar más estudios para poder determinar el porcentaje real de las pérdidas.
4. Implementar un programa para estudiar con mayor detalle la red de distribución, que permita el control y la reducción de fugas en la colonia Villasol, principalmente en los sectores donde se registro mayor caída de caudal durante la prueba por pasos.

5. Cuando se realice una prueba por pasos en una red de distribución y los sectores seleccionados tengan áreas grandes, se recomienda colocar más válvulas de paso con el fin de reducir las áreas, ya que esto permitirá puntualizar el lugar donde se encuentran las pérdidas en la red.
  
6. Cuando se haga el diseño de una prueba por pasos, debe considerarse que las válvulas de circulación y las de paso, sigan un orden de cierre, para que el personal operativo no realice recorridos innecesarios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Estay Caballero Ricardo, Manríquez Forno Ana. El agua no contabilizada en sistemas de producción de agua potable. E.M.O.S.S.A. Santiago – Chile. s.f.
2. Hueb, José Augusto. Pitometría. Dtiapa (Manual desarrollo tecnológico de las instituciones de agua potable y alcantarillado, No. C- 8). CEPIS. Lima Perú, p. 1984.
3. Hueb, José Augusto. Control de fugas en los sistemas de distribución de agua potable. Dtiapa (Manual desarrollo tecnológico de las instituciones de agua potable y alcantarillado, No. C- 8). CEPIS. Lima, Perú, 1985.
4. U.K. Water Industry WRC, Managing leakage, Using Nighth Flow Data (Report F). s.i. s.e., 1994.
5. U.K. Water Industry WRC, Managing leakage, Leakage Management Techiques, Technology and Training (Report J). s.i. s.e. 1994.
6. Urroz Jiménez, C. Eloy. (2003) En búsqueda de la eficiencia (Física) de los organismos de agua potable. Academia Mexicana de Ingeniería.
7. Zambrano Proaño, Alberto. El uso eficiente del agua, una herramienta de protección de cuencas - empresa metropolitana de agua potable y alcantarillado de Quito. Ecuador, ACODAL.

8. Internet. Página electrónica de Empagua, consultada el 15 mayo de 2003.  
<http://www.empagua.com/>.
9. Internet. Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional para las Américas. Revista Fugas y medidores. [www.who.dk/tech/eh/ehs02e.htm](http://www.who.dk/tech/eh/ehs02e.htm), [www.paho.org](http://www.paho.org)

# APÉNDICE

## Apéndice 1

La siguiente tabla, muestra los resultados obtenidos de la toma de lecturas horarias, tomado durante veinticuatro (24) horas continuas.

No.	Tipo usuario	LECTURAS HORARIAS M <sup>3</sup>												
		10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
1	1	528.98	528.98	528.98	528.98	528.98	528.98	528.98	529.16	529.18	529.27	529.28	529.30	529.33
2	1	617.90	617.90	617.90	617.90	617.90	617.90	617.90	617.93	618.13	618.19	618.19	618.19	618.20
3	1	1273.48	1273.48	1273.48	1273.48	1273.48	1273.48	1273.48	1273.68	1273.73	1273.74	1273.74	1273.78	1273.80
4	1	1514.57	1514.57	1514.57	1514.57	1514.57	1514.57	1514.57	1514.60	1514.63	1514.67	1514.67	1514.67	1514.67
5	1	5741.42	5741.42	5741.42	5741.42	5741.42	5741.43	5741.52	5741.55	5741.58	5741.61	5741.64	5741.75	5741.76
6	1	4331.72	4331.72	4331.72	4331.72	4331.72	4331.72	4331.72	4331.72	4331.75	4331.83	4331.86	4331.90	4331.93
7	1	6168.07	6168.07	6168.07	6168.07	6168.07	6168.09	6168.35	6168.74	6169.04	6169.21	6169.38	6169.53	6169.53
8	2	5687.68	5687.68	5687.68	5687.69	5687.71	5687.75	5687.79	5687.87	5687.87	5687.87	5687.91	5688.02	5688.11
9	1	16.84	16.82	16.82	16.82	16.82	16.85	17.05	17.14	17.19	17.21	17.23	17.25	17.29
10	1	6491.80	6491.83	6491.83	6491.83	6491.83	6491.83	6491.87	6491.89	6491.91	6491.92	6492.02	6492.05	6492.06
11	1	962.77	962.77	962.77	962.77	962.77	962.87	962.96	963.04	963.06	963.09	963.15	963.17	963.20
12	1	14014.29	14014.29	14014.29	14014.29	14014.29	14014.32	14014.65	14014.84	14014.86	14014.91	14015.00	14015.08	14015.26
13	1	1878.23	1878.55	1878.55	1878.55	1878.55	1878.55	1878.55	1878.55	1878.56	1878.61	1879.16	1881.20	1881.48
14	1	954.83	954.83	954.83	954.83	954.83	954.84	954.85	954.86	954.86	954.87	954.87	954.87	954.87
15	2	833.74	833.74	833.74	833.74	833.74	833.74	833.78	833.85	833.91	833.91	833.91	833.94	834.03
16	1	856.95	856.95	856.95	856.95	856.95	856.95	856.95	856.95	857.08	857.16	857.45	857.75	858.28
17	1	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07	5641.07
18	1	999.51	999.51	999.51	999.51	999.51	999.51	999.52	999.65	999.98	999.99	1000.01	1000.03	1000.08
19	1	5824.93	5824.93	5824.93	5824.93	5824.93	5824.93	5824.93	5825.34	5826.00	5826.81	5827.18	5827.27	5827.36
20	1	2330.43	2330.43	2330.43	2330.43	2330.43	2330.43	2330.64	2330.78	2330.81	2330.84	2330.86	2330.89	2330.92
21	1	13517.55	13517.55	13517.55	13517.55	13517.55	13517.55	13517.84	13518.30	13518.30	13518.35	13518.36	13518.42	13518.50
22	1	3245.48	3245.48	3245.48	3245.48	3245.48	3245.48	3245.48	3245.48	3245.49	3245.49	3245.49	3245.51	3245.51
23	1	6795.88	6795.88	6795.88	6795.88	6795.88	6795.99	6796.24	6796.25	6796.26	6796.26	6796.26	6796.28	6796.33
24	1	8770.68	8770.68	8770.68	8770.68	8770.68	8770.68	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71
25	1	2766.25	2766.25	2766.25	2766.25	2766.25	2766.25	2766.62	2766.64	2766.70	2766.70	2766.70	2766.74	2766.74
26	1	4106.01	4106.01	4106.01	4106.01	4106.01	4106.01	4106.08	4106.09	4106.09	4106.09	4106.09	4106.09	4106.09
27	1	3492.07	3492.07	3492.07	3492.07	3492.07	3492.07	3492.17	3492.28	3492.32	3492.34	3492.35	3492.36	3492.36
28	1	3041.68	3041.68	3041.68	3041.68	3041.68	3041.68	3041.78	3042.29	3042.29	3042.48	3042.48	3042.49	3042.49
29	1	838.33	838.33	838.33	838.33	838.33	838.33	838.33	838.37	838.55	838.56	838.60	838.65	838.67
30	1	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82	8567.82
31	1	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84
32	1	576.46	576.46	576.46	576.46	576.46	576.46	576.46	576.46	576.57	577.20	577.61	577.66	577.85
33	1	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13	848.13
34	1	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.58	4054.66	4054.99
35	1	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.20	6442.36	6442.55
36	1	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76	1500.76
37	1	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23	4921.23
38	1	931.57	931.59	931.59	931.59	931.59	931.59	931.59	931.59	931.59	931.63	931.63	931.69	931.69
39	1	635.06	635.06	635.06	635.06	635.06	635.06	635.06	635.09	635.29	635.59	635.69	635.72	635.85
40	1	421.32	421.34	421.34	421.34	421.34	421.34	421.34	421.34	421.40	421.40	421.42	421.65	421.71
41	1	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47	6075.47
42	1	8601.97	8601.98	8601.98	8601.98	8601.98	8601.98	8601.98	8601.99	8601.99	8601.99	8601.99	8601.99	8601.99
43	1	3745.59	3745.89	3745.89	3745.99	3745.99	3745.99	3745.99	3745.99	3745.99	3745.99	3746.09	3746.09	3746.09
44	1	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.55	7252.65
45	1	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.31	5665.42	5665.70
46	1	4806.46	4806.46	4806.46	4806.46	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47
47	1	11668.88	11668.88	11668.88	11668.88	11668.99	11668.99	11668.99	11668.99	11668.99	11669.23	11669.30	11669.30	11669.32
48	1	256.04	256.14	258.16	258.16	258.16	258.16	258.16	258.16	258.16	258.26	258.56	258.86	260.08
49	1	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.19	1490.35	1490.42	1490.79	1490.79
50	1	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2057.82	2058.19	2058.24	2058.24	2058.24

Continuación de lecturas horarias tomadas en la colonia Villasol.

No.	Tipo usuario	LECTURAS HORARIAS M <sup>3</sup>											
		23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00
1	1	529.33	529.33	529.33	529.35	529.35	529.35	529.37	529.45	529.78	529.87	529.88	529.88
2	1	618.22	618.23	618.24	618.25	618.28	618.28	618.29	618.29	618.47	618.64	618.68	618.76
3	1	1273.81	1273.83	1273.86	1273.87	1273.91	1273.92	1273.94	1273.94	1273.94	1273.94	1273.94	1273.94
4	1	1514.72	1514.72	1514.74	1514.74	1514.74	1514.76	1514.76	1514.76	1514.81	1515.18	1515.32	1515.48
5	1	5741.76	5741.76	5741.76	5741.76	5741.76	5741.76	5741.76	5741.86	5741.92	5741.92	5741.97	5742.06
6	1	4331.96	4331.96	4331.96	4331.96	4331.96	4331.96	4331.96	4332.01	4332.10	4332.13	4332.15	4332.19
7	1	6169.58	6169.58	6169.58	6169.58	6169.66	6169.66	6169.66	6169.69	6169.70	6169.75	6169.78	6169.78
8	2	5688.12	5688.12	5688.12	5688.12	5688.14	5688.14	5688.24	5688.46	5688.67	5688.74	5688.84	5688.88
9	1	17.40	17.40	17.46	17.46	17.37	17.37	17.37	17.39	17.46	17.66	17.78	17.99
10	1	6492.06	6492.10	6492.10	6492.10	6492.14	6492.16	6492.18	6492.26	6492.44	6492.45	6492.52	6492.54
11	1	963.21	963.21	963.21	963.21	963.21	963.21	963.32	963.43	963.45	963.46	963.48	963.62
12	1	14015.26	14015.28	14015.28	14015.32	14015.39	14015.41	14015.46	14015.50	14015.68	14016.07	14016.07	14016.41
13	1	1881.55	1881.72	1881.72	1881.73	1881.73	1881.73	1881.75	1882.19	1882.67	1883.06	1883.28	1883.70
14	1	954.88	954.89	954.89	954.89	954.89	954.90	954.94	954.99	955.03	955.08	955.56	955.63
15	2 <sup>1</sup>	834.04	834.04	834.23	834.25	834.33	834.34	834.34	834.37	834.45	834.52	834.91	835.27
16	1	858.57	858.58	858.62	858.62	858.61	858.61	858.84	859.19	859.24	859.27	859.43	859.43
17	1	5641.34	5641.36	5641.59	5641.59	5641.59	5641.59	5641.61	5641.67	5642.04	5642.21	5642.31	5642.31
18	1	1000.11	1000.13	1000.18	1000.19	1000.21	1000.24	1000.25	1000.30	1000.33	1000.33	1000.33	1000.40
19	1	5827.43	5827.44	5827.50	5827.53	5827.55	5827.55	5827.59	5827.59	5827.73	5828.20	5828.39	5828.61
20	1	2330.96	2331.00	2331.05	2331.08	2331.10	2331.15	2331.16	2331.23	2331.26	2331.31	2331.32	2331.32
21	1	13518.56	13518.60	13518.65	13518.67	13518.80	13518.80	13518.81	13518.83	13519.01	13519.12	13519.70	13519.70
22	1	3245.51	3245.51	3245.51	3245.51	3245.51	3245.51	3245.58	3245.58	3245.59	3245.67	3245.68	3245.68
23	1	6796.36	6796.38	6796.38	6796.38	6796.38	6796.38	6796.38	6796.39	6796.53	6796.61	6796.65	6796.65
24	1	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.71	8770.83	8770.85	8770.91	8770.96	8770.96	8770.96
25	1	2766.74	2766.74	2766.74	2766.74	2766.74	2766.74	2766.74	2766.75	2766.75	2766.76	2766.76	2766.78
26	1	4106.09	4106.09	4106.09	4106.12	4106.13	4106.13	4106.14	4106.23	4106.28	4106.32	4106.32	4106.40
27	1	3492.39	3492.40	3492.41	3492.41	3492.42	3492.42	3492.42	3492.42	3492.49	3492.60	3492.76	3492.90
28	1	3042.50	3042.51	3042.51	3042.51	3042.51	3042.51	3042.51	3043.47	3043.47	3043.60	3043.62	3043.71
29	1	838.69	838.70	838.70	838.70	838.70	838.71	838.71	838.80	838.87	838.95	838.95	838.95
30	1	8567.89	8567.89	8567.90	8567.90	8567.90	8567.90	8567.90	8567.91	8567.91	8567.91	8567.96	8567.96
31	1	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.84	1565.85	1565.85	1565.90	1565.94	1565.97	1565.97
32	1	577.89	577.91	577.95	577.98	578.00	578.01	578.06	578.06	578.22	578.23	578.29	578.32
33	1	848.13	848.13	848.13	848.28	848.32	848.51	848.71	848.87	848.87	848.87	848.87	848.87
34	1	4055.27	4055.36	4055.43	4055.44	4055.46	4055.46	4055.49	4055.51	4055.53	4055.70	4055.70	4055.70
35	1	6442.97	6443.00	6443.00	6443.00	6443.05	6443.05	6443.05	6443.05	6443.07	6443.10	6443.30	6443.38
36	1	1501.05	1501.09	1501.13	1501.13	1501.13	1501.13	1501.13	1501.13	1501.13	1501.14	1501.15	1501.15
37	1	4921.24	4921.64	4921.96	4922.31	4922.32	4922.34	4922.35	4922.35	4922.35	4922.35	4922.35	4922.35
38	1	931.78	931.96	932.36	932.36	932.40	932.42	932.45	932.45	932.45	932.45	932.45	932.45
39	1	635.86	635.86	635.86	635.86	635.86	635.86	635.87	635.87	635.90	635.93	636.30	636.37
40	1	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72	421.72
41	1	6075.47	6075.58	6075.87	6075.88	6075.91	6075.96	6076.03	6076.03	6076.03	6076.03	6076.03	6076.03
42	1	8602.00	8602.17	8602.26	8603.75	8603.79	8603.80	8603.82	8603.89	8603.89	8603.89	8603.89	8603.89
43	1	3746.19	3746.49	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.70	3746.71
44	1	7252.95	7252.98	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02	7253.02
45	1	5666.14	5667.08	5667.54	5667.54	5667.54	5667.54	5667.54	5667.54	5667.56	5667.56	5667.56	5667.56
46	1	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.47	4806.48	4806.48	4806.48
47	1	11669.32	11669.32	11669.32	11669.32	11669.32	11669.32	11669.33	11669.40	11669.43	11669.50	11669.52	11669.52
48	1	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08	260.08
49	1	1491.05	1491.05	1491.05	1491.05	1491.05	1491.05	1491.05	1491.27	1491.33	1491.39	1491.39	1491.39
50	1	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24	2058.24

<sup>1</sup> La clasificación del tipo de usuario se hace de la siguiente manera:  
Residencial = 1      Residencial múltiple = 2      Comercial = 3

## Apéndice 2

La presente tabla, muestra los consumos de la toma lecturas horarias de los medidores estudiados, en la colonia Villasol.

No.	Tipo usuario	CONSUMO HORARIO M <sup>3</sup>												
		10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.03	0.09	0.01	0.02	0.02
2	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.20	0.06	0.00	0.00	0.01
3	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20	0.05	0.01	0.00	0.00	0.04	0.02
4	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00
5	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.03	0.02	0.04	0.03	0.11	0.01
6	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.03	0.04	0.02
7	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.26	0.39	0.30	0.17	0.16	0.15	0.00
8	2	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.04	0.08	0.00	0.00	0.04	0.11	0.10
9	1	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.20	0.09	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04
10	1	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.02	0.09	0.03	0.01
11	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	0.08	0.02	0.04	0.06	0.02	0.03
12	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.33	0.19	0.02	0.04	0.09	0.08	0.18
13	1	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.55	2.04	0.28
14	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.09
16	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.08	0.28	0.30	0.53
17	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.13	0.33	0.01	0.02	0.01	0.05
19	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.66	0.81	0.37	0.10	0.09
20	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.14	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
21	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.46	0.00	0.04	0.01	0.06	0.08
22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
23	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.25	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.05
24	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.32	0.02	0.05	0.00	0.01	0.03	0.00
26	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00
28	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.50	0.00	0.19	0.00	0.01	0.00
29	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.18	0.01	0.04	0.05	0.03
30	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.64	0.40	0.05	0.19
33	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.33
35	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.19
36	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	1	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.06	0.00
39	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.20	0.30	0.10	0.03	0.12
40	1	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.23	0.05
41	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	1	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	1	0.00	0.30	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
44	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
45	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.27
46	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.07	0.00	0.02
48	1	0.00	0.10	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.30	0.30	1.21
49	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.07	0.37	0.00
50	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.34	0.05	0.00	0.00



Continuación de consumos de lecturas horarias, en la colonia Villasol.

	usuario	CONSUMO HORARIO M <sup>3</sup>												CONSUMO 24 HORAS M <sup>3</sup>	CONSUMO PROM. HORARIO
		23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00		
1	1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.09	0.33	0.09	0.01	0.00	0.89	0.04
2	1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.18	0.17	0.04	0.08	0.86	0.04
3	1	0.01	0.03	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.02
4	1	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.06	0.36	0.14	0.16	0.91	0.04
5	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.06	0.00	0.04	0.10	0.65	0.03
6	1	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	0.03	0.03	0.04	0.47	0.02
7	1	0.05	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.03	0.01	1.71	0.07
8	2	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.10	0.22	0.20	0.07	0.10	0.05	1.20	0.05
9	1	0.10	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	0.07	0.20	0.12	0.21	1.15	0.05
10	1	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02	0.08	0.19	0.01	0.06	0.03	0.74	0.03
11	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.02	0.02	0.02	0.14	0.85	0.04
12	1	0.00	0.02	0.00	0.04	0.07	0.03	0.04	0.04	0.18	0.38	0.01	0.33	2.11	0.09
13	1	0.07	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.45	0.48	0.39	0.22	0.41	5.47	0.23
14	1	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.05	0.04	0.48	0.07	0.80	0.03
15	2	0.01	0.00	0.19	0.02	0.08	0.02	0.00	0.03	0.08	0.07	0.39	0.36	1.53	0.06
16	1	0.29	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.23	0.35	0.05	0.03	0.16	0.00	2.48	0.10
17	1	0.27	0.01	0.23	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	0.37	0.17	0.10	0.00	1.24	0.05
18	1	0.03	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02	0.01	0.06	0.03	0.00	0.00	0.07	0.89	0.04
19	1	0.07	0.01	0.05	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.14	0.47	0.20	0.21	3.68	0.15
20	1	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.05	0.01	0.07	0.03	0.05	0.01	0.00	0.89	0.04
21	1	0.06	0.04	0.05	0.02	0.13	0.00	0.01	0.02	0.18	0.11	0.58	0.00	2.15	0.09
22	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	0.08	0.01	0.00	0.20	0.01
23	1	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	0.08	0.04	0.00	0.78	0.03
24	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.02	0.06	0.05	0.00	0.00	0.28	0.01
25	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.53	0.02
26	1	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.08	0.05	0.04	0.00	0.08	0.38	0.02
27	1	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07	0.11	0.16	0.15	0.83	0.03
28	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.12	0.03	0.09	2.03	0.08
29	1	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.07	0.08	0.00	0.00	0.63	0.03
30	1	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.14	0.01
31	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.03	0.00	0.13	0.01
32	1	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.01	0.05	0.00	0.16	0.02	0.06	0.02	1.86	0.08
33	1	0.00	0.00	0.00	0.15	0.04	0.19	0.20	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.03
34	1	0.28	0.09	0.07	0.01	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.16	0.01	0.00	1.12	0.05
35	1	0.42	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.19	0.08	1.18	0.05
36	1	0.29	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.39	0.02
37	1	0.01	0.40	0.32	0.34	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	0.05
38	1	0.08	0.18	0.40	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.04
39	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.37	0.08	1.31	0.05
40	1	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.02
41	1	0.00	0.11	0.28	0.01	0.03	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.02
42	1	0.01	0.17	0.09	1.48	0.04	0.01	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	0.08
43	1	0.10	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.12	0.05
44	1	0.30	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.02
45	1	0.44	0.94	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	2.25	0.09
46	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
47	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.03	0.07	0.02	0.00	0.63	0.03
48	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.04	0.17
49	1	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.06	0.06	0.00	0.00	1.19	0.05
50	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.02

## Apéndice 3

Los resultados que se presentan a continuación, son las lecturas y consumos diarios de los medidores estudiados en la colonia Villasol.

No.	TIPO USUARIO	LECTURAS DIARIAS					CONSUMO DIARIO M <sup>3</sup>					CONSUMO ACUMULADO M <sup>3</sup>	CONSUMO PROM DIARIO M <sup>3</sup>
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5		
1	1	528.98	529.88	531.04	531.49	532.14	0.00	0.89	1.16	0.46	0.65	3.16	0.79
2	1	617.90	618.76	619.38	620.20	621.04	0.00	0.86	0.62	0.82	0.84	3.14	0.78
3	1	1273.48	1273.94	1274.36	1274.87	1275.87	0.00	0.46	0.42	0.51	1.01	2.40	0.60
4	1	1514.57	1515.48	1516.68	1517.60	1519.06	0.00	0.91	1.20	0.93	1.45	4.49	1.12
5	1	5741.42	5742.06	5743.61	5745.36	5747.42	0.00	0.65	1.54	1.75	2.06	6.00	1.50
6	1	4331.72	4332.19	4332.94	4333.82	4335.32	0.00	0.47	0.75	0.88	1.50	3.61	0.90
7	1	6168.07	6169.78	6171.26	6174.34	6175.70	0.00	1.71	1.48	3.08	1.36	7.63	1.91
8	2	5687.68	5688.88	5690.63	5692.32	5694.39	0.00	1.20	1.75	1.68	2.07	6.70	1.68
9	1	16.84	17.99	18.82	21.07	22.15	0.00	1.15	0.83	2.25	1.08	5.32	1.33
10	1	6491.80	6492.54	6494.53	6496.16	6497.74	0.00	0.74	1.99	1.62	1.58	5.94	1.48
11	1	962.77	963.62	963.84	965.86	969.38	0.00	0.85	0.22	2.01	3.52	6.60	1.65
12	1	14014.29	14016.41	14017.46	14020.59	14023.36	0.00	2.11	1.05	3.14	2.77	9.07	2.27
13	1	1878.23	1883.70	1886.62	1889.10	1891.95	0.00	5.47	2.92	2.48	2.85	13.72	3.43
14	1	954.83	955.63	956.92	957.09	957.87	0.00	0.80	1.29	0.17	0.78	3.04	0.76
15	2	833.74	835.27	835.99	838.03	839.28	0.00	1.53	0.72	2.04	1.25	5.55	1.39
16	1	856.95	859.43	860.41	861.38	862.26	0.00	2.48	0.98	0.97	0.87	5.30	1.33
17	1	5641.07	5642.31	5643.68	5644.44	5648.58	0.00	1.24	1.36	0.76	4.15	7.51	1.88
18	1	999.51	1000.40	1001.82	1003.67	1004.54	0.00	0.89	1.42	1.85	0.88	5.03	1.26
19	1	5824.93	5828.61	5831.65	5835.58	5838.42	0.00	3.68	3.04	3.93	2.84	13.49	3.37
20	1	2330.43	2331.32	2332.19	2333.91	2334.93	0.00	0.89	0.87	1.72	1.02	4.49	1.12
21	1	13517.55	13519.70	13521.02	13524.36	13527.08	0.00	2.15	1.32	3.34	2.72	9.54	2.38
22	1	3245.48	3245.68	3245.79	3246.34	3246.93	0.00	0.20	0.11	0.55	0.59	1.45	0.36
23	1	6795.88	6796.65	6797.49	6798.91	6800.74	0.00	0.78	0.83	1.42	1.82	4.86	1.22
24	1	8770.68	8770.96	8771.00	8772.24	8773.59	0.00	0.28	0.04	1.24	1.34	2.91	0.73
25	1	2766.25	2766.78	2767.97	2768.68	2769.27	0.00	0.53	1.19	0.72	0.59	3.02	0.76
26	1	4106.01	4106.40	4106.57	4107.28	4107.88	0.00	0.38	0.17	0.71	0.60	1.86	0.47
27	1	3492.07	3492.90	3493.46	3494.90	3495.44	0.00	0.83	0.56	1.44	0.55	3.38	0.84
28	1	3041.68	3043.71	3044.42	3046.23	3047.52	0.00	2.03	0.71	1.81	1.29	5.84	1.46
29	1	838.33	838.95	839.41	840.36	841.27	0.00	0.63	0.46	0.95	0.91	2.95	0.74
30	1	8567.82	8567.96	8568.31	8569.51	8570.69	0.00	0.14	0.35	1.19	1.18	2.87	0.72
31	1	1565.84	1565.97	1566.10	1566.42	1566.72	0.00	0.13	0.13	0.33	0.30	0.88	0.22
32	1	576.46	578.32	579.69	580.95	581.63	0.00	1.86	1.38	1.26	0.68	5.18	1.29
33	1	848.13	848.87	849.50	850.28	850.92	0.00	0.75	0.63	0.78	0.64	2.79	0.70
34	1	4054.58	4055.70	4057.36	4059.31	4060.46	0.00	1.12	1.66	1.95	1.15	5.87	1.47
35	1	6442.20	6443.38	6443.99	6445.53	6447.12	0.00	1.18	0.61	1.54	1.59	4.91	1.23
36	1	1500.76	1501.15	1501.63	1502.77	1503.28	0.00	0.39	0.47	1.14	0.51	2.52	0.63
37	1	4921.23	4922.35	4923.73	4924.22	4924.70	0.00	1.12	1.38	0.49	0.49	3.48	0.87
38	1	931.57	932.45	933.82	935.72	937.33	0.00	0.87	1.37	1.90	1.62	5.76	1.44
39	1	635.06	636.37	636.73	637.92	638.67	0.00	1.31	0.36	1.18	0.75	3.61	0.90
40	1	421.32	421.72	422.45	423.20	425.29	0.00	0.39	0.74	0.75	2.09	3.97	0.99
41	1	6075.47	6076.03	6076.43	6077.32	6078.12	0.00	0.55	0.41	0.88	0.80	2.65	0.66
42	1	8601.97	8603.89	8605.22	8607.53	8609.84	0.00	1.92	1.34	2.30	2.32	7.88	1.97
43	1	3745.59	3746.71	3747.50	3748.64	3749.88	0.00	1.12	0.80	1.14	1.24	4.30	1.07
44	1	7252.55	7253.02	7253.42	7254.81	7256.30	0.00	0.48	0.39	1.39	1.49	3.75	0.94
45	1	5665.31	5667.26	5667.36	5667.92	5668.48	0.00	1.95	0.10	0.56	0.56	3.17	0.79
46	1	4806.46	4806.48	4808.13	4809.07	4809.57	0.00	0.02	1.65	0.94	0.51	3.11	0.78
47	1	11668.88	11669.52	11669.72	11671.35	11672.61	0.00	0.63	0.20	1.63	1.26	3.72	0.93
48	1	256.04	260.08	260.17	260.24	260.83	0.00	4.04	0.09	0.08	0.59	4.80	1.20
49	1	1490.19	1491.39	1492.77	1493.69	1494.96	0.00	1.19	1.38	0.92	1.28	4.77	1.19
50	1	2057.82	2058.24	2058.62	2059.11	2059.38	0.00	0.42	0.38	0.49	0.27	1.56	0.39

<sup>1</sup> La clasificación del tipo de usuario se hace de la siguiente manera:  
Residencial = 1      Residencial múltiple = 2      Comercial = 3

# **ANEXOS**

## **Anexo 1**

### **Propuesta para controlar y reducir las pérdidas**

## **PROPUESTA PARA CONTROLAR Y REDUCIR LAS PÉRDIDAS PROVOCADAS POR FUGAS EN REDES CERRADAS**

Para reducir y controlar las pérdidas en un sistema de distribución, las cuales son provocadas por fugas, es necesario realizar un estudio del área seleccionada para conocer cómo funciona la red de distribución en ese sector.

- Uno de los primeros pasos para detectar las fugas en una red de distribución es la sectorización de ella, ya que de esta manera se podrá conocer el caudal que ingresa al sistema. Debe realizarse una planificación del área que se va a estudiar, así como investigar sobre datos históricos de consumo, cantidad de viviendas, contar con planos de la red de distribución, esto permitirá delimitar la zona y aislarla.
- Es necesario hacer una inspección del área seleccionada, ésta ha de incluir lo siguiente: inspección de la red de distribución, que contendrá la verificación de válvulas, tuberías, medidores y realización de los cambios que en ella se encuentren. Como parte de la inspección debe realizarse un conteo de viviendas, haciendo una clasificación del tipo de usuario que se tiene.
- Al ingreso del área es necesario seleccionar un lugar en donde pueda colocarse e instalarse un macro medidor con su respectivo gabinete, su función es medir el caudal y presión del agua que ingresa al lugar, en el gabinete se guardará el *logger* y el transductor de presión, ambos deben estar conectados al macromedidor. El macro medidor instalado debe calibrarse con el fin de obtener datos confiables y seguros.
- Debe instalarse hidrantes uno en la parte alta del área seleccionada, el cual servirá como de válvula de aire y otro en la parte más baja, teniendo como función el desfogue de caudal.

- Con la información obtenida en campo y gabinete debe diseñarse una prueba por pasos, ésta tendrá válvulas de paso, de circulación y de límite, las de límite se emplean para aislar totalmente el área, mientras que las de circulación se emplean para poder aislar sectores dentro del área de estudio y las de paso dejan sin abastecimiento el sector en donde ésta fue colocada. Las válvulas que no existan en la red deben instalarse y las que se encuentren en malas condiciones deben ser reparadas o cambiadas. De igual manera, deberá seleccionarse los medidores a estudiar el consumo horario y diario de toda el área; también debe estudiarse altos consumidores, si los hay, éstos pueden seleccionarse por consumo histórico, tamaño de la vivienda y tipo de usuario.
- Previo a la realización de las actividades de campo, debe darse capacitación al personal que participará en el desarrollo de las distintas actividades.
- El estudio de medidores horarios se realiza durante 24 horas continuas y el diario durante 5 días, así como los altos consumidores debe hacerse un estudio diario durante 5 días, lo anterior se realiza con el objeto de conocer el consumo por vivienda.
- Durante la toma de lecturas horarias debe obtenerse el flujo mínimo nocturno, el cual es registrado por el macromedidor y almacenado por el logger, según la variación de caudales y presiones que el macromedidor registre.
- Previo a la aplicación de la prueba por pasos, deben cerrarse las válvulas de circulación y verificarse que las de paso se encuentren totalmente abiertas, las de límite han de permanecer cerradas durante la realización de la prueba.

- Debe hacerse un programa sobre el cierre de válvulas, el cual incluya los tiempos de cierre y apertura de las mismas, así como los imprevistos que puedan surgir durante su realización, esto dependerá del tiempo con que se cuente para ejecutar la prueba, el número de válvulas y viviendas.
- La información que genera el *logger*, los datos obtenidos de los medidores de la toma de lecturas horarias y diarias, al igual la gráfica que genera la prueba por pasos, ya que en donde haya registrado una mayor caída de caudal, el sector debe ser analizado. Se recomienda realizar un sondeo acústico con equipo especial (Gmic, Rmic y Correlacionador acústico) para verificar si existen fugas en la red.
- Con los datos obtenidos debe calcularse el porcentaje de pérdidas que hay en la red de distribución. Puede realizarse con los datos de consumo acumulado registrado por el *logger* y el consumo promedio diario por vivienda, obtenido de la toma de lecturas, éste dato debe ser proyectado para toda el área de estudio, utilizando el mismo período en ambos.
- Si dentro del sector que registra un caudal alto, se detecta que existe una fuga, ésta debe ser reparada, previo a ello debe girarse una orden de reparación, para realizar los trabajos de excavación, reparación de la tubería y del asfalto. También es importante contar con los datos que se generan durante el desarrollo de la misma así como de los resultados obtenidos, indicando la fecha y quién lo realizó.
- Si dentro del sector que se estudia, se detecta un alto consumidor y los resultados son similares al consumo del mismo, debe continuarse en otra área, haciendo el mismo procedimiento de detección de fugas.

- Si se encuentra una conexión ilícita debe informarse a la unidad, en donde se le dé seguimiento y se corte el servicio a la propiedad.
- Luego de reparada la fuga o eliminada la conexión ilícita dentro del área de estudio, debe verificarse nuevamente el porcentaje de pérdidas que se tiene, si bajó o aumentó.
- Debe tenerse un registro y estadísticas de las reparaciones. El catastro de usuarios debe actualizarse periódicamente, con el fin de actualizar los datos de los usuarios de la red.
- Desarrollar un programa que permita estudiar el área, de forma mensual, trimestral o semestral, esto se hará según con los recursos con que se cuente para su realización.

Es necesario realizar pruebas por pasos y sondeos acústicos de forma periódica, así como verificar el nivel de pérdidas que se tiene, con la información que se haya almacenado en el *logger*, sobre el comportamiento de las presiones y del caudal. A continuación, se presenta de forma resumida los pasos a seguir y el costo de la propuesta.



<b>Propuesta para controlar y reducir las pérdidas provocadas por fugas en redes cerradas</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Lugar</b>	<b>Descripción</b>
Actividades preliminares	Gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación del área a estudiar.</li> <li>• Recolectar información del lugar: registros históricos de consumo, cantidad de inmuebles, planos de la red.</li> <li>• Delimitar la zona o área de estudio.</li> <li>• Diseño de la prueba por pasos.</li> <li>• Selección de medidores a estudiar.</li> </ul>
	Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección del sistema de distribución con los datos existentes y anotar los cambios.</li> <li>• Realizar un conteo de viviendas.</li> <li>• Selección e instalación de macro medidor, transductor de presión y gabinete.</li> <li>• Verificación de válvulas.</li> <li>• Inspección de medidores.</li> <li>• Inspección de tuberías.</li> <li>• Calibración del macro medidor para obtener datos confiables y seguros.</li> <li>• Implantación de la zona.</li> <li>• Revisión de válvulas y de medidores previo al estudio.</li> <li>• Realización del estudio de medidores, toma de lecturas horarias (24 horas) y diarias (5 días).</li> </ul>
Detección y reparación de fugas	Gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de datos obtenidos de la toma de lecturas de medidores.</li> <li>• Análisis de los datos obtenidos de la prueba por pasos.</li> <li>• Obtención del flujo mínimo nocturno de la zona, mediante datos registrados por el macro medidor y almacenados por el <i>logger</i> durante el estudio de medidores.</li> <li>• Análisis de gráfica generada durante la prueba por pasos.</li> <li>• Cálculo de pérdidas en la red.</li> <li>• Priorizar áreas a revisar.</li> <li>• Generación de orden de reparación.</li> <li>• Generación de informes sobre resultados obtenidos.</li> <li>• Capacitación.</li> </ul>
	Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de la prueba por pasos.</li> <li>• Descarga de información del logger sobre la prueba por pasos.</li> <li>• Sondeo acústico (utilización de Rmic, Gmic, correlacionador acústico).</li> <li>• Detección de fugas.</li> <li>• Reparación de fugas: excavación, reparación de la tubería y reposición de asfalto.</li> </ul>
Control y seguimiento	Gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación del nivel de pérdidas.</li> <li>• Tener un registro de reparaciones.</li> <li>• Estadísticas de reparaciones.</li> <li>• Actualización del catastro de usuarios.</li> <li>• Programar estudios de la red mensual, trimestral o semestral, según de los recursos con que se cuentan.</li> </ul>

	Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar prueba por pasos a cada cierto tiempo y sondeos acústicos.</li> <li>Verificar el nivel de fugas.</li> <li>Descargar información del logger para ver el comportamiento del consumo, el caudal y las presiones del sistema.</li> </ul>
--	-------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A continuación se presenta el presupuesto mensual para controlar las fugas.

RECURSO HUMANO					
Descripción	Cantidad	Unidad	Sueldo mensual	Prestaciones	costo mensual
Jefe de la unidad	1	persona	Q7,800.00	1.40	Q10,920.00
Secretaria	1	persona	Q2,500.00	1.40	Q3,500.00
Encargado de almacen	1	persona	Q3,000.00	1.40	Q4,200.00
<b>Equipo para Detección de Fugas</b>					
Supervisor de detección	1	persona	Q4,100.00	1.40	Q5,740.00
Técnico de detección	1	persona	Q3,400.00	1.40	Q4,760.00
Equipo de detección	3	persona	Q2,800.00	1.40	Q11,760.00
Pilotos	1	persona	Q2,500.00	1.40	Q3,500.00
<b>Equipo de Reparación de Fugas</b>					
Supervisor de reparación	1	persona	Q4,100.00	1.40	Q5,740.00
Equipo de reparación	3	persona	Q2,800.00	1.40	Q11,760.00
Equipo de reparación de pavimento	3	persona	Q2,800.00	1.40	Q11,760.00
Pilotos	1	persona	Q2,500.00	1.40	Q3,500.00
<b>Total al mes</b>					<b>Q77,140.00</b>

RECURSOS POR RENTA DE INMUEBLES					
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio mensual	Depreciacion	Costo mensual
Oficina	1	unidad	Q10,000.00	.....	Q10,000.00
Bodega	1	Unidad	Q3,500.00	.....	Q3,500.00
Parqueos	4	Unidad	Q300.00	.....	Q1,200.00
<b>Total al mes</b>					<b>Q14,700.00</b>

<b>RECURSOS FISICOS DE MOVILIZACION</b>					
Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Depreciacion	Costo mensual
Pick-up	2	unidad	Q110,000.00	20%	Q3,666.67
Paneles	1	unidad	Q90,000.00	20%	Q1,500.00
Camión	1	unidad	Q150,000.00	20%	Q2,500.00
<b>Total al mes</b>					<b>Q7,666.67</b>

<b>MATERIALES Y SERVICIOS</b>		
Para ello se considera, combustible, mantenimiento de vehiculos, reparaciones, servicios en oficina y campo, para lo cual se estima:	Depreciacion	Costo mensual
	.....	Q15,000.00
<b>Total al mes</b>		<b>Q15,000.00</b>

<b>MOBILIARIO Y EQUIPO</b>					
Descripcion	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Depreciacion	Costo mensual
<b>Mobiliario y equipo de oficina</b>					
Costo global	1	global	Q2,500.00	.....	Q2,500.00
<b>Mobiliario y equipo de campo</b>					
Macromedidor 4"	1	unidad	Q35,424.00	25%	Q738.00
Grabadora de datos (logger) multilog	1	unidad	Q11,407.00	25%	Q237.65
Transductor de presion	1	unidad	Q6,222.00	25%	Q129.63
Cable de comunicación multilog y pc	1	unidad	Q1,220.00	25%	Q25.42
Microfono de suelo Rmic	1	unidad	Q22,017.09	25%	Q458.69
Barra auditiva Gmic	1	unidad	Q36,204.48	25%	Q754.26
Correlacionador digital microcorr digital	1	unidad	Q236,326.55	25%	Q4,923.47
Cortadora de asfalto	1	unidad	Q23,000.00	25%	Q479.17
Cortadora de tubo mayor	2	unidad	Q3,950.00	50%	Q329.17
Cortadora de tubo menor	2	unidad	Q589.00	50%	Q49.08
Taladro con compresor de aire	1	unidad	Q146,000.00	25%	Q3,041.67
Bombas de gasolina para extraccion d	2	unidad	Q3,500.00	50%	Q291.67
Llaves de tubos de cadena	3	unidad	Q850.00	50%	Q106.25
Llaves de tubos menores	3	unidad	Q506.45	50%	Q63.31
Equipo de señalización	2	unidad	Q16,740.00	50%	Q1,395.00
Equipo de Proteccion personal	10	unidad	Q3,844.00	50%	Q1,601.67
Equipos de herramientas varias	2	unidad	Q10,000.00	50%	Q833.33
Compactadora	1	unidad	Q20,000.00	25%	Q416.67
<b>Total al mes</b>					<b>Q18,374.08</b>

<b>Imprevistos 10%</b>	Q13,288.07
<b>Total costo mensual</b>	Q146,168.82
<b>Fugas detectadas y reparadas al mes (estimado 1.5 días/fuga)</b>	45
<b>Costo de detección y reparación por fuga</b>	Q3,248.20

## **Anexo 2**

### **Especificaciones técnicas del macro medidor**

## Características y beneficios

- Futuro firmware actualizable en el lugar de trabajo
- Visualización exhaustiva
- Almacenador de datos multivariable, multicanal incorporado
- Sincronización de tiempo automática para facilitar un equilibrio preciso de la red con varios medidores
- Registra el caudal y la presión simultáneamente en límites de tiempo sincronizados
- Caudal y presión registrados en dos intervalos de tiempo diferentes y ajustables, proporcionando así datos estándar para análisis operativo y datos con alta resolución para la comprobación escalonada y/o la investigación retrospectiva
- Automáticamente almacena el caudal total cada hora durante un año
- Acceso remoto para configuración y recopilación de datos
- 'Fit & Flow' para un instalación sin problemas y sin configuración en el lugar de trabajo
- Sumergible para uso en cámaras inundadas
- Seguridad total:
  - Dos niveles de seguridad para el usuario
  - Interruptor y juntas a prueba de manipulación no autorizada
- Dos salidas (pulso de avance y retroceso, o pulsos y dirección)
- Salida de alarma e indicadores l.c.d.
- Acceso remoto mediante un sistema de telecomunicaciones para comprobar el estado y las condiciones de la batería
- La administración avanzada de la energía permite utilizar la batería durante 1 año sin interrupción de las mediciones

## Sumergible o enterrable

Al igual que otros caudalímetros ABB, el AquaMaster 'S' se puede enterrar y/o sumergir hasta una profundidad de 10 m en forma permanente. En forma exclusiva, ABB ofrece un transmisor sumergible, de acuerdo con IP68 (NEMA 6P), y una inmersión de 2 m. Esto hace que la instalación sea sumamente sencilla.

## Software de soporte

AquaMaster 'S' está disponible con diversos software estándar de la industria (Technolog™ [PMAC], Primayer™ [Primeware], OSI™ Pi database y BVS™ [Wadis]) para descargar, gestionar, analizar y visualizar datos, ya sea directamente mediante el puerto RS232 o por medio de telemetría. Estos sistemas se describen en hojas de especificaciones separadas.

ABB también suministra LogMaster, un programa para PC muy sencillo de utilizar que proporciona la comunicación local con el AquaMaster 'S'. Permite el control y la descarga completos del almacenador de datos incorporado. Una función para guardar archivos permite exportar los datos con formato CSV para Microsoft™ Excel u otras hojas de cálculo similares. Soporta la conexión remota Vodafone Radiopad, con una libreta de direcciones para la operación remota completa. LogMaster es compatible con Windows™ 98 y NT, y está disponible en varios idiomas.

## Nuevos estándares de desempeño

Rango de caudal más amplio, una precisión óptima y una calibración estable a largo plazo significa que AquaMaster 'S' establece nuevos estándares para la industria del agua.

Las especificaciones de desempeño para una unidad alimentada con c.a. y el gráfico siguiente demuestran que AquaMaster 'S' excede considerablemente la norma ISO 4064 Clase C y proporciona un excepcional rango útil de caudal de 1000:1 (R1000) bajo la nueva norma CEN TC92 WG2.

Esta exclusiva capacidad de bajo caudal instantáneo permite medir caudales bajos que anteriormente eran imposibles de medir.

El diseño hidrodinámico exclusivo del sensor, con pérdidas de presión despreciables, no solo amplía el rango de caudal bajo, sino que aplanan el perfil del caudal, reduciendo la sensibilidad a las perturbaciones en ambos sentidos del caudal. Esto significa que los codos y las válvulas se pueden atornillar directamente en el medidor, encontrándose el desempeño normalmente dentro de lo establecido en la norma ISO 4064 Clase C.

## Fit & Flow

- No es necesario hacer coincidir el sensor y el transmisor
- Funcionamiento rápido y confiable
- A prueba de desperfectos, sin errores
- El sensor almacena todos los factores de calibración, números de configuración del lugar de trabajo, etc.
- Se realiza una copia de seguridad de los valores del totalizador de volumen cada 5 minutos en el sensor para brindar una seguridad total
- Compatible con los sensores AquaMaster anteriores, para facilitar la actualización
- Adaptador disponible para sensores AquaMag
- Todos los datos importantes se almacenan por triplicado para una mayor seguridad

## Especificaciones

DN	Q 4 (m <sup>3</sup> /h)	Q 3 (m <sup>3</sup> /h)	Modalidad con alimentación de CA				Unidad alimentada con baterías			
			Q 4.5 (m <sup>3</sup> /h)	Q 2 (m <sup>3</sup> /h)	Q 1 (m <sup>3</sup> /h)	R	Q 4.5 (m <sup>3</sup> /h)	Q 2 (m <sup>3</sup> /h)	Q 1 (m <sup>3</sup> /h)	R
15	5	4	0,075	0,010	0	1000	0,23	0,03	0,010	400
20	7,9	6	0,13	0,02	0,01	1000	0,38	0,04	0,016	400
25	13	10	0,18	0,03	0,01	1000	0,53	0,06	0,025	400
40	31	25	1,5	0,06	0,03	1000	1,5	0,16	0,063	400
50	50	40	1,5	0,1	0,04	1000	2,3	0,25	0,1	400
65	79	63	1,9	0,16	0,06	1000	3,8	0,39	0,16	400
80	125	100	2,0	0,25	0,10	1000	6	0,63	0,25	400
100	200	160	3,0	0,4	0,16	1000	9	1	0,4	400
150	500	400	7,5	1	0,4	1000	23	2,5	1	400
200	786	630	12,5	1,58	0,63	1000	36	3,9	1,6	400
250	1250	1000	20	2,5	1,0	1000	60	6,3	2,5	400
300	2000	1600	30	4	1,6	1000	90	10	4	400
350	2000	1600*	80	8	3,2	500	120	25	10	180
400	3125	2500*	100	8	5	500	150	31	13	200
450	4375	3500*	130	13	7	500	195	44	18	200
500	5000	4000*	180	18	8	500	225	63	25	180
600	7675	6300*	250	20	12,6	500	375	79	32	200

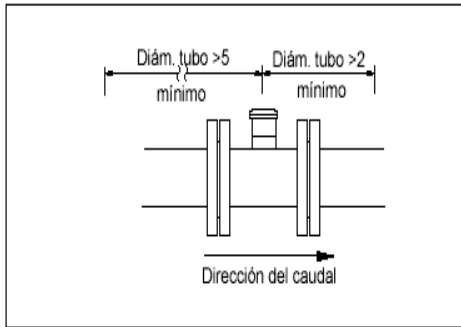
Medidas, velocidades de caudal y precisiones métricas (bajo condiciones de referencia). Tamaños de la tubería en milímetros, velocidades de caudal en metros cúbicos/hora

Los caudales instantáneos cumplen con las normas CEN/TC92 WG2.

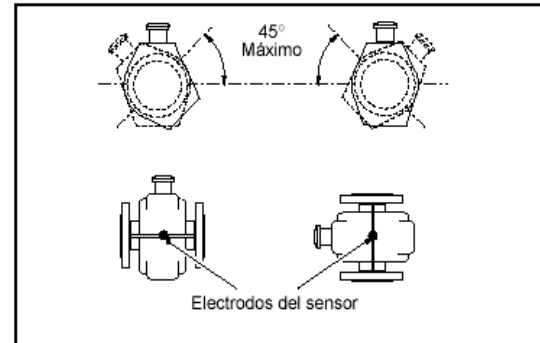
La especificación anterior excede las especificaciones ISO 4064 Clase C, DN25 – DN300.

\* Clasificación para funcionamiento continuo con estos caudales instantáneos. Para reducir al mínimo las pérdidas de bombeo, los caudales instantáneos típicos deberían ser la mitad de este del valor.

### Condiciones de la tubería



### Montaje



### Detalles del almacenador de datos

	Almacenador de datos		
	1	2	3
<b>Función del almacenador de datos</b>	Caudal y presión	Caudal y presión	Totales del caudal neto, de avance y retroceso
<b>Cantidad de registros</b>	8831	11361	366
<b>Intervalo de registro</b>	15 a 65500 s (ajustable)		24 horas (fijo)
<b>Capacidad típica</b>	3 meses @ 15 min.	~7 días @ 1 min.	1 año
<b>Modo</b>	Cíclico	Cíclico	Cíclico
<b>Use ABB LogMaster</b>	✓	✓	✓
<b>Use Technolog (PMAC)</b>	✓	✓	✗
<b>Use Primayer Primeware</b>	✓	✓	✗
<b>Use OSI PI Database/ BVS_Wadis System</b>	✓	✓	✗

### Clase de pérdida de presión

Caudal instantáneo	Pérdida de presión (Bar)
Q 3 (CEN)	< 0,63
ISO 4064 $Q_{max}$	< 0,3
ISO 4064 $Q_n$	< 0,075
ISO 4064 $Q_{n/2}$	< 0,019

## ...Especificaciones

### Materiales húmedos

Medidores de extremos roscados  
Latón y PPS (listado en UKWFBS ) y  
Elastómero (listado en UKWFBS)

### Medidores con bridas

Elastómero (listado en UKWFBS)  
Electrodos 316L S/S

### Limitaciones de presión

Según las bridas

### Conductividad \*

50 µS/cm

\*Nota. El uso de AquaMaster 'S' por debajo de 50µS/cm es posible, con un mayor nivel de ruido en la salida del caudal, particularmente con velocidades de caudal elevado.

---

## Sistema de presión – Transductor externo

### Rango de presión absoluto

10, 16 bar o 300 psi

### Conexión

Sonda macho estándar con acoplamiento rápido  
Conector estilo MIL

### Rango de temperaturas de operación

-20 a 70°C

### Precisión (típica)

±0,4% del rango

### Banda de error térmico (típico 100°C)

±1,5% del span

### Longitud del cable

1, 5 o 10 m

---

## Unidad de visualización electrónica y almacenador de datos

### Montaje

Integral con sensor  
o  
remoto hasta 200 m

### Alojamiento

Aleación de aluminio IP68 NEMA 6P con visor de vidrio  
o  
Plástico IP65 NEMA 4Xc

### Conexiones eléctricas

Casquillos de 20 mm (plástico o blindado), o acepta  
1/2 Enchufe y toma roscado NPT o tipo militar

### Cable del sensor

Cable ABB suministrado como estándar  
Cable especial disponible según la aplicación  
También se dispone de cable SWA según la aplicación

### Fuente de alimentación

Vida útil de la batería @ 0 a 50°C

Tipo	Especificación de tensión (V) Capacidad absoluta	Frecuencia (Hz)	VA
c.a.	85 a 265	47 a 440	<10
Batería	3,6 (Litio)	-	-

1 batería – normalmente 1,2 años

2 baterías – normalmente 3 años

### Sistema operativo

Firmware con memoria flash totalmente actualizable en el lugar de trabajo

### Idiomas

Inglés  
Francés  
Alemán  
Español  
Italiano  
Holandés

Idiomas especiales disponibles mediante el programa de descarga de Windows

### Alarmas

Un contacto de alarma indica cualquier problema de medición o de alimentación de la unidad

### Salidas de alarma/impulso

Dos conmutadores bidireccionales de estado sólido con aislamiento común ±35 V c.c. 50 mA

### Tiempo de respuesta (programable)

Mínimo 1 s (alimentación con la red)  
15 s (alimentación con batería)

### Comunicación de datos serie

Puerto local – RS232C compatible vía  
Cable ABB (opcional)  
Puerto remoto – RS232C con señales RI, RTS y CTS

### Acceso remoto

Puerto local RS232	✓
Puerto remoto RS232 (con señales RI, CTS y RTS)	✓
Vodafone™ VVADS Radiopad	✓
GSM	Opción futura



## **Anexo 3**

**Especificaciones técnicas del almacenador de datos  
(*logger Multilog<sup>TM</sup>*)**

<b>Sensor Input Options</b>	Digital	Uni- or bi-directional pulse. Instrument powered or non-powered sensors e.g. PD100. Up to 128 pulses per second.
	Analogue	Internal Pressure Transducer 0-20 bar / 0-200 metres head / 0-300 psig, accuracy $\pm 0.25\%$
		External Pressure Transducer (volt) or Transmitter (mA) 0-20 bar / 0-200 metres head / 0-300 psig, accuracy $\pm 0.1\%$ 4-20mA from isolated sensor. 0-1v, 1-5v, or 0-100mVolt.
<b>Logging Features</b>	Memory	Primary recording 48,720 readings. (memory expandable to 245,280 readings on request) Can be programmed to read continuously (cyclic mode) or for a specific period of time (block). Secondary recording 6,144 readings.
	Frequency	1 – 59 seconds, 1 – 59 minutes, 1 – 24 hours settings independent for primary and secondary channel. Minimum or maximum duration-triggered threshold alarm per channel. 16
	Alarms	Alarms per logger. Each alarm out comment field 16 characters. Can be programmed to auto dial up to 16 telephone numbers on alarm with telemetry option (i.e. 1 per alarm).
	Logger ID	Up to 8 alphanumeric characters – can be programmed with GIS number. Also readable factory set serial number in firmware.
	Site ID	Up to 127 alphanumeric characters.
	Clock	On board 24 hour real time clock with date facility.
	Secondary channel Count & Event Logging Modes	Can be programmed to record either fast data, average minimum, average maximum or time interval between pulses (for data smoothing). Count and Event logging modes independent for both recordings
<b>communications</b>	Serial	RS232 by ML connector for connection to RadLink hand held programming and data collection unit, laptop PC, desktop PC or RadNet GSM telemetry unit. Programmable up to 19,200 Baud.
	Internal modem	2,400 Baud Optional Standard Telephone Line internal modem
	External GSM Modem (optional)	9,600 Baud 2-way GSM Cellular modem. (Optional Pager) <i>See RadNet GSM or MultiLog GSM data sheet for more information</i>
<b>Physical</b>	Dimensions	195H x 120W x 70D mm (7.7"H x 4.7"W x 2.8"D) 250H x 175W x 90H mm (9.9"H x 6.9"W x 3.6"D) MultiLog GSM
	Construction	Die-cast aluminum enclosure, powder coat spray painted
	Weight	1.6 Kg (3.5 lb) [ 4.5 Kg (9.9 lb) MultiLog GSM ]
	Operating temperature	-20 to +70°C (-5 to +160°F)
	Ingress protection	IP68 submersible
	Power	Lithium-ion cell operational for 5 years under normal operating conditions. Warranted for continuous operation of up to five years. Low battery alarm in data packet when downloaded.