



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE
AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE
SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Oscar Antonio Vásquez Cardona

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Linares Cruz

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE
AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE
SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR ANTONIO VÁSQUEZ CARDONA
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS LINARES CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de 21 de marzo de 2014.

Oscar Antonio Vásquez Cardona

Guatemala 05 de septiembre 2014

**Ingeniero
Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador
Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería**

Ingeniero Quiñonez:

Atentamente le informo que he revisado el Trabajo de Graduación del estudiante universitario Oscar Antonio Vásquez Cardona, carné 80-13741, denominado "EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA", habiéndose desarrollado según el protocolo aprobado.

Deseo manifestar que el estudiante Oscar Antonio Vásquez Cardona ha llenado las expectativas de este trabajo, por lo que en mi calidad de asesor lo doy por aprobado y le solicito darle el trámite correspondiente.

Sin Otro particular me es grato saludarle,

Deferentemente,

*Juan Carlos Linares Cruz
MSC INGENIERIA SANITARIA
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 4056*

**Juan Carlos Linares Cruz
Ingeniero Civil Colegiado No. 4,056
ASESOR**



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 17 de septiembre de 2014

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela de Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos de Guatemala

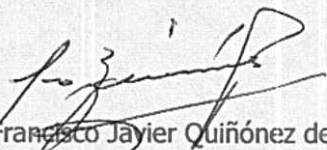
Señor Director:

Tengo el agrado de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, realizado por el estudiante universitario **Oscar Antonio Vásquez Cardona**, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Carlos Linares Cruz.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **Vásquez Cardona** cumple con los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

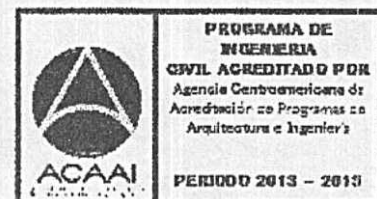

 Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
 Coordinador Unidad de Investigación
 Escuela de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 FACULTAD DE INGENIERÍA

Cc archivo

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Carlos Linares Cruz y del Coordinador de la Unidad de Investigación, Ing. Francisco Javier Quiñónes de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Oscar Antonio Vásquez Cardona, titulado **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





DTG. 533.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LA ALDEA PUERTA PARADA, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Antonio Vásquez Cardona**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 7 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por la fuerza, sabiduría, perseverancia, salud y bendiciones que me ha regalado, y por estar siempre a mi lado para llegar a esta meta alcanzada.
- Mis hijos** José, Carlos, Oscar y Cynthia Vásquez Ovalle, por el amor demostrado, por su apoyo para finalizar mi carrera y exhortarme a ser mejor cada día; un mejor padre y un excelente amigo.
- Mi esposa** Verónica Ovalle, por todo el amor demostrado. Por su paciencia, comprensión y tolerancia, durante estos doce años.
- Mi familia** Por el cariño y amistad a lo largo de mi vida.
- Mis hermanos** Edmundo, Osberto, Miriam y Francisco Vásquez, por el cariño brindado a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la oportunidad de cumplir esta meta y darme fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida.
Facultad de Ingeniería	Por formarme como profesional.
Mi asesor	Ing. Juan Carlos Linares Cruz, por su valiosa colaboración e instrucción, dedicando su tiempo en la elaboración de este trabajo.
Municipalidad de Santa Catarina Pinula	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación, en especial, al alcalde Antonio Coro, por su valiosa amistad e incondicional apoyo a lo largo de estos años.
Mis amigos y compañeros	Por los momentos que hemos compartido y que nos han acercado. Por las nuestras de fidelidad, cariño y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.1. Ubicación del área servida.....	1
1.2. Topografía.....	1
1.3. Clima.....	2
1.4. Sistema de abastecimiento actual.....	3
1.4.1. Tipo de consumidor.....	3
1.5. Factores que influyen en el consumo de agua potable.....	4
1.5.1. Calidad del agua.....	4
1.5.2. Presión en la línea de conducción (impulsión) y red de distribución.....	5
1.5.3. Población.....	6
1.5.4. Características socioeconómicas.....	7
1.6. Medición de caudales.....	8
1.6.1. Conceptos fundamentales sobre medición de caudales.....	8
1.6.1.1. Caudal máximo diario.....	8
1.6.1.2. Caudal máximo horario.....	9

1.6.2.	Instrumentos de medición de caudal en tuberías cerradas y a presión	10
1.6.3.	Macromedición	12
1.6.4.	Micromedición	13
1.6.5.	Criterios generales para la localización de estaciones de medición	13
2.	PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	15
2.1.	Guías actuales de diseño	15
2.2.	Macro y micromedidores instalados en el sistema de agua potable	16
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1.	Etapa 1.....	19
3.2.	Etapa 2.....	19
3.3.	Etapa 3.....	24
3.4.	Etapa 4.....	30
4.	RESULTADOS	31
4.1.	Macromedición.....	31
4.2.	Micromedición	31
4.3.	Estado actual de las unidades del sistema.....	33
5.	ANÁLISIS Y CÁLCULOS	37
5.1.	Cuadros analíticos	46
5.2.	Cuadros de consumo	47
5.3.	Curvas de variación.....	61
6.	DISCUSIONES	67

CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
APÉNDICES.....	75
ANEXOS	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la aldea Puerta Parada	2
2.	Calle de la aldea Puerta Parada.....	20
3.	Viviendas habitadas de la aldea Puerta Parada	21
4.	Panorama de la aldea Puerta Parada	21
5.	Lectura de contadores.....	22
6.	Tanque de almacenamiento.....	34
7.	Filtro lento para potabilización.....	34
8.	Caseta de cloración	35
9.	Línea de distribución, tubería de 4" de diámetro.	35
10.	Micromedidor (contador)	36
11.	Caseta control de mando de bombeo.....	36
12.	Coeficiente de variación diaria <i>versus</i> probabilidad de ocurrencia	39
13.	Coeficiente de variación horaria <i>versus</i> probabilidad de ocurrencia	40
14.	Porcentaje de volumen de regulación <i>versus</i> probabilidad de ocurrencia	43
15.	Demanda promedio de los lunes de abril de 2014.....	61
16.	Demanda promedio de la semana del 1 al 7 de abril de 2014	62
17.	Demanda promedio de los lunes del periodo de investigación	63
18.	Demanda promedio general del periodo de investigación	64
19.	Demanda diaria promedio en el periodo de investigación	65
20.	Demanda en los días de máximo y mínimo consumo y día promedio	67

TABLAS

I.	Anotaciones de consumo en m ³	23
II.	Cálculo de consumos en m ³	24
III.	Consumo de cada uno de los días de la primera semana de abril	32
IV.	Coeficiente de variación diaria (K ₁) para cada día	38
V.	Coeficientes de variación horaria (K ₂) para cada día	40
VI.	Porcentajes de volumen de regulación para cada día de investigación.....	42
VII.	Resumen anual del porcentaje de pérdidas	44
VIII.	Consumos, horarios y porcentajes en el día de máximo consumo.....	47
IX.	Consumos, horarios y porcentajes en el día de mínimo consumo	48
X.	Consumos, horarios y porcentajes en el día promedio	48
XI.	Consumos, promedios diarios en m ³ de abril de 2014	49
XII.	Porcentajes de la demanda media diaria en los días de abril de 2014.....	49
XIII.	Consumo promedio diarios en m ³ de mayo de 2014.....	50
XIV.	Porcentajes de la demanda media diaria en los días de mayo de 2014.....	50
XV.	Consumo promedio diario en m ³ de junio de 2014.....	51
XVI.	Porcentajes de la demanda media diaria en los días de junio de 2014.....	51
XVII.	Consumo promedio semanal en m ³ de abril de 2014.....	52
XVIII.	Porcentajes de la demanda media semanal de abril de 2014	52
XIX.	Consumo promedio semanal en m ³ de mayo de 2014	53
XX.	Porcentajes de la demanda media semanal de mayo de 2014	53
XXI.	Consumo promedio semanal en m ³ de junio de 2014	54
XXII.	Porcentajes de la demanda media semanal de junio de 2014	54
XXIII.	Consumo promedio durante abril de 2014	55

XXIV.	Consumo promedio durante mayo de 2014.....	55
XXV.	Consumo promedio durante junio de 2014.....	56
XXVI.	Demanda diaria durante las semanas de abril de 2014.....	56
XXVII.	Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de abril de 2014.....	57
XXVIII.	Demanda diaria durante las semanas de mayo de 2014.....	57
XXIX.	Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de mayo de 2014.....	58
XXX.	Demanda diaria durante las semanas de junio de 2014	58
XXXI.	Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de junio de 2014.....	59
XXXII.	Consumo promedio diario en m ³ durante el periodo de investigación	59
XXXIII.	Porcentajes del promedio diario del periodo de investigación	60
XXXIV.	Consumo promedio y porcentaje de la demanda media durante el periodo de investigación.....	60
XXXV.	Cálculo de la demanda diaria promedio durante el periodo de investigación	61
XXXVI.	Comparación entre los parámetros de diseño inicial y parámetros encontrados en la investigación	68

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Qmd	Caudal medio diario
σ	Desviación estándar
FHM	Factor de hora máximo
°C	Grados centígrados
Km²	Kilómetro cuadrado
lt/s	Litros por segundo
m.c.a.	Metros columna agua
m³	Metro cúbico

GLOSARIO

Abastecer	Proveer a alguien de aquello que necesita.
Cartografía	Ciencia que se encarga del estudio y elaboración de mapas geográficos.
Dotación	Cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/habitante-día.
Orografía	Es la parte de la geografía física que se dedica a la descripción de las montañas, a través de sus representaciones cartográficas.
Per cápita	Por cabeza, para cada una de las personas o cosas.
Saneamiento	Acondicionamiento de un lugar o una cosa a una situación de higiene.

RESUMEN

En la presente investigación se procedió a evaluar mediante detalladas mediciones el consumo de agua potable, para poder actualizar los criterios o los parámetros de diseño, que fueron utilizados en el proyecto de abastecimiento de agua potable en la aldea Puerta Parada, del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Para ello fue necesario realizar medidas de consumo diario y horario, mediante contadores o medidores de agua potable instalados en cada una de las viviendas de los usuarios y conocer los máximos y mínimos consumos para determinar los coeficientes de variación y de esta manera, se compararon los parámetros de diseño de la red de distribución existente.

Esta investigación se realizó en una sola fase dividida en cuatro etapas: en la primera etapa se llevó a cabo una capacitación a través de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil. En la segunda se realizó una inspección inicial a todo el sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea, con la finalidad de verificar las características de funcionamiento del sistema de agua potable; también se colocaron medidores en las conexiones domiciliarias y se obtuvo lecturas a cada hora, iniciando a las 6 de la mañana y terminando a las 8 de la noche.

En la tercera etapa se realizó una capacitación para desarrollar los cálculos correspondientes con los datos obtenidos en las lecturas. En la cuarta y última etapa se procedió a presentar los resultados obtenidos durante la investigación.

OBJETIVOS

General

Evaluar y actualizar los criterios o parámetros de diseño utilizados en el proyecto construido de abastecimiento de agua potable en la aldea Puerta Parada, del municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Determinar la cuota *per cápita* real de consumo en la aldea Puerta Parada, en el proyecto de abastecimiento de agua potable, donde se aplicaron los criterios de diseño de las guías existentes en Guatemala, en los estudios preliminares.
2. Determinar y actualizar los parámetros reales de diseño que caractericen a la aldea Puerta Parada, para garantizar el buen funcionamiento de los proyectos rurales a construirse en el futuro.
3. Determinar y verificar los criterios o parámetros de diseño establecidos en el estudio inicial, para determinar si cumplen su aplicabilidad en el funcionamiento del sistema construido de abastecimiento de agua potable con los calculados.

INTRODUCCIÓN

Los gobiernos de Guatemala no han desarrollado una política de investigación coherente en el área de los sistemas de abastecimiento de agua potable, que vincule los planes de investigación con las necesidades reales de las instituciones del sector encargadas de desarrollar los estudios, y las ejecuciones de los proyectos y de las poblaciones a ser atendidas.

El sobredimensionamiento de los sistemas construidos de abastecimiento de agua potable que se han aplicado en la utilización de los parámetros de diseño con y sin uso de una guía, han encarecido los costos de los sistemas rurales, por lo que en este trabajo se determinan parámetros de diseño concordantes con la realidad rural, lo que permitirá optimizar las inversiones y minimizar la capacidad ociosa de los elementos del sistema.

En la presente investigación se implementan para el sistema de agua potable, los componentes de macro y micromedición, para obtener conocimientos más amplios sobre el comportamiento real que caracteriza a la comunidad en estudio. Esto permite la recopilación de información necesaria para determinar los principales parámetros de diseño como por ejemplo, el coeficiente de variación diaria y horaria, la dotación de consumo y producción de consumo *per cápita*.

1. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Ubicación del área servida

La aldea Puerta Parada se encuentra ubicada a 6,9 Km de la cabecera municipal, con una extensión de 9,115 Km², la cual colinda al sur con Muxbal y Don Justo; al norte con ciudad de Guatemala; al este con Piedra Parada El Rosario, Cristo Rey, Manzano y La Libertad; al oeste con Nueva Concepción, San Rafael. Asimismo, se encuentra geográficamente ubicada con latitud 14°33'46.40" y una longitud 90° 27' 42,98" y su altitud es de 1 550 metros sobre el nivel del mar.¹

1.2. Topografía

La aldea Puerta Parada presenta una topografía quebrada con pendientes pronunciadas, debido a que se ubica en terrenos montañosos; lo que hace variado el uso adecuado de la tierra.

Debido a su ubicación geográfica, la aldea ha tenido un notable desarrollo económico. En los últimos años se ha convertido en área de desarrollo urbanístico y comercial, lo cual ha ido modificando la topografía de las áreas intervenidas; cabe mencionar que todo el municipio de Santa Catarina Pinula presenta topografía invariable.

¹Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

La siguiente hoja cartográfica muestra la localización de la aldea Puerta Parada.

Figura 1. **Ubicación de la aldea Puerta Parada**



Fuente: Google Earth. Dirección Municipal de Planificación, Santa Catarina Pinula.

1.3. **Clima**

Se marcan dos estaciones al año, el verano abarca los meses de noviembre a abril y la época lluviosa de mayo a octubre. Según las unidades bioclimáticas “la temperatura media anual es de 13 °C a 27 °C grados centígrados”.²

²Instituto Nacional Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

Anteriormente era un poco frío debido a que la cubierta forestal era mucho mayor que en la actualidad. Esto se debe a que la población ha ido creciendo constantemente año tras año, por lo que se ha tenido la necesidad de crear caseríos o aldeas donde las familias puedan vivir, y por ende las zonas boscosas han ido desapareciendo.

1.4. Sistema de abastecimiento actual

La aldea Puerta Parada cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable a través de conexiones domiciliarias, la comunidad cuenta con medidores (micromedición) y sistema de clorificación de agua potable; el servicio lo provee la fuente de agua municipal y la Asociación de Vecinos.

El agua es suministrada desde la fuente principal, constituida por un pozo mecánico ubicado estratégicamente; el agua es bombeada hacia un tanque de almacenamiento con capacidad de 50 m³ cada uno; de los tanques de almacenamiento se lleva a las viviendas y comercios por medio de la red de distribución de tubería de PVC de distintos diámetros.

1.4.1. Tipo de consumidor

Para todo tipo de investigación de consumo de agua potable, es necesario determinar el uso que esta recibe para atender más eficientemente la demanda de parte de la comunidad. Para este caso, está claro que todas las viviendas de la aldea Puerta Parada usan el agua específicamente para satisfacer sus necesidades diarias, incluyendo el riego de sus productos agrícolas. No teniendo ninguna actividad comercial, industrial u otra en la cual el consumo de agua potable sería altamente elevado.

Los sistemas de agua potable rural no cuentan con una regulación jurídico-institucional y no están sujetos al cumplimiento del régimen de concesiones sanitarias. Se forman y constituyen como un servicio particular, bajo la forma de un comité o cooperativa u otra figura jurídica que acuerden los interesados, obteniendo los permisos de funcionamiento del Ministerio de Salud, a través de los respectivos servicios de salud del ambiente.

No obstante, los sistemas rurales deben cumplir con las normas sobre calidad de los servicios y las normas técnicas respectivas. El régimen tarifario se regula por las disposiciones estatutarias de cada comité o cooperativa. La fiscalización de la calidad de los servicios corresponde al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

1.5. Factores que influyen en el consumo de agua potable

La cantidad de agua que utiliza un grupo de personas radicado en un lugar determinado se llama consumo de agua potable. Entre los múltiples factores que actúan para determinar el consumo de agua están los que afectan directamente e indirectamente. Debido a su influencia, al querer determinar la dotación total necesaria para una población, es indispensable su estudio detallado y cuidadoso. En este caso pueden verse a continuación algunos factores que determinan la regulación del consumo de agua potable.

1.5.1. Calidad del agua

El agua es un recurso natural que cada día se vuelve más escaso, debido a que su demanda cada vez es mayor, por el incremento poblacional e industrial de los últimos años.

Esto ha causado su deterioro por la contaminación que se genera, asimismo, es más difícil la recarga de los mantos freáticos debido a la deforestación y la aparición de grandes complejos habitacionales, que se han construido en las zonas de recarga.

Se dice que el agua potable o agua para consumo humano es la que puede ser consumida sin restricción, debido a que gracias a un proceso de purificación no representa un riesgo para la salud. En Guatemala se aplica al agua que cumple con las especificaciones que promulga la norma guatemalteca obligatoria NGO 29.001. Cuando la calidad del agua no es la adecuada, hay restricciones en el consumo, ya que si no se cumplen las especificaciones relacionadas con las características físicas y químicas de la misma, puede causar serios daños al consumidor; por esto es necesario tener un control respecto de la calidad del agua para consumo.

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula lleva registro de la calidad de agua de la aldea Puerta Parada; según sus registros, la calidad del agua para consumo humano es adecuada, las medidas preventivas, controles y desinfección que implementa la municipalidad a la fuente que abastece a la comunidad, que es por medio de pozo mecánico, son regulados por el Ministerio de Salud.

1.5.2. Presión en la línea de conducción (impulsión) y red de distribución

La presión en la línea de conducción y en la red de distribución, es un factor muy importante que se debe tener en cuenta para abastecer eficientemente a la población.

Para la línea de impulsión, al igual que para la red de distribución, se toma como base una serie de criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encuentra sometida la tubería, como el entorno y forma en que se extrae el agua. La presión debe ser suficiente para que el agua pueda llegar a todas las instalaciones de las viviendas más alejadas del sistema. La presión máxima será la que no origine consumos excesivos por parte de los usuarios y no produzca daños a los componentes del sistema.

Las presiones a las cuales está sometida la red de distribución de la aldea Puerta Parada están determinadas por las diferentes alturas que tiene el terreno; dichas presiones varían entre 49 y 77 metros columna de agua (m.c.a.) (ver anexo, curvas de presión).

1.5.3. Población

El rápido crecimiento de la población mundial está convirtiendo el agua en un bien cada vez máspreciado y escaso. El uso que se hace del agua aumenta en relación con la cantidad de agua disponible, es decir el consumo de recursos hídricos *per cápita* sigue creciendo.

La mayor cantidad de la extracción anual de agua para uso humano se destina a la agricultura (principalmente para riego); después para la industria y la menor cantidad para el consumo doméstico (hogar, agua para beber, saneamiento, etc.).

El consumo está relacionado en proporción directa con el número de habitantes servidos. Entre mayor sea la población, mayor será la demanda unitaria de agua requerida.

El proyecto de abastecimiento de agua potable de la aldea Puerta Parada, fue diseñado tomando en cuenta el crecimiento poblacional, con una tasa de crecimiento de 2,456 % (según parámetros de diseño empleados por parte de la Dirección Municipal de Planificación, de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula). La población actual de la aldea Puerta Parada es de 1 298 habitantes. Diseñándose así el proyecto para una población futura de 2 161 habitantes, con un período de diseño de 21 años (ver anexo 5).

1.5.4. Características socioeconómicas

La relación de este factor al igual que el factor población, es también directa. El mayor o menor desarrollo de las actividades comerciales, industriales y agrícolas de la población, determina un mayor o menor consumo de agua. La forma de vida de la población, desarrollada en su respectivo nivel socioeconómico, es otro de los factores que afecta explícitamente al valor del consumo de agua potable.

La influencia de este factor es directamente proporcional al consumo. Una población con estándar de vida elevado supone mayores y mejores instalaciones sanitarias como: baños de cerámica, agua caliente, mayor número de sanitarios por casa, etc., además del número de jardines particulares que son regados y la cantidad de vehículos que son lavados.

Para la aldea Puerta Parada el nivel económico social está determinado por su actividad laboral. Cuenta con un flujo comercial local que es la venta de productos agrícolas, así como la producción artesanal, la cual se comercializa dentro del casco urbano. Actualmente, tiene todas sus calles pavimentadas, y cuenta con todos los servicios básicos por parte de la Municipalidad.

Se puede mencionar entonces, que la aldea Puerta Parada tiene un alto nivel económico social, lo cual no permite un consumo de agua potable normal, ya que todas las residencias se encuentran habitadas y las áreas de comercios son muy visitadas por los residentes y las personas que por allí transitan.

1.6. Medición de caudales

La selección eficaz de un medidor de caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir.

1.6.1. Conceptos fundamentales sobre medición de caudales

La medida de caudal en conducciones cerradas, consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción, por unidad de tiempo. Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan habitualmente caudalímetros o medidores de caudal; una modalidad particular la constituyen los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción.

1.6.1.1. Caudal máximo diario

El consumo medio anual sufre variaciones en más y en menos, pues hay días que por la actividad, la temperatura u otra causa, se demanda un consumo mayor que el medio anual; el caudal máximo diario, es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir que representa el día de mayor consumo del año.

El caudal máximo diario se determina multiplicando el caudal medio diario y el factor de día máximo (fdm), que varía según las características de la población:

$$Q_{\text{max. Diario}} = \text{fdm} * Q_{\text{md}}$$

Donde:

$Q_{\text{max. diario}}$ = caudal máximo diario

fdm = factor de día máximo, oscila entre 1,2 y 1,8

Q_{md} = caudal medio diario

Para el pronóstico inicial o demanda de agua potable de la comunidad Puerta Parada, el caudal máximo diario se calculó con base en un caudal medio de 12.53 lt/s y un factor de día máximo de 1,5, dando como resultado un caudal máximo diario de 18,79 lt/s (ver anexo 5).

1.6.1.2. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario o caudal de distribución es el máximo caudal producido durante una hora en un periodo de observación de un año; este se calcula multiplicando el caudal medio por el factor de hora máxima.

El factor de hora máximo se encuentra entre 2 y 3. El factor a utilizar dependerá del tamaño de la población a servir:

$$Q_{\text{max. horario}} = \text{fhm} * Q_{\text{md}}$$

Donde:

$Q_{\text{max. horario}}$ = caudal máximo horario

f_{hm} = factor de hora máxima

Q_{md} = caudal medio diario

Al igual que para el cálculo del caudal máximo diario, el caudal máximo horario se calculó con base en caudal medio, utilizando un factor de hora máxima con un valor de 2, dando como resultado un caudal de 25,06 lt/s. (Ver anexo 5)

1.6.2. Instrumentos de medición de caudal en tuberías cerradas y a presión

Existe una variedad de medidores que tienen su aplicación en los sistemas de agua potable y alcantarillado, y sus diseños se basan en las presiones de operación y calidad del agua que se pretende cuantificar. Entre ellos se puede mencionar:

- Medidores de velocidad: se utilizan tanto para macromedición como para micromedición. Como elemento de medición, este utiliza una turbina o hélice que trabaja a presión en donde el flujo del agua corre en una dirección axial a ellas. La medición se logra con base en la proporcionalidad existente entre el número de revoluciones de la turbina o hélice y la velocidad del agua que corre por la tubería; la velocidad de giro de la turbina o hélice es transmitida a un sistema de relojería o de pulsos eléctricos que la transforman directamente en información equivalente a volúmenes o registros gráficos. Entre los medidores se puede encontrar:

medidor de tipo Woltmann, medidores de hélice o propela, de tipo turbina y tipo micromolinete.

- Medidores de presión diferencial: otra forma de medir flujos en conductos cerrados a presión es por medio de elementos que producen pérdida de presión durante el proceso. Los medidores de presión diferencial, son utilizados específicamente en la macromedición. A estos medidores se les llaman deprimógenos, porque en la sección de medición contraen la vena líquida. Consisten básicamente de una reducción gradual o brusca de la sección donde transita el flujo, ocasionando un aumento de velocidad y una pérdida de presión. Las pérdidas de presión en la sección de medición, se expresan en m.c.a. (metros columna de agua) y se registran con manómetros diferenciales o registradores de presión. Entre los medidores de presión diferencial se pueden mencionar:
 - Medidores de tipo Venturi
 - Medidor de tipo Dall (Venturi modificado)
 - Medidor de tipo tobera
 - Tipo placa de orificio
 - Medidor de tipo tubo de Pitot Simplex y de Pitot Cole
 - Medidor de tipo tubo de Pitot modificado Annubar

- Medidor ultrasónico: el principio de funcionamiento de este medidor tiene su origen en las aplicaciones de la acústica, y de estas específicamente la relacionada con el sonar; de acuerdo con esto, el funcionamiento de un medidor ultrasónico se basa en lo siguiente: una señal sónica es transmitida diagonalmente a través del tubo por donde circula el agua; la velocidad que lleva el agua afecta el tiempo que la señal emplea para viajar del transmisor al receptor. Para uso en sistemas de agua potable,

alcantarillado y saneamiento, los medidores ultrasónicos más usados son los conocidos como tiempo en tránsito (*time of flight*) y el denominado de efecto Doppler. La diferencia entre ambos medidores estriba en lo siguiente: en el medidor "tiempo en tránsito" la señal acústica va del emisor al receptor; y en el de efecto Doppler, la señal es reflejada por el material que lleva el agua en suspensión.

Por lo anterior, el medidor ultrasónico "tiempo en tránsito" es únicamente utilizable en macromedición y específicamente en aguas limpias que no contengan sólidos en suspensión. En cambio el de efecto Doppler, aunque también es utilizado solamente en macromedición, solo puede usarse en aguas que contengan sólidos en suspensión. El uso de este equipo es recomendable para todo tipo de tubería y en diámetros de 2" a 72". Sin embargo, es necesario realizar verificaciones periódicas de su exactitud y del análisis fisicoquímico del agua, para garantizar su confiabilidad

1.6.3. Macromedición

Es el conjunto de elementos y actividades permanentes destinadas a la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de los datos operacionales relativos a los flujos y volúmenes totales, presiones y niveles en sistemas de abastecimiento de agua potable.

Para esta actividad se utilizan los medidores de velocidad, medidores de presión diferencial y los medidores ultrasónicos, los cuales se encargan de proporcionar la información necesaria para la lectura del consumo de agua.

1.6.4. Micromedición

Se le llama así al conjunto de actividades que permiten conocer los volúmenes de agua que una determinada población consume, pudiendo obtenerse estos datos de consumo en las distintas categorías: comercial, residencial, agrícola e industrial. Esta actividad también está basada mediante acciones de soporte como: supervisión, mantenimiento de medidores, verificación de medidores (laboratorio), etc.

Los tipos de medidores utilizados en la micromedición son los llamados medidores de velocidad, o más comúnmente contadores.

La micromedición cuenta con medidores para determinar los consumos de los usuarios, para lo cual se obtiene una racionalización en el uso del agua, conduciendo a beneficios técnicos, sociales, financieros y económicos.

1.6.5. Criterios generales para la localización de estaciones de medición

Se ha querido incluir unos breves comentarios sobre los problemas que causa la ubicación actual de los medidores, específicamente los instalados sobre la acera o andén.

En la red de distribución de la aldea Puerta Parada no todos los contadores o medidores están instalados dentro de los límites de la vivienda, sino que, algunos fueron colocados sobre la banqueta, lo cual los expone a una probabilidad mayor de riesgos, pero resulta en ventaja para ciertas actividades de inspección.

Desde el punto de vista de los encargados de la toma de lecturas, la instalación de los medidores fuera del domicilio trae más ventajas, ya que este se encuentra al alcance para efectuar lecturas, inspección, retiro o cambio, sin necesidad de entrar a la vivienda, lo que facilita el trabajo y evita la conexión de instalaciones clandestinas antes del medidor.

En general se plantea, sin embargo, que esto tiene sus desventajas, pues el medidor está sujeto a daños por agentes externos como el clima, inundación e inclusive robo. Es importante enfatizar en los cuidados que deben tenerse cuando se instalan los medidores por encima de la superficie, ya que estos han sido contruidos para trabajar en posición horizontal sin inclinación ni a la izquierda, ni a la derecha. Existen varias investigaciones en las que se ha demostrado que la precisión disminuye cuando no se observan estos cuidados.

La instalación de medidores domiciliarios de agua, es una forma de hacer que la población haga uso racional del servicio, ya que su implementación permite establecer tarifas de cobro con base en su consumo. No basta con instalar medidores, sino que se debe establecer una verdadera política de mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de que se garanticen las inversiones.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

2.1. Guías actuales de diseño

La Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR) ha elaborado las guías de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales; para ello ha tomado en cuenta normas y guías de diseño existentes de otros países y la experiencia de profesionales guatemaltecos en el área de sistemas de abastecimiento y saneamiento.

Es indudable que dichas guías, en su concepción, no obedecen a datos con un sustento basado en resultados de investigaciones básicas y aplicadas, afirmando que los parámetros establecidos en la guía fijan valores de dotaciones *per cápita*, variaciones horarias y diarias de consumo, además de volúmenes de regulación, que no reflejan en forma real y objetiva los usos y costumbres de las comunidades rurales.

Actualmente, se ha implementado el uso de la *Guía para el diseño para abastecimiento de agua potable a zonas rurales* en algunas instituciones tales como: Fondo de Inversión Social (FIS), Fondo Nacional para la Paz (FONAPAZ), Fondo de Tierras y la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), en la aplicación de los criterios o parámetros de diseño para las formulaciones de las construcciones de los sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales a nivel nacional. Desde la última fecha de presentación, la guía tiene 17 años de haberse creado y no cuenta con un soporte de investigación de campo, que fundamente los criterios más importantes utilizados.

Consciente de estos valores o parámetros de diseño que están sobredimensionados por ausencia de guías con datos reales para los estudios de los proyectos, se ha determinado que hacen encarecer los costos de los sistemas de abastecimiento de agua potable en las comunidades rurales.

El sobredimensionamiento de los sistemas construidos de abastecimiento de agua potable que se han aplicado en la utilización de los parámetros de diseño, con y sin uso de normas o guías, conllevan a, ya sea una deficiencia en el servicio, o bien a una sobreestimación de dicho sistema. Por tal razón se realizó el estudio en la aldea Puerta Parada, con el fin de determinar parámetros de diseño concordantes con la realidad rural, lo que permitirá optimizar las inversiones y minimizar la capacidad ociosa de los elementos del sistema.

2.2. Macro y micromedidores instalados en el sistema de agua potable

Todo el sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea Puerta Parada cuenta con conexiones domiciliarias en cada vivienda (micromedidores); esto facilita la lectura del consumo por parte de los habitantes de dicha comunidad. No obstante, se presenta la dificultad o imposibilidad de obtener una macromedición, o sea, la lectura total de agua que sale del tanque de abastecimiento, la cual es de suma importancia porque es distribuida a toda la comunidad, por no contar con un medidor total que brinde dicha información.

La inexistencia de este medidor hace imposible obtener una evaluación comparativa respecto del consumo a nivel micromedición, ya que prácticamente, teniendo el dato de consumo por cada vivienda y al mismo tiempo el consumo total por medio de dicho medidor, se sabría si se producen pérdidas o fugas en algún punto de la red de distribución.

No obstante, ante dicha imposibilidad de colocar un medidor total para macromedición, se realizó una actividad de aforo en la entrada de las unidades de filtración. Esto permitió obtener valores inexactos de medidas, siendo la única forma de realizar la comparación con los valores de la micromedición.

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Etapa 1

En esta primera etapa, se procedió por medio de inducciones por parte de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a realizar métodos para la recolección, verificación y tabulación de los datos de consumo de agua potable, tanto de micromedición como de macromedición, con el fin de hacer más eficientes y confiables los resultados de los parámetros que, como finalidad, tiene la investigación.

También se realizó la búsqueda de información bibliográfica, libros, normas y manuales con temas relacionados a dicha investigación, para construir el marco conceptual.

La mayor información se obtuvo en primer lugar, de los planos de diseño, tanto iniciales como finales, así como la información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula. Además, se tuvo el conocimiento acerca de los parámetros de diseño, los cuales utilizaron para llevar a cabo la ejecución del proyecto de abastecimiento de agua potable (ver anexo 5).

3.2. Etapa 2

Se llevó a cabo el estudio del sistema actual de la aldea Puerta Parada, del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala. El estudio se enfocó a 30 viviendas de esta comunidad.

El estudio se realizó con una inspección inicial a todo el sistema de abastecimiento de agua potable conforme a los planos iniciales de diseño proporcionados por el Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural; de la misma manera se proporcionaron los planos finales de la construcción del sistema, determinando que su funcionamiento está en actividad constante las 24 horas del día, abasteciendo a toda la aldea desde el 2000 hasta la fecha.

Las siguientes imágenes muestran el estado de la aldea Puerta Parada, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Figura 2. Calle de la aldea Puerta Parada



Fuente: aldea Puerta Parada.

Figura 3. **Viviendas habitadas de la aldea Puerta Parada**



Fuente: calle en la aldea Puerta Parada.

Figura 4. **Panorama de la aldea Puerta Parada**



Fuente: Google Earth, vista de la aldea Puerta Parada.

Por parte de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula se instalaron las conexiones domiciliarias en la aldea; se colocaron medidores volumétricos, obteniendo registros de las horas de consumo que pueden presentarse en un día.

Esta micromedición se realizó en intervalos de dos horas, iniciándose a las 6 de la mañana y concluyéndose a las 8 de la noche, específicamente a 30 casas de la aldea Puerta Parada del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, considerando que este es el periodo de tiempo en el que usualmente se presentan los consumos domiciliarios en esta área de investigación. En la siguiente imagen se muestra la actividad de muestreo.

Figura 5. Lectura de contadores



Fuente: contadores instalados en la aldea Puerta Parada.

Los datos obtenidos se registraron en una ficha específica. Esto facilitó la recopilación de la información necesaria, en la cual se anotaron las lecturas procedentes de los contadores respecto del consumo de cada vivienda en estudio. La tabla siguiente muestra un ejemplo de la información de una semana ya tabulada de una casa en estudio.

Tabla I. **Anotaciones de consumo en m³**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL UNIDAD DE INVESTIGACIÓN ANOTACIONES DE CONSUMO	
COMUNIDAD	<u>PUERTA PARADA</u>
MUNICIPIO	<u>SANTA CATARINA PINULA</u>
DEPARTAMENTO	<u>GUATEMALA</u>

Semana del: 1al 7 de abril de 2014

HORA	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN
06:00	1 009,1569	1 009,8648	1 010,3265	1 010,7023	1 011,0565	1 011,5268	1 011,9985
08:00	1 009,2458	1 009,9638	1 010,4215	1 010,7126	1 011,0659	1 011,6325	1 012,0564
10:00	1 009,3564	1 009,9896	1 010,5324	1 010,7369	1 011,1263	1 011,7899	1 012,1548
12:00	1 009,3698	1 009,9936	1 010,6363	1 010,7985	1 011,2988	1 011,8564	1 012,2487
14:00	1 009,4516	1 010,0256	1 010,6489	1 010,8026	1 011,2988	1 011,8987	1 012,3269
16:00	1 009,5643	1 010,1487	1 010,6598	1 010,9654	1 011,3648	1 011,9056	1 012,3458
18:00	1 009,6233	1 010,2364	1 010,6699	1 010,9866	1 011,3879	1 011,9236	1 012,3689
20:00	1 009,7586	1 010,2489	1 010,6986	1 010,9987	1 011,4026	1 011,9876	1 012,3987

Fuente: elaboración propia.

3.3. Etapa 3

Después de haber recopilado los datos se procedió al desarrollo de cuadros analíticos para la tabulación de la información obtenida en campo, realizando de esta manera el cálculo de los consumos en m^3 , registrados por cada uno de los contadores instalados en cada vivienda de la comunidad. El cálculo del consumo se obtiene restando a cada una de las lecturas, la inmediata superior. La siguiente tabla da un ejemplo de los consumos obtenidos de los datos correspondientes a una semana de una casa en estudio.

Tabla II. **Cálculo de consumos en m^3**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL UNIDAD DE INVESTIGACIÓN CÁLCULO DE CONSUMO EN METROS CÚBICOS	
--	--

COMUNIDAD	<u>PUERTA PARADA</u>
MUNICIPIO	<u>SANTA CATARINA PINULA</u>
DEPARTAMENTO	<u>GUATEMALA</u>

Semana del: 1 al 7 de abril de 2014

HORA	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN
6:00		0,0000	0,3146	0,3169	0,3146	0,3159	0,3158
8:00		0,0935	0,0590	0,0310	0,0891	0,0587	0,0585
10:00		0,0305	0,0702	0,0963	0,0409	0,0742	0,0696
12:00		0,0654	0,0651	0,0649	0,0643	0,0607	0,0654
14:00		0,0646	0,0652	0,0653	0,0750	0,0650	0,0647
16:00		0,0651	0,0646	0,0665	0,0560	0,0647	0,0652
18:00		0,0650	0,0651	0,0635	0,0643	0,0648	0,0648
20:00		0,0653	0,0650	0,0646	0,0649	0,0651	0,0649

Fuente: elaboración propia.

Habiendo tabulado los datos correspondientes a cada una de las 30 viviendas y obtenido el consumo en metros cúbicos, se obtienen los cálculos siguientes:

- Consumo promedio mensual: se inicia el proceso de evaluación mediante el cálculo del valor de consumo promedio mensual (Q_p mensual) para lograr obtener resultados finales de los promedios de cada mes. Para poder determinar este parámetro, se debe obtener la sumatoria del consumo total de un mes de investigación (ver apéndice consumo total de micromedición).

Entonces:

$$Q_{p\text{mensual}} = \frac{\sum \text{Consumo total en el periodo de investigación}}{\text{Número total de días}}$$

Donde:

$Q_{p\text{mensual}}$: caudal promedio registrado en un mes en $\text{m}^3/\text{día}$

- Coeficiente de variación diaria: se calculó el valor del coeficiente de variación diaria (K_1) de todos los días típicos de un mes de investigación, en función del consumo promedio mensual.

$$K_1 = \frac{\text{Consumo total del día}}{\text{Consumo promedio mensual}}$$

Se procedió a ordenar en forma ascendente los valores obtenidos de K_1 de todos los días del mes en estudio, determinándose sus frecuencias, con la finalidad de obtener su probabilidad de ocurrencia.

Reajustando todos los valores obtenidos a una distribución normal y considerando una probabilidad de ocurrencia de un 95 % de confiabilidad se obtuvo que:

$$Z = \frac{K_1 - \bar{K}_2}{\sigma}$$

Donde:

Z = valor obtenido mediante niveles de confianza

\bar{K}_1 = coeficiente promedio de variación diaria

σ = desviación estándar

Para una 95 % de confiabilidad el valor de $Z = 1,65$, entonces:

$$1,65 = \frac{K_1 - \bar{K}_1}{\sigma}$$

- Coeficiente de variación horaria: se calculó el valor del coeficiente de variación horaria (K_2) de todos los días típicos de un mes de investigación, en función del consumo promedio del día

$$K_2 = \frac{\text{Consumo en la hora máximo consumo}}{\text{Consumo promedio del día}}$$

Se procedió a ordenar en forma creciente todos los valores obtenidos de K_2 , determinándose sus frecuencias finales en función de la probabilidad de ocurrencia real. Reajustando los valores obtenidos a una distribución normal y considerando una probabilidad de 95 % de confiabilidad, se obtuvo que:

$$Z = \frac{K_2 - \bar{K}_2}{\sigma}$$

Donde:

\bar{K}_2 = coeficiente promedio de variación horaria

σ = desviación estándar

Para un 95 % de confiabilidad, el valor de $z = 1,65$; entonces:

$$1,65 = \frac{K_2 - \bar{K}_2}{\sigma}$$

- Porcentaje de volumen de regulación: de los cuadros diarios se tomaron los porcentajes de volúmenes de regulación (% V_r) de los días típicos de los meses en estudio. Ordenando los valores obtenidos en forma creciente, se determinaron sus frecuencias; reajustando estos valores a una distribución normal y considerando una probabilidad de un 95 % se obtuvo:

$$Z = \frac{\%V_r - \overline{\%V_r}}{\sigma}$$

Donde:

$\%V_r$ = porcentaje de volumen de regulación

$\overline{\%V_r}$ = porcentaje promedio de volumen de regulación

Σ = desviación estándar

Para un 95 % de confiabilidad el valor de $Z = 1,65$, entonces:

$$1,65 = \frac{\%V_r - \overline{\%V_r}}{\sigma}$$

- Porcentaje de pérdidas: para la determinación del porcentaje de pérdidas de los meses del año en estudio, fue necesario insertar el componente de micromedición en las conexiones domiciliarias, del cual se logró obtener valores de volúmenes totales de agua contabilizada para cada uno de los meses en estudio (ver apéndices).

Obtenidos los volúmenes totales se procedió a determinar el volumen de agua no contabilizada de la forma siguiente:

$$\text{Vol. agua no contabilizada} = \text{Vol. producido} - \text{Vol. contabilizado}$$

Donde el porcentaje de pérdidas será:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{\text{Vol. de agua contabilizada}}{\text{Vol. de agua producida}} \times 100$$

- Dotaciones
 - Dotación de producción *per cápita*

Teniendo el valor del consumo promedio de agua producida en los meses de investigación y la población servida, se tiene que:

$$\text{Dot. Producción} = \frac{Q_{\text{producido}} \times 1000}{\text{Pob. Servida}}$$

$$Q_{\text{producido}} = \frac{\text{Vol. Promedio de agua producido por mes}}{\text{No. de días por mes}}$$

Dotación de consumo *per cápita*: teniendo el valor del consumo promedio de agua contabilizada durante el periodo de investigación y la población servida, se tiene que:

$$\text{Dot. consumo} = \frac{Q_{\text{Contabilizado}} \times 1000}{\text{Pob. Servida}}$$

Luego,

$$Q_{\text{contabilizado}} = \frac{\text{Vol. Promedio de agua contabilizada por mes}}{\text{No. de días por mes}}$$

3.4. Etapa 4

En la cuarta etapa se plantean los resultados obtenidos. Con la aplicación de técnicas de estadística descriptiva y depuración de la información de campo, se obtuvieron indicadores de los parámetros de diseño y para su ordenamiento se elaboraron cuadros de consumos diarios y mensuales, calculando los consumos totales, consumo promedio, coeficiente de variación horaria y diaria y volúmenes de regulación.

Luego se obtuvieron los parámetros mencionados anteriormente y se aplicó un modelo de regresión lineal, con el fin de obtener resultados promediales anuales.

Con la finalidad de obtener conclusiones valederas se utilizó el análisis de probabilidades, dando un adecuado grado de credibilidad de los resultados, pues al obtener parámetros confiables se permite reformular todos los parámetros que estén plasmados en la guía existente de diseño para los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.

4. RESULTADOS

4.1. Macromedición

Para poder llegar a los resultados obtenidos respecto de la macromedición fue necesario realizar un cuadro de consumo total, sumando los datos obtenidos de los aforos realizados a la entrada del tanque de purificación, la cual indica el comportamiento del uso del agua de la aldea en estudio, durante el periodo de investigación y el promedio de consumo en m^3/h . En el apéndice 3 se muestran las tablas de consumos diarios de macromedición.

4.2. Micromedición

Los consumos registrados por cada vivienda fueron tomados desde sus respectivos contadores o medidores, dando la información necesaria para poder elaborar las curvas de variaciones, horarias y diarias y todos los cálculos correspondientes, según la etapa número tres.

Tabulando los datos de las horas y días establecidos como se muestra en la tabla IV, se determinó y sumó el consumo en m^3 de cada uno de los días del periodo de investigación. (Ver apéndice 4).

Tabla III. **Consumo de cada uno de los días de la primera semana de abril**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CÁLCULO DE CONSUMO EN METROS CÚBICOS

COMUNIDAD PUERTA PARADA
MUNICIPIO SANTA CATARINA PINULA
DEPARTAMENTO GUATEMALA

Semana del: 1 al 7 de abril de 2014

HORA	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN
6:00		0,0000	3,6506	3,6552	3,6063	3,6561	3,7117
8:00		2,1654	2,1011	1,9990	2,0149	2,0585	1,9873
10:00		2,3513	1,6681	1,7241	1,8062	1,8650	1,8238
12:00		1,7771	1,7701	1,7690	1,7590	1,6587	1,8170
14:00		1,8254	1,8454	1,8533	2,1523	1,8600	1,8683
16:00		1,9371	1,9241	1,9860	1,6790	1,9477	1,9800
18:00		1,7589	1,7639	1,7208	1,7528	1,7755	1,7928
20:00		1,8931	1,9661	1,9290	1,9361	2,0098	2,0211
Suma		13,7083	16,6894	16,6365	16,7066	16,8313	17,0020
Prom. m ³ /h		0,9792	1,1921	1,1883	1,1933	1,2022	1,2144

Fuente: elaboración propia.

4.3. Estado actual de las unidades del sistema

El circuito de distribución de agua potable de la aldea Puerta Parada se encuentra en muy buenas condiciones. Considerando que dicho proyecto fue inaugurado hace más de trece años.

Los medidores instalados actualmente están realizando su función satisfactoriamente, brindando datos del consumo de cada vivienda; sin embargo, no se utilizan para llevar un control de dicho consumo, ni para efectuar ningún tipo de cobro por el servicio.

Hasta ahora, todas las unidades del sistema tales como: línea de conducción, línea y red de distribución, equipo de bombeo, filtros de potabilización y tanques de almacenamiento, no han mostrado mal funcionamiento; sin embargo, no se puede descartar ciertos inconvenientes menores que han surgido dentro del mismo, por riesgos externos al sistema. Estos pueden ser causados por vandalismo y/o por eventos naturales tales como sismos y otros. Por ejemplo, la avería de una tubería o la rotura de una caja de registros.

Esto último no significa que los parámetros utilizados en el diseño, sean en su totalidad culpables, tampoco se puede afirmar que fueron erróneamente elegidos. Las siguientes figuras muestran un panorama del estado actual de las unidades del sistema de agua potable de la aldea Puerta Parada, la cual es beneficiada por este servicio.

Figura 6. **Tanque de almacenamiento**



Fuente: área de instalación tanque, aldea Puerta Parada.

Figura 7. **Filtro para potabilización**



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Purificaci%C3%B3n_de_agua_potable#mediaviewer/File:Filtro_pulidor.jpg. Consulta: enero de 2014.

Figura 8. Caseta de cloración



Fuente: instalaciones de caseta de cloración aldea Puerta Parada.

Figura 9. Línea de distribución, tubería de 4" de diámetro



Fuente: trabajos en línea de distribución aldea Puerta Parada.

Figura 10. **Micromedidor (contador)**



Fuente: contador instalado en aldea Puerta Parada.

Figura 11. **Caseta control de mando de bombeo**



Fuente: instalaciones de caseta de control, aldea Puerta Parada.

5. ANÁLISIS Y CÁLCULOS

A continuación se describe el análisis de los datos de consumo de la aldea Puerta Parada, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

- Cálculo del consumo promedio mensual: se calcula el consumo total durante el periodo de investigación (3 meses). Ver apéndice 4.

$$Q_{\text{pmensual}} = \frac{\sum \text{consumo total en el periodo de investigación}}{\text{No. total de días}}$$

$$Q_{\text{pmensual}} = \frac{4961,0513 \text{ m}^3}{92 \text{ días}}$$

$$Q_{\text{pmensual}} = 53,9245 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Coeficiente de variación diaria K_1 : se calcula para cada día del periodo de investigación con la siguiente fórmula:

$$K_1 = \frac{\text{Consumo total del día}}{\text{Consumo promedio mensual}}$$

La siguiente tabla muestra el coeficiente de variación diaria (K_1) de cada día del periodo de investigación; los datos se ordenaron en forma ascendente sin importar la fecha de los días.

Tabla IV. **Coefficiente de variación diaria (K_1) para cada día**

K_1									
0,2864	0,3290	0,5117	0,5281	0,5362	0,5618	0,5723	0,5828	0,5974	0,6842
0,2864	0,3954	0,5129	0,5289	0,5371	0,5623	0,5733	0,5847	0,5980	0,6964
0,2864	0,4235	0,5133	0,5293	0,5382	0,5624	0,5753	0,5875	0,5983	0,7028
0,2864	0,4250	0,5134	0,5302	0,5472	0,5666	0,5758	0,5878	0,5987	0,7037
0,2864	0,4411	0,5137	0,5305	0,5580	0,5677	0,5764	0,5888	0,6001	0,7044
0,2864	0,4662	0,5151	0,5330	0,5596	0,5685	0,5811	0,5899	0,6004	0,7055
0,2864	0,4705	0,5274	0,5332	0,5600	0,5702	0,5820	0,5904	0,6019	0,7077
0,3147	0,4768	0,5278	0,5353	0,5603	0,5706	0,5821	0,5923	0,6156	0,7099
0,3207	0,5056	0,5278	0,5357	0,5613	0,5720	0,5822	0,5934	0,6250	0,7148
								0,7320	0,8101

Fuente: elaboración propia, con base en los datos obtenidos en campo.

La figura 12 representa la distribución normal de los coeficientes de variación diaria K_1 de todos los días de investigación, de donde se obtuvo una desviación estándar con un valor de 0,11.

$$\bar{K}_1 = 0,54$$

$\sigma = 0,11$ calculado en una hoja de cálculo con base en los datos de la tabla V

Para un 95 % de confiabilidad, el valor de Z es de 1,65:

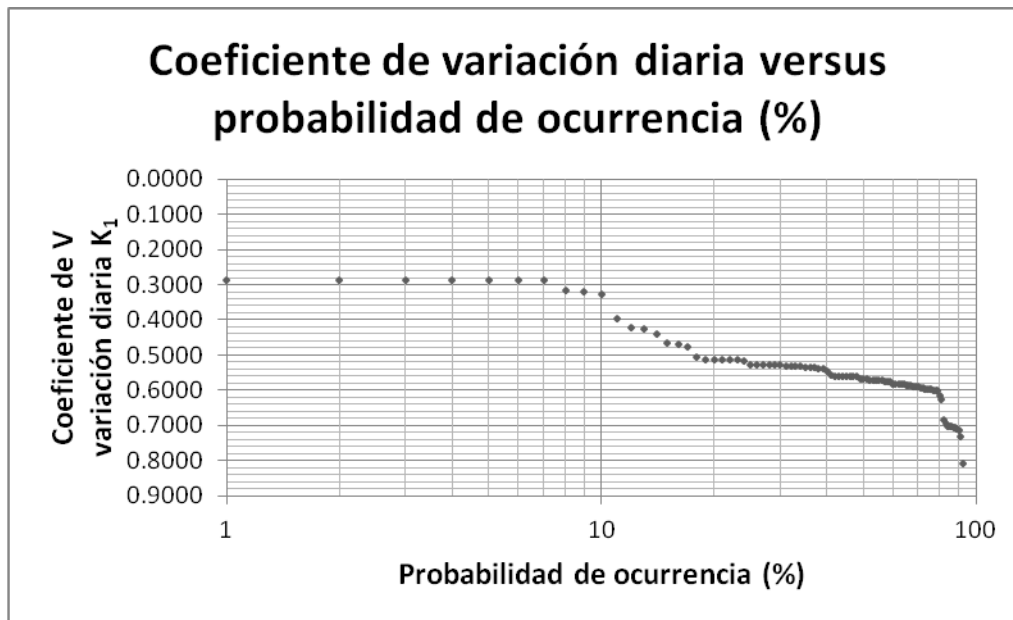
$$Z = \frac{K_1 - \bar{K}_1}{\sigma}$$

$$1,65 = \frac{K_1 - 0,54}{0,11}$$

$$K_1 = 1,65(0,11) + 0,54$$

$$K_1 = 0,72 \cong 0,75$$

Figura 12. **Coefficiente de variación diaria versus probabilidad de ocurrencia**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

- Coeficiente de variación horaria K_2 ; se calcula para cada día del periodo de investigación con la siguiente fórmula:

$$K_2 = \frac{\text{Consumo en la hora de máximo consumo del día}}{\text{Consumo promedio del día}}$$

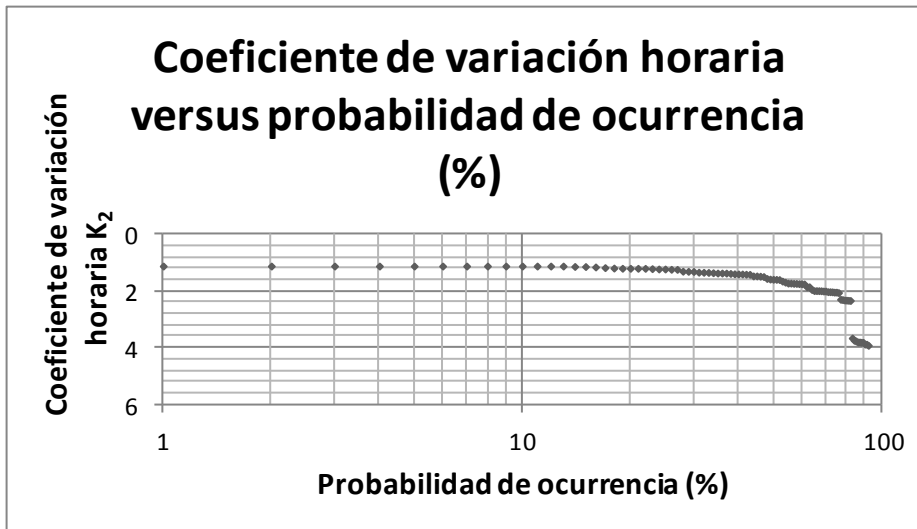
La siguiente tabla muestra los coeficientes de variación horaria (K_2) de cada día del periodo de investigación, los cuales se ordenaron en forma ascendente sin importar la fecha de los días.

Tabla V. **Coefficientes de variación horaria (K_2) para cada día**

K_2									
1,1256	1,1256	1,2038	1,3069	1,3732	1,4834	1,7269	1,9524	2,0344	2,3393
1,1256	1,1256	1,2047	1,3118	1,3855	1,4966	1,7275	1,9908	2,0454	3,6629
1,1256	1,1256	1,2055	1,3169	1,3987	1,5631	1,7355	1,9911	2,0454	3,7418
1,1256	1,1256	1,2066	1,3418	1,4039	1,5847	1,7378	1,9929	2,0620	3,7670
1,1256	1,1395	1,2174	1,3453	1,4052	1,5923	1,7464	1,9965	2,2983	3,8016
1,1256	1,1426	1,2283	1,3505	1,4128	1,5951	1,7499	2,0057	2,3084	3,8024
1,1256	1,1576	1,2292	1,3601	1,4179	1,6025	1,7577	2,0081	2,3230	3,8111
1,1256	1,1806	1,2401	1,3718	1,4735	1,6558	1,8549	2,0286	2,3280	3,8156
1,1256	1,1961	1,2427	1,3722	1,4739	1,6942	1,8562	2,0299	2,3336	3,8768
								3,8797	3,9199

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos en campo.

Figura 13. **Coefficiente de variación horaria versus probabilidad de ocurrencia**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

La figura 13 representa la distribución normal de los coeficientes de variación horaria K_1 de todos los días de investigación, de donde se obtuvo una desviación estándar con un valor de 0,79.

$$\bar{K}_2 = 1,79$$

$\sigma = 0,79$ calculado en una hoja de cálculo con base en los datos de la tabla VI

Para un 95 % de confiabilidad, el valor de Z es de 1,65:

$$Z = \frac{K_2 - \bar{K}_2}{\sigma}$$

$$1,65 = \frac{K_2 - 1,79}{0,79}$$

$$K_2 = 1,65 (0,79) + 1,79$$

$$K_2 = 3,09$$

- Porcentaje de volumen de regulación: de los cuadros diarios de macromedición se tomaron los porcentajes de volúmenes de regulación (% Vr) de los días típicos de los meses en estudio. Los valores obtenidos se ordenaron en forma creciente sin importar la fecha de los días (ver tabla VII) y se determinaron sus frecuencias; reajustando estos valores a una distribución normal y considerando una probabilidad de un 95 % de confiabilidad, se obtuvieron los siguientes valores:

$$Z = 1,65$$

$\sigma = 0,32$ Calculado en una hoja de cálculo con base en los datos de la tabla VII.

$$\overline{\%V_r} = 1,09$$

Tabla VI. **Porcentajes de volumen de regulación para cada día de investigación**

%Vr									
0,00	0,87	1,06	1,09	1,11	1,16	1,18	1,21	1,23	1,45
0,00	0,87	1,06	1,09	1,13	1,17	1,18	1,21	1,23	1,45
0,00	0,91	1,06	1,09	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,45
0,00	0,95	1,06	1,10	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,45
0,00	0,96	1,08	1,10	1,15	1,17	1,20	1,21	1,24	1,46
0,59	0,97	1,09	1,10	1,15	1,17	1,20	1,22	1,27	1,46
0,65	0,98	1,09	1,10	1,15	1,18	1,20	1,22	1,29	1,47
0,66	1,04	1,09	1,10	1,16	1,18	1,20	1,23	1,41	1,51
0,68	1,05	1,09	1,10	1,16	1,18	1,20	1,23	1,43	1,67
0,81	1,05	Promedio = 1,09				$\sigma = 0,32$			

Fuente: elaboración propia, con base en datos obtenidos en campo.

Entonces:

$$1,65 = \frac{\%V_r - \overline{\%V_r}}{\sigma}$$

$$1,65 = \frac{\%V_r - 1,09}{0,32}$$

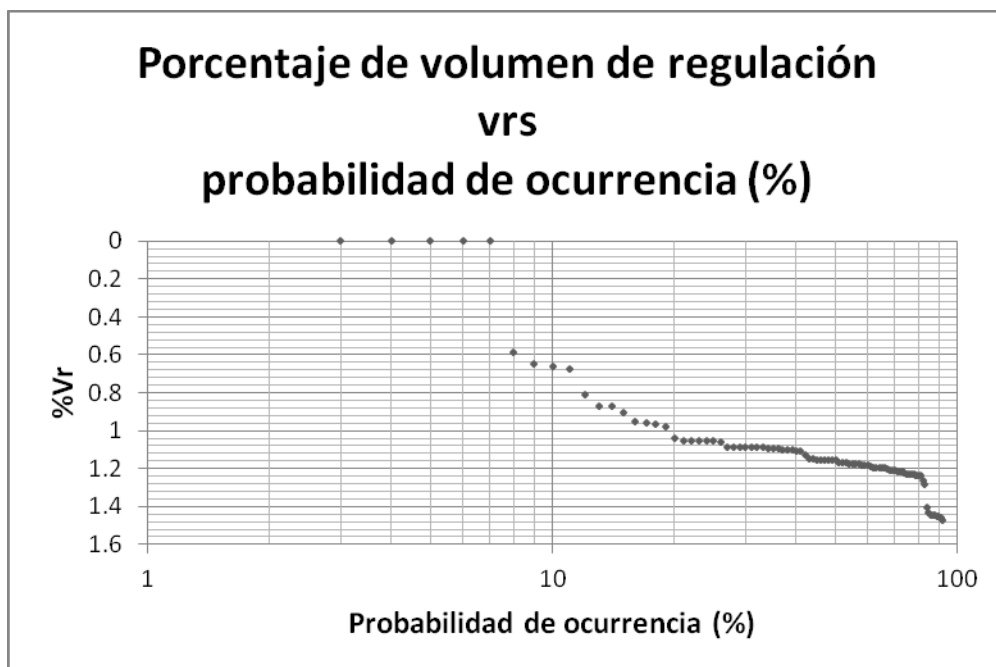
Despejando $\%V_r$ se tiene que:

$$\%V_r = 0,32(1,65) + 1,09$$

$$\%V_r = 1,62 \%$$

La siguiente figura representa la distribución normal de los porcentajes de volumen de regulación ($\%V_r$) de todos los días de investigación, de donde se obtuvo una desviación estándar con un valor de 0,32.

Figura 14. **Porcentaje de volumen de regulación versus probabilidad de ocurrencia**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

- Porcentaje de pérdidas: se procedió en primer lugar a calcular los volúmenes totales de cada mes de investigación. En el apéndice se muestran las tablas de consumos diarios de macromedición. Luego se calculó el volumen de agua no contabilizada de la siguiente forma:

$$\text{Vol. Agua no contabilizada} = \text{Vol. producido} - \text{Vol. contabilizado}$$

En la tabla VIII se especifica el volumen de agua producida, volumen de agua contabilizada y no contabilizada en los tres meses de investigación. Donde el porcentaje de pérdida es:

$$\% \text{ Pérdidas} = \frac{\text{Vol. de agua no contabilizada}}{\text{Vol. de agua producida}} \times 100$$

Tabla VII. **Resumen anual del porcentaje de pérdidas**

RESUMEN ANUAL DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS				
MESES (2014)	VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDA (m³)	VOLUMEN DE AGUA CONTABILIZADO (m³)	VOLUMEN DE AGUA NO CONTABILIZADO M3	PORCENTAJE DE PÉRDIDAS
ABRIL	934,85	462,34	472,51	50,54
MAYO	927,36	424,89	502,47	54,18
JUNIO	948,67	557,36	391,31	41,25
SUMA	2810,88	1444,59	1366,29	
PROMEDIO MENSUAL	936,96	481,53		48,66

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, se puede decir que el porcentaje de pérdidas promedio es de 48,66 %.

Dotación de producción *per cápita*: el valor del consumo promedio de agua producida en la aldea Puerta Parada durante los meses de recolección de datos, fue de 936,96 m³ y la población servida fue de 120 habitantes.

Por lo tanto se tiene que:

$$Q_{\text{producido}} = \frac{\text{Vol. Promedio de agua producido por mes}}{\text{No. de días por mes}}$$

$$Q_{\text{producido}} = \frac{936,96 \text{ m}^3}{30 \text{ días}}$$

$$Q_{\text{producido}} = 31,23 \text{ m}^3/\text{día}$$

Sabiendo que la población servida fue de 120 habitantes, se tiene que:

$$\text{Dot. Producción} = \frac{Q_{\text{producido}} \times 1\,000}{\text{Pob. Servida}}$$

$$\text{Dot. Producción} = \frac{31,23 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 1\,000}{120 \text{ hab.}}$$

$$\text{Dot. Producción} = 260,27 \text{ lt/hab/día}$$

Dotación de consumo *per cápita*: el valor del consumo promedio de agua contabilizada durante el periodo de investigación fue de 481,53 m³ y la población servida de las 30 viviendas, fue de 120 habitantes.

Por lo tanto se tiene que:

$$Q_{\text{contabilizado}} = \frac{\text{Vol. Promedio de agua contabilizada por mes}}{\text{No. de días por mes}}$$

$$Q_{\text{contabilizado}} = \frac{481,53 \text{ m}^3}{30 \text{ días}}$$

$$Q_{\text{contabilizado}} = 16,05 \text{ m}^3/\text{día}$$

Luego;

$$\text{Dot. Consumo} = \frac{Q_{\text{contabilizado}} \times 1\,000}{\text{Pob. Servida}}$$

$$\text{Dot. Consumo} = \frac{16,05 \text{ m}^3/\text{día} \times 1\,000}{120 \text{ hab.}}$$

$$\text{Dot. Consumo} = 133,76 \text{ lt/hab/día}$$

5.1. Cuadros analíticos

En los apéndices se muestran las anotaciones de las lecturas de los contadores en junio de 2014, de la casa 10 a la casa 14, de la aldea Puerta Parada. Solamente se presentan los cuadros de junio para ejemplificar lo que se realizó en todo el periodo de estudio para treinta casas.

5.2. Cuadros de consumo

En los apéndices se presentan los cálculos de consumo de agua potable en m³ de junio de 2014, de la casa 10 a la casa 14, de la aldea Puerta Parada. Esto se realizó con base en los cuadros analíticos de las anotaciones de lectura de los contadores ya señalados. Solamente se presentan los cuadros de junio, para ejemplificar lo que se realizó durante todo el periodo de estudio para treinta casas.

A continuación se presentan los cuadros de los cálculos de consumos horarios y porcentajes de las demandas en cada uno de los días, semanas y meses del periodo investigado.

Tabla VIII. **Consumos, horarios y porcentajes en el día de máximo consumo**

Domingo 29 de junio de 2014		(Día de máximo consumo)	
HORA	Consumo en m ³	consumo m ³ /h	% de la demanda media
6:00	5,9888	2,9943	174,2
8:00	2,6179	1,3089	76,1
10:00	2,5407	1,2703	73,9
12:00	3,2034	1,6016	93,2
14:00	2,3309	1,1654	67,8
16:00	2,8586	1,4293	83,1
18:00	1,7609	0,8804	51,2
20:00	2,7644	1,3821	80,4
Demanda	24,0655		
Demanda prom. m ³ /h	1,7190		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Consumos, horarios y porcentajes en el día de mínimo consumo**

Martes 22 de abril de 2014		(Día de mínimo consumo)	
HORA	Consumo en m³	Consumo m³/h	% de la demanda
6:00	0,4417	0,2208	36,3
8:00	1,0158	0,5078	83,6
10:00	1,2252	0,6126	100,8
12:00	1,3901	0,6950	114,4
14:00	1,0059	0,5029	82,7
16:00	1,2809	0,6404	105,4
18:00	0,9856	0,4927	81,1
20:00	1,1641	0,5820	95,8
Demanda	8,5093		
Demanda prom. m ³ /h	0,6078		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Consumos, horarios y porcentajes en el día promedio**

Día promedio		Período de investigación	
HORA	Consumo en m³	Consumo m³/h	% de la demanda
6:00	1,8198	0,9099	147,3
8:00	1,0148	0,5074	82,2
10:00	0,9172	0,4586	74,3
12:00	1,1374	0,5687	92,1
14:00	0,8053	0,4026	65,2
16:00	1,1475	0,5737	92,9
18:00	0,7345	0,3673	59,5
20:00	1,0690	0,5345	86,6
Demanda	8,6455		
Demanda prom. m ³ /h	0,6175		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Consumos, promedios diarios en m³ de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,0709	0,7557	0,7382	0,7526	0,7432	0,7436	0,7496
8:00	0,2752	0,3674	0,3286	0,3094	0,3169	0,3061	0,2955
10:00	0,2596	0,3543	0,2578	0,2549	0,2688	0,2666	0,2716
12:00	0,3374	0,4137	0,3273	0,3108	0,3075	0,3087	0,3103
14:00	0,2286	0,3029	0,2522	0,2589	0,2734	0,2501	0,2385
16:00	0,3480	0,4293	0,3229	0,3269	0,3185	0,3162	0,3302
18:00	0,2073	0,2813	0,2347	0,2253	0,2337	0,2264	0,2279
20:00	0,3462	0,4291	0,3385	0,3345	0,3312	0,3308	0,3186
Suma	2,0732	3,3339	2,8001	2,7732	2,7932	2,7485	2,7422
Prom m ³ /h	0,1481	0,2381	0,2000	0,1981	0,1995	0,1963	0,1959

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Porcentajes de la demanda media diaria en los días de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	47,8912	317,3618	369,0795	379,9338	372,5033	378,7470	382,6934
8:00	185,8231	154,2868	164,2792	156,1717	158,8434	155,9380	150,8875
10:00	175,3341	148,7895	128,9209	128,6703	134,7359	135,7924	138,6639
12:00	227,8281	173,7238	163,6282	156,8937	154,1240	157,2240	158,3980
14:00	154,3505	127,2166	126,1020	130,7094	137,0444	127,4039	121,7483
16:00	234,9696	180,2885	161,4297	165,0080	159,6179	161,0500	168,5718
18:00	140,0105	118,1269	117,3303	113,7200	117,1485	115,3321	116,3708
20:00	233,7929	180,2060	169,2302	168,8932	165,9827	168,5125	162,6662

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Consumo promedio diario en m³ de mayo de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,8031	0,7927	0,0418	0,8089	0,4462	0,4497	0,4517
8:00	0,2978	0,3062	0,2725	0,2766	0,2333	0,2364	0,2872
10:00	0,2740	0,2709	0,2568	0,2580	0,2033	0,2014	0,2623
12:00	0,3433	0,3414	0,3377	0,3394	0,2797	0,2876	0,3359
14:00	0,2207	0,2268	0,2087	0,2080	0,1564	0,1513	0,2121
16:00	0,3492	0,3446	0,3300	0,3355	0,2748	0,2717	0,3321
18:00	0,2127	0,2183	0,2067	0,2051	0,1573	0,1565	0,2074
20:00	0,2889	0,2701	0,2824	0,2835	0,2281	0,2314	0,2853
Suma	2,7898	2,7711	1,9366	2,7150	1,9791	1,9860	2,3739
Prom m ³ /h	0,1993	0,1979	0,1383	0,1939	0,1414	0,1419	0,1696

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Porcentajes de la demanda media diaria en los días de mayo de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	403,0062	400,5009	30,2327	417,0908	315,6297	316,9849	266,3909
8:00	149,4620	154,7138	196,9944	142,6244	165,0296	166,6605	169,3707
10:00	137,5179	136,8675	185,6364	133,0481	143,8416	141,9901	154,7062
12:00	172,2898	172,4746	244,1601	175,0174	197,8518	202,7275	198,1012
14:00	110,7658	114,6001	150,8747	107,2788	110,6363	106,6867	125,0588
16:00	175,2449	174,1007	238,5628	172,9933	194,3749	191,5170	195,8366
18:00	106,7580	110,2723	149,4072	105,7398	111,2542	110,2900	122,2900
20:00	144,9555	136,4700	204,1317	146,2074	161,3819	163,1433	168,2456

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Consumo promedio diario en m³ de junio de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,6702	0,5514	0,5730	0,5674	0,6720	0,4718	0,5663
8:00	0,4840	0,3859	0,3584	0,4080	0,5019	0,3420	0,4800
10:00	0,4380	0,3189	0,3314	0,3434	0,4688	0,3628	0,4423
12:00	0,5273	0,4040	0,4094	0,4445	0,5682	0,4390	0,5511
14:00	0,3870	0,3184	0,2875	0,3108	0,4011	0,3117	0,3770
16:00	0,5385	0,3952	0,4253	0,4557	0,5728	0,4327	0,5374
18:00	0,3334	0,2586	0,2545	0,2702	0,3495	0,2706	0,3474
20:00	0,5134	0,4024	0,4042	0,4272	0,5028	0,4000	0,5034
Suma	3,8918	3,0347	3,0435	3,2273	4,0371	3,0307	3,8050
Prom m ³ /h	0,2780	0,2168	0,2174	0,2305	0,2884	0,2165	0,2718

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Porcentajes de la demanda media diaria en los días de junio de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	241,1030	254,3514	263,5626	246,1563	233,0313	217,9255	208,3706
8:00	174,0957	178,0066	164,8709	176,9992	174,0351	157,9855	176,6022
10:00	157,5497	147,0947	152,4266	148,9595	162,5694	167,5806	162,7549
12:00	189,6889	186,3881	188,3063	192,8118	197,0562	202,8008	202,7744
14:00	139,2038	146,8925	132,2269	134,8457	139,0914	144,0089	138,7160
16:00	193,7258	182,3032	195,6377	197,7023	198,6376	199,8969	197,7183
18:00	119,9321	119,3099	117,0473	117,2011	121,2020	125,0175	127,8388
20:00	184,7011	185,6536	185,9218	185,3241	174,3770	184,7843	185,2247

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Consumo promedio semanal en m³ de abril de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
6:00	18,2799	19,0121	22,7113	46,1998	3,0875
8:00	12,3263	15,7043	13,1780	7,7200	3,8500
10:00	11,2384	12,1347	11,1876	8,6418	3,2063
12:00	10,5510	15,1313	15,4662	9,7845	4,6402
14:00	11,4047	11,6112	10,7138	7,0356	2,5464
16:00	11,4542	17,1830	15,7270	8,7040	4,3356
18:00	10,5646	9,4341	9,2349	7,3177	2,7284
20:00	11,7553	17,6235	16,3519	8,1675	4,3971
Sumatoria	97,5743	117,8343	114,5707	103,5709	28,7914
Promedio m ³ /h	6,9696	8,4167	8,1836	7,3979	2,0565

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Porcentajes de la demanda media semanal de abril de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
6:00	262,2804	272,7871	325,8630	662,8774	44,2989
8:00	176,8582	225,3261	189,0781	110,7666	55,2402
10:00	161,2490	174,1091	160,5205	123,9927	46,0035
12:00	151,3856	217,1044	221,9092	140,3884	66,5772
14:00	163,6350	166,5978	153,7223	100,9477	36,5365
16:00	164,3453	246,5431	225,6524	124,8856	62,2070
18:00	151,5815	135,3610	132,5027	104,9941	39,1466
20:00	168,6651	252,8627	234,6178	117,1871	63,0900

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Consumo promedio semanal en m³ de mayo de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
6:00	24,2921	16,1437	25,2655	25,3569	8,4035
8:00	12,6444	13,3262	13,2076	6,6636	2,6260
10:00	10,7663	11,9468	11,6437	7,0877	2,9369
12:00	15,5068	16,0909	16,0022	6,7616	2,8419
14:00	8,3735	9,3190	9,0594	6,4668	2,6858
16:00	14,8668	15,5279	16,1161	7,1974	3,0223
18:00	8,5211	9,3092	8,7586	6,1431	2,5148
20:00	11,2221	12,4123	15,0060	6,2336	2,6232
Sumatoria	106,1931	104,0760	115,0591	71,9108	27,6545
Promedio m ³ /h	7,5852	7,4340	8,2185	5,1365	1,9753

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Porcentajes de la demanda media semanal de mayo de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
6:00	320,2556	212,8302	333,0887	334,2934	110,7871
8:00	166,6971	175,6863	174,1233	87,8501	34,6205
10:00	141,9378	157,5004	153,5046	93,4410	38,7193
12:00	204,4342	212,1345	210,9660	89,1421	37,4668
14:00	110,3926	122,8579	119,4346	85,2547	35,4087
16:00	195,9974	204,7131	212,4675	94,8867	39,8440
18:00	112,3387	122,7286	115,4686	80,9880	33,1545
20:00	147,9466	163,6380	197,8319	82,1815	34,5827

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Consumo promedio semanal en m³ de junio de 2014

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
6:00	12,7787	33,5778	21,4561	15,8250	11,4668
8:00	13,2882	12,9138	15,9745	18,1046	8,0827
10:00	12,4080	11,0066	13,7717	17,7861	7,5173
12:00	14,5050	13,6277	17,3212	22,5139	9,3379
14:00	11,0670	9,4774	12,1711	16,0626	6,5623
16:00	15,2440	14,7407	18,0601	20,7198	8,8781
18:00	10,4796	8,7542	10,8446	12,7609	5,4045
20:00	14,0631	13,8778	16,2510	20,3013	8,3743
Sumatoria	103,8336	117,9759	125,8502	144,0741	65,6239
Promedio m ³ /h	7,4167	8,4268	8,9893	10,2910	4,6874

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Porcentajes de la demanda media semanal de junio de 2014

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
6:00	172,2967	452,7325	289,2943	213,3699	154,6086
8:00	179,1668	174,1185	215,3865	244,1059	108,9798
10:00	167,2978	148,4028	185,6847	239,8124	101,3571
12:00	195,5726	183,7431	233,5435	303,5573	125,9033
14:00	149,2179	127,7846	164,1044	216,5737	88,4799
16:00	205,5362	198,7502	243,5057	279,3671	119,7044
18:00	141,2977	118,0334	146,2184	172,0563	72,8699
20:00	189,6143	187,1160	219,1141	273,7243	112,9111

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Consumo promedio durante abril de 2014**

HORA	Consumo m³	% Demanda media
06:00	48,3567	193,91223
08:00	46,9785	188,38532
10:00	49,4018	198,10314
12:00	50,0872	200,85156
14:00	45,7417	183,42573
16:00	42,4573	170,25531
18:00	37,9186	152,05498
20:00	28,1822	113,01172
Suma	349,1241	
Prom m ³ /h	24,9374	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Consumo promedio durante mayo de 2014**

HORA	Consumo m³	% Demanda media
06:00	33,9062	228,137116
08:00	24,6235	165,678933
10:00	29,3090	197,205054
12:00	30,1293	202,724204
14:00	28,1521	189,421028
16:00	25,5811	172,121653
18:00	21,2370	142,892777
20:00	15,1326	101,819235
Suma	208,0709	
Prom m ³ /h	14,8622	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Consumo promedio durante junio de 2014**

HORA	Consumo m ³	% Demanda media
06:00	39,4367	201,6264
08:00	32,1874	164,5634
10:00	37,0132	189,2359
12:00	40,1945	205,5008
14:00	37,2547	190,4709
16:00	30,4773	155,8201
18:00	28,1486	143,9141
20:00	29,1175	148,8681
Suma	273,8299	
Prom m ³ /h	19,5593	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Demanda diaria durante las semanas de abril de 2014**

DÍA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
VIERNES	0,0000	14,1656	13,9779	8,5093	13,1044
SÁBADO	13,7083	14,1656	17,5387	15,9559	15,6870
DOMINGO	16,6894	17,1066	17,4923	15,9137	
LUNES	16,6365	17,3126	16,7041	15,9029	
MARTES	16,7066	17,3696	17,0312	15,9296	
MIÉRCOLES	16,8313	17,4631	15,9883	15,6803	
JUEVES	17,0020	17,2941	15,8382	15,6791	
Sumatoria	97,5743	114,8773	114,5707	103,5709	28,7914
Promedio m³/día	16,2624	16,4110	16,3672	14,7958	14,3957

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de abril de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
SÁBADO	0,0000	86,3177	85,4016	57,5118	91,0300
DOMINGO	84,2947	86,3177	107,1571	107,8406	108,9700
LUNES	102,6260	104,2383	106,8737	107,5551	
MARTES	102,3007	105,4936	102,0583	107,4821	
MIÉRCOLES	102,7318	105,8410	104,0563	107,6625	
JUEVES	103,4986	106,4107	97,6850	105,9780	
VIERNES	104,5483	105,3810	96,7680	105,9700	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Demanda diaria durante las semanas de mayo de 2014**

DIA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
DOMINGO	11,7458	12,5802	12,6239	9,5275	9,7740
LUNES	15,7120	15,2504	16,6738	17,5246	17,8805
MARTES	15,7229	15,1998	16,5766	0,0000	
MIÉRCOLES	15,7597	15,2594	16,6457	0,0000	
JUEVES	15,7508	15,2483	16,6248	9,3493	
VIERNES	15,6686	15,2364	18,2873	17,7637	
SÁBADO	15,8333	15,3015	17,6270	17,7455	
Sumatoria	106,1931	104,0760	115,0591	71,9108	27,6545
Promedio m³/día	15,1704	14,8680	16,4370	10,2730	13,8272

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de mayo de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
SÁBADO	77,4258	84,6124	76,8019	92,7437	70,6868
DOMINGO	103,5698	102,5720	101,4406	170,5899	129,3132
LUNES	103,6416	102,2317	100,8492	0,0000	
MARTES	103,8842	102,6325	101,2696	0,0000	
MIÉRCOLES	103,8255	102,5579	101,1425	91,0087	
JUEVES	103,2837	102,4778	111,2569	172,9174	
VIERNES	104,3694	102,9157	107,2394	172,7403	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Demanda diaria durante las semanas de junio de 2014**

DIA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
SÁBADO	17,8264	16,8635	17,2937	20,9041	
DOMINGO	17,8264	16,8869	17,4515	20,8788	
LUNES	17,8357	16,9494	21,7442	20,9249	
MARTES	37,1670	16,9912	20,9592	21,0222	
MIÉRCOLES	0,0000	16,2550	13,8493	18,5671	24,0655
JUEVES	15,0186	17,0896	17,2902	20,6874	21,2342
VIERNES	17,7858	15,2364	17,2622	21,0898	20,3242
Sumatoria	123,4600	116,2720	125,8502	144,0741	65,6239
Promedio m³/día	17,6371	16,6103	17,9786	20,5820	21,8746

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Porcentajes de la demanda diaria durante las semanas de junio de 2014**

HORA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
SABADO	101,0732	101,5245	96,1902	101,5647	
DOMINGO	101,0732	101,6653	97,0679	101,4421	
LUNES	101,1259	102,0416	120,9450	101,6658	
MARTES	210,7316	102,2933	116,5786	102,1385	
MIÉRCOLES	0,0000	97,8608	77,0320	90,2103	110,0155
JUEVES	85,1531	102,8857	96,1711	100,5118	97,0722
VIERNES	100,8430	91,7288	96,0152	102,4669	92,9123

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Consumo promedio diario en m³ durante el periodo de investigación**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,0709	0,7557	0,7382	0,7526	0,7432	0,7436	0,7496
8:00	0,2752	0,3674	0,3286	0,3094	0,3169	0,3061	0,2955
10:00	0,2596	0,3543	0,2578	0,2549	0,2688	0,2666	0,2716
12:00	0,3374	0,4137	0,3273	0,3108	0,3075	0,3087	0,3103
14:00	0,2286	0,3029	0,2522	0,2589	0,2734	0,2501	0,2385
16:00	0,3480	0,4293	0,3229	0,3269	0,3185	0,3162	0,3302
18:00	0,2073	0,2813	0,2347	0,2253	0,2337	0,2264	0,2279
20:00	0,3462	0,4291	0,3385	0,3345	0,3312	0,3308	0,3186
Suma	2,0732	3,3339	2,8001	2,7732	2,7932	2,7485	2,7422
Prom m ³ /h	0,1481	0,2381	0,2000	0,1981	0,1995	0,1963	0,1959

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Porcentajes del promedio diario del periodo de investigación**

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
6:00	47,8912	317,3618	369,0795	379,9338	372,5033	378,7470	382,6934
8:00	185,8231	154,2868	164,2792	156,1717	158,8434	155,9380	150,8875
10:00	175,3341	148,7895	128,9209	128,6703	134,7359	135,7924	138,6639
12:00	227,8281	173,7238	163,6282	156,8937	154,1240	157,2240	158,3980
14:00	154,3505	127,2166	126,1020	130,7094	137,0444	127,4039	121,7483
16:00	234,9696	180,2885	161,4297	165,0080	159,6179	161,0500	168,5718
18:00	140,0105	118,1269	117,3303	113,7200	117,1485	115,3321	116,3708
20:00	233,7929	180,2060	169,2302	168,8932	165,9827	168,5125	162,6662

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Consumo promedio y porcentaje de la demanda media durante el periodo de investigación**

Hora	Consumo m ³	% Demanda media
6:00	0,6505	330,9
8:00	0,3142	159,8
10:00	0,2762	140,5
12:00	0,3308	168,3
14:00	0,2578	131,2
16:00	0,3417	173,8
18:00	0,2338	118,9
20:00	0,3470	176,5
Total m ³	2,7520	
Prom. m³/h	0,1966	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Cálculo de la demanda diaria promedio durante el periodo de investigación**

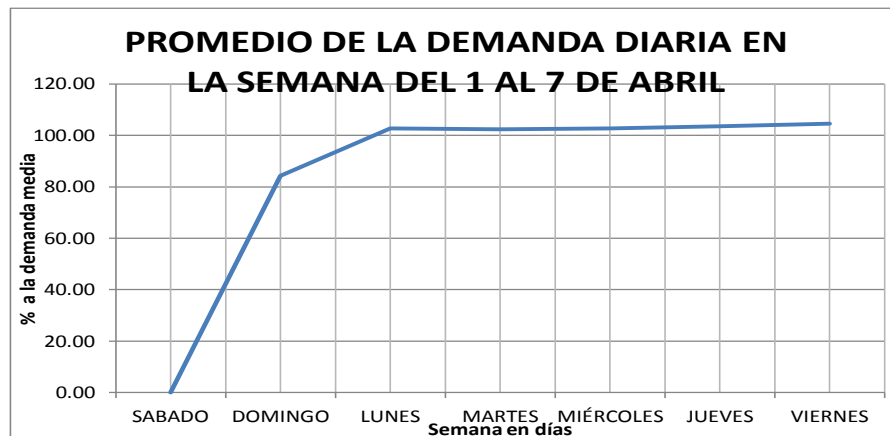
	LUN	MAR	MIÉR	JUEV	VIER	SÁB	DOM	DEMANDA PROMEDIO
m ³	227,0517	191,1034	186,3647	179,9736	210,1156	219,3535	186,7231	200,0980
% DE LA DEMANDA MEDIA	113,5	95,5	93,1	89,9	105,0	109,6	93,3	100,0

Fuente: elaboración propia.

5.3. Curvas de variación

Gráfica de la demanda promedio de los días lunes a domingo, en los meses de investigación. A continuación se presenta solamente la gráfica del promedio de los lunes de abril de 2014; las gráficas del resto de los días se presentan en los apéndices.

Figura 15. **Demanda promedio de los lunes de abril del 2014**

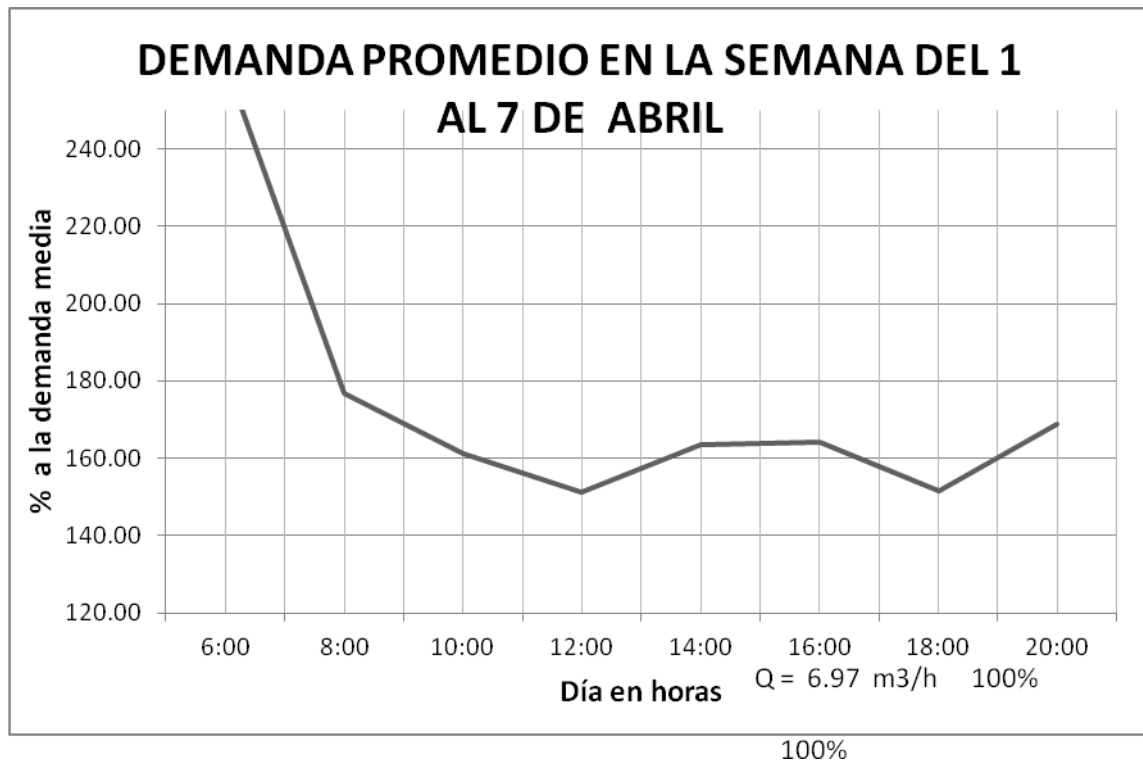


Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

Gráficas de la demanda promedio semanal durante los meses de investigación.

A continuación se presenta solamente la gráfica del promedio de la semana del 1 al 7 de abril de 2014; las gráficas del resto de las semanas se incluyen en los apéndices.

Figura 16. **Demanda promedio de la semana del 1 al 7 de abril de 2014**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

Gráfica de la demanda promedio de los días lunes a domingo, durante el período de investigación.

A continuación se presenta solamente la gráfica del promedio de los días lunes del periodo de investigación. Las gráficas del resto de los días de la semana se incluyen en los apéndices.

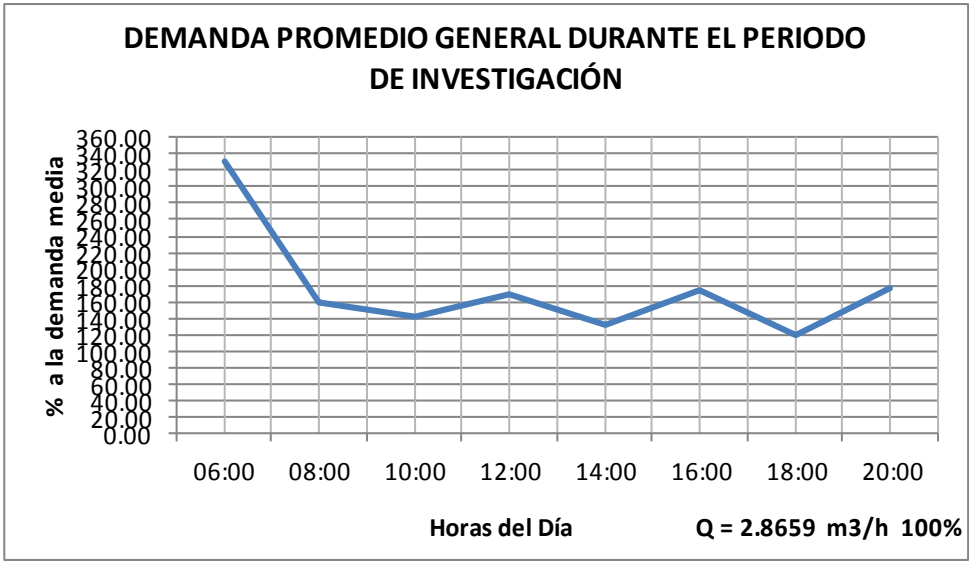
Figura 17. **Demanda promedio de los lunes del periodo de investigación**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

Gráfica de la demanda promedio general durante el periodo de investigación.

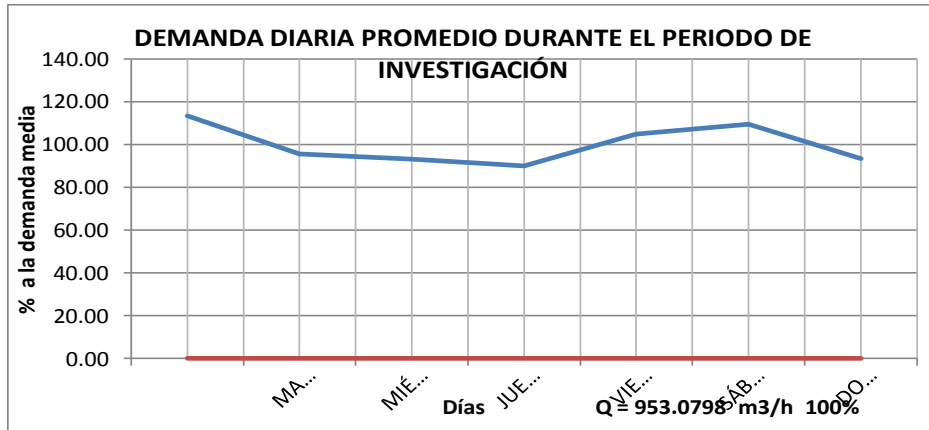
Figura 18. **Demanda promedio general del periodo de investigación**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

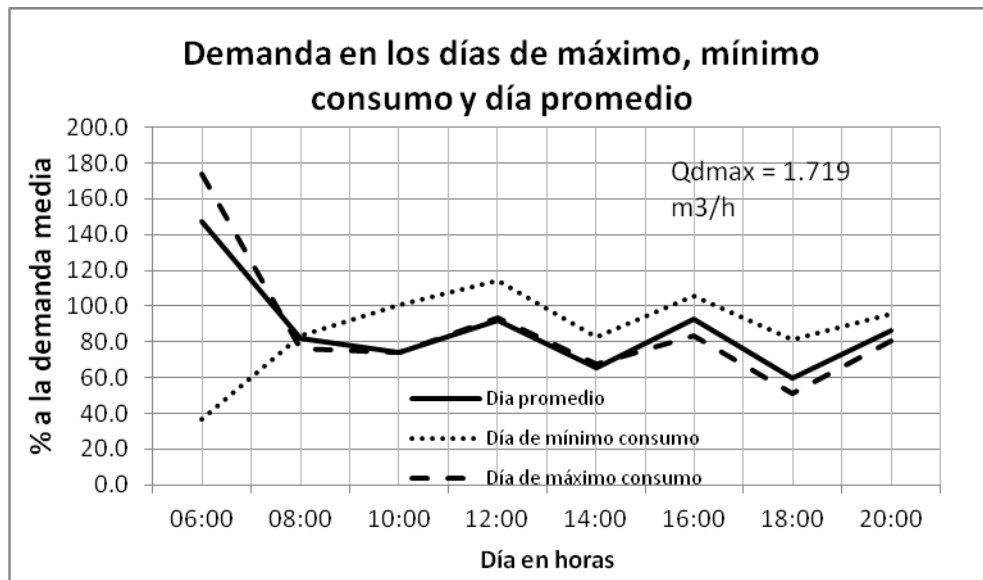
Gráfica de la demanda diaria promedio durante el periodo de investigación.

Figura 19. **Demanda diaria promedio en el periodo de investigación**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

Figura 20. **Demanda en los días de máximo y mínimo consumo y día promedio**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel 2010.

6. DISCUSIONES

La cuota *per cápita* real de consumo en la aldea Puerta Parada, del proyecto de abastecimiento de agua potable, aplicando la metodología de investigación en la obtención de este parámetro, dio como resultado una dotación de 133,76 lt/hab/día y la dotación de diseño inicial que se utilizó según la *Guía de normas para el diseño de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales*, fue de 160 lt/hab/día. Se puede observar que se tiene un sobredimensionamiento respecto de la dotación de consumo que la guía presenta para las áreas rurales en general, lo cual hace evidente que se pudo haber tenido un costo innecesario en la construcción del proyecto de abastecimiento de agua para esta comunidad.

Como ya se ha mencionado, todos los componentes del sistema actual de la aldea Puerta Parada están funcionando adecuadamente, a pesar que los parámetros de diseño fueron elegidos sin una base con estudios preliminares que se acercaran a la realidad. Es por esto que se tiene una diferencia o variación significativa entre los parámetros determinados por medio de la investigación que se realizó en la comunidad, respecto de los parámetros que se utilizaron en el diseño.

La siguiente tabla muestra la diferencia que existe entre los parámetros que fueron utilizados con base en las guías existentes y los parámetros que se determinaron por medio de la investigación realizada en la aldea Puerta Parada.

Tabla XXXVI. **Comparación entre los parámetros de diseño inicial y parámetros encontrados en la investigación**

	Parámetros utilizados en el diseño (según guías de diseño)	Parámetros encontrados en la investigación
Dotación de consumo	160 lt/hab/día	133,76 lt/hab/día
Coeficiente de variación diaria (K_1)	1,5	0,75
Coeficiente de variación horaria (K_2)	3	3,09

Fuente: elaboración propia.

Generalmente, al diseñar un proyecto de abastecimiento de agua potable, se toman a criterio los parámetros generales que se encuentran plasmados en las guías y normas actuales.

La tabla anterior brinda los parámetros esenciales para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua, específicamente para la Región I de Guatemala, que ayudarán a optimizar los recursos al momento de la ejecución y al mismo tiempo brindarán la seguridad del buen funcionamiento de todos los elementos que componen dicho sistema.

CONCLUSIONES

1. La implementación de la micromedición en el consumo de agua potable, permitió determinar la cuota *per cápita* real de consumo en la aldea Puerta Parada, el cual fue de 133,76 lt/hab/día. Esta estimación, que está por debajo del valor para el cual fue diseñado el sistema de abastecimiento de agua, que corresponde a 160 lt/hab/día, demuestra que se puede utilizar en las comunidades rurales de la Región I de Guatemala, en la ejecución de proyectos rurales de abastecimiento de agua potable que puedan construirse en el futuro.
2. Los parámetros encontrados tales como: coeficiente de variación diaria (K_1), coeficiente de variación horaria (K_2) y la dotación de consumo *per cápita*, serán efectivos para la optimización de los recursos necesarios, con el fin de no llevar el costo del proyecto a una suma demasiado elevada.
3. La dotación de producción *per cápita* que se determinó, con un valor de 260,27 lt/hab/día, permite saber que el sistema de agua potable en la aldea Puerta Parada, abastece de forma eficiente a toda la población, ya que la dotación de consumo tiene un valor de 133,76 lt/hab/día.
4. Los parámetros iniciales, tomados de forma empírica con base en las normas y guías para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable existentes en Guatemala, no presentan riesgos en cuanto a dicho abastecimiento de agua a la aldea. Sin embargo, se afirma que se pueden emplear parámetros que darían las mismas o mejores condiciones

de funcionalidad y que obedecen a datos con un sustento con base en resultados de investigaciones aplicadas, y que al mismo tiempo reflejan en forma real y objetiva los usos y costumbres de las comunidades rurales de esta región.

RECOMENDACIONES

1. En vista de la necesidad que existe y del problema que se afronta por no existir datos suficientes sobre la demanda de agua en el área rural, se sugiere la continuación del presente estudio, por lo menos hasta completar tres meses de investigación, sobre el consumo de agua de estas regiones.
2. Según las condiciones del servicio y la capacidad económica que se brinde para este estudio, tratar de realizar investigaciones de este tipo en todas las regiones de Guatemala; de esta forma tener la información necesaria para la ejecución de nuevos proyectos de abastecimiento de agua potable en todas las zonas rurales.
3. Para controlar las variaciones en el consumo de agua potable y poder obtener los datos necesarios para realizar investigaciones sobre demandas, es necesario contar con la instalación de medidores de caudal automáticos que registren las variaciones del consumo por medios gráficos en la salida de cada una de las plantas de purificación, o bien a la salida de cada uno de los tanques de abastecimiento.
4. Los parámetros y resultados obtenidos y presentados en esta investigación, no pueden ser usados en forma generalizada para cualquier región de Guatemala, ya que estos están fuertemente influenciados por las características propias del sector estudiado (Región I de Guatemala), los cuales difieren mucho de las otras regiones.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. DE LEÓN OBIOLS, Julio Enrique. *Investigación de variaciones horarias y diarias en el consumo de agua potable en el sector sur oriental de la capital de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1969. 40 p.
3. FUENTES BARRERA, Guillermo Andrés. *La macromedición de tipo proporcional como una herramienta para la gestión del agua en acueductos de pequeñas localidades y/o zonas rurales*. Colombia: Pereira, 2009. 72 p.
4. INSIVUMEH. *Zonas climáticas de Guatemala* [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.htm>> [Consulta: 27 de junio de 2013].
5. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: selección e instalación de equipos de macromedición*. México: Secretaría de Medio Ambiente, 2007. 113 p.

6. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas para el diseño de abastecimientos de agua potable en las zonas rurales de Guatemala*. Volumen I. Guatemala: MSPAS; INFOM, 2011. 62 p.

7. Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable en las zonas rurales*. Guatemala: INFOM-UNEPAR, 1997. 66 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Tablas de recopilación de información, cálculos, cuadros analíticos**

Anotaciones de lecturas de contadores durante en junio de 2014, de la casa 10 a la 14, de la aldea Puerta Parada.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
ANOTACIONES DE CONSUMO

COMUNIDAD	<u>PUERTA PARADA</u>
MUNICIPIO	<u>SANTA CATARINA PINULA</u>
DEPARTAMENTO	<u>GUATEMALA</u>
CASAS No.	<u>10 - 14</u>

Apéndice 1a. **Anotaciones de consumo en la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 10**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	1 009,1569	1 009,8648	1 010,3265	1 010,7023	1 011,0565	1 011,5268	1 011,9985
08:00	1 009,2458	1 009,9638	1 010,4215	1 010,7126	1 011,0659	1 011,6325	1 012,0564
10:00	1 009,3564	1 009,9896	1 010,5324	1 010,7369	1 011,1263	1 011,7899	1 012,1548
12:00	1 009,3698	1 009,9936	1 010,6363	1 010,7985	1 011,2988	1 011,8564	1 012,2487
14:00	1 009,4516	1 010,0256	1 010,6489	1 010,8026	1 011,2988	1 011,8987	1 012,3269
16:00	1 009,5643	1 010,1487	1 010,6598	1 010,9654	1 011,3648	1 011,9056	1 012,3458
18:00	1 009,6233	1 010,2364	1 010,6699	1 010,9866	1 011,3879	1 011,9236	1 012,3689
20:00	1 009,7586	1 010,2489	1 010,6986	1 010,9987	1 011,4026	1 011,9876	1 012,3987

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1b. Anotaciones de consumo en la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 10

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	1 012,4025	1 012,7124	1 012,8879	1 012,9455	1 012,9986	1 013,1767	1 013,8875
08:00	1 012,4561	1 012,7236	1 012,8888	1 012,9455	1 012,9989	1 013,2341	1 013,9677
10:00	1 012,5215	1 012,7546	1 012,9025	1 012,9455	1 012,9989	1 013,2549	1 014,0234
12:00	1 012,6325	1 012,8025	1 012,9125	1 012,9455	1 013,0125	1 013,2764	1 014,0478
14:00	1 012,6458	1 012,8136	1 012,9237	1 012,9654	1 013,0858	1 013,4769	1 014,0547
16:00	1 012,6688	1 012,8546	1 012,9354	1 012,9875	1 013,1534	1 013,5521	1 014,1532
18:00	1 012,7025	1 012,8649	1 012,9455	1 012,9981	1 013,1653	1 013,6873	1 014,2763
20:00	1 012,7035	1 012,8789	1 012,9455	1 012,9981	1 013,1689	1 013,7124	1 014,4674

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1c. Anotaciones de consumo en la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 10

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	1 014,4985	1 015,3278	1 015,9056	1 016,4218	1 017,1548	1 017,8124	1 018,4215
08:00	1 014,5678	1 015,4256	1 015,9264	1 016,5487	1 017,2689	1 017,8945	1 018,5348
10:00	1 014,6654	1 015,5127	1 015,9648	1 016,5532	1 017,3332	1 017,9015	1 018,6212
12:00	1 014,7896	1 015,5348	1 015,9965	1 016,6233	1 017,4568	1 017,9254	1 018,7899
14:00	1 014,9689	1 015,6322	1 016,0569	1 016,7845	1 017,6548	1 017,9987	1 018,8999
16:00	1 015,0567	1 015,7896	1 016,1588	1 016,8845	1 017,7894	1 018,1254	1 018,9248
18:00	1 015,1324	1 015,8988	1 016,2984	1 016,9564	1 017,7985	1 018,2569	1 018,9954
20:00	1 015,2315	1 015,8988	1 016,3548	1 017,0548	1 017,8002	1 018,3248	1 018,9954

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1d. Anotaciones de consumo en la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 10

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	1 018,9954	1 019,8954	1 020,6234	1 021,4528	1 022,1245	1 023,2154	1 023,9015
08:00	1 019,0185	1 019,9246	1 020,7898	1 021,5699	1 022,2564	1 023,2689	1 024,0255
10:00	1 019,2256	1 019,9847	1 020,8524	1 021,6888	1 022,4589	1 023,4215	1 024,1248
12:00	1 019,3257	1 020,0241	1 020,9545	1 021,7154	1 022,5698	1 023,4896	1 024,2666
14:00	1 019,4522	1 020,1248	1 021,0574	1 021,8523	1 022,6999	1 023,5488	1 024,2987
16:00	1 019,6211	1 020,3689	1 021,1548	1 021,9524	1 022,8452	1 023,6699	1 024,3015
18:00	1 019,7546	1 020,4899	1 021,2658	1 021,9987	1 022,9546	1 023,7845	1 024,3457
20:00	1 019,823	1 020,5234	1 021,2658	1 021,9999	1 022,9845	1 023,8946	1 024,3875

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1e. Anotaciones de consumo en la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 11

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	356,8488	357,4111	358,2576	359,0215	359,8475	360,5487	360,9987
08:00	356,9521	357,5147	358,3574	359,1255	359,9548	360,6214	361,0245
10:00	356,9648	357,6212	358,4124	359,2488	359,9988	360,7878	361,0589
12:00	357,0021	357,7888	358,5288	359,3444	360,0125	360,8542	361,1248
14:00	357,0147	357,8444	358,6876	359,4878	360,1258	360,8954	361,1589
16:00	357,1255	357,9548	358,7418	359,5111	360,2487	360,9012	361,1894
18:00	357,2588	358,0215	358,8542	359,6222	360,3254	360,9214	361,2154
20:00	357,3015	358,1254	358,9524	359,7421	360,4188	360,9548	361,2589

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1f. **Anotaciones de consumo en la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 11**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	361,3155	361,9898	362,6215	363,3254	364,1248	364,9245	365,7455
08:00	361,3589	362,0215	362,7548	363,4215	364,2487	364,9899	365,8777
10:00	361,4845	362,1254	362,8455	363,5487	364,3589	365,0215	365,9548
12:00	361,5123	362,2488	362,9879	363,6215	364,4877	365,2154	365,9986
14:00	361,6225	362,3215	362,9998	363,7548	364,5488	365,3254	366,0215
16:00	361,7542	362,4875	363,0125	363,8455	364,6481	365,4218	366,1254
18:00	361,8456	362,5888	363,1888	363,9548	364,7548	365,5888	366,2458
20:00	361,9542	362,5896	363,2487	364,0215	364,8215	365,6488	366,3548

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1g. **Anotaciones de consumo en la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 11**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	366,4215	367,0124	367,8452	368,6421	369,3256	370,0215	370,8485
08:00	366,5153	367,1245	367,9545	368,7548	369,4215	370,1555	370,9542
10:00	366,6245	367,2458	368,0145	368,8487	369,5483	370,2456	371,0122
12:00	366,7545	367,3254	368,1589	368,9524	369,6233	370,3255	371,1548
14:00	366,8245	367,4215	368,2184	368,9985	369,7548	370,4588	371,2568
16:00	366,9245	367,5153	368,3256	369,0125	369,8488	370,5455	371,3566
18:00	366,9648	367,6245	368,4214	369,1245	369,9548	370,6898	371,4289
20:00	366,9987	367,7548	368,548	369,2455	369,9865	370,7542	371,5989

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1h. **Anotaciones de consumo en la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 11**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	372,6248	373,3124	373,6895	374,2356	375,1255	375,8245	376,4152
08:00	372,7154	373,3545	373,7025	374,3245	375,2488	375,8648	376,5215
10:00	372,8486	373,3898	373,8456	374,4588	375,3665	375,9542	376,6325
12:00	372,9245	373,4025	373,9524	374,6589	375,4872	375,9865	376,7548
14:00	372,9865	373,4256	373,9599	374,7548	375,5421	376,0215	376,8245
16:00	373,1551	373,4658	374,0145	374,8542	375,6214	376,1554	376,9545
18:00	373,2546	373,5482	374,1255	374,9522	375,6895	376,2154	376,9875
20:00	373,2897	373,6245	374,2223	375,0255	375,7154	376,3253	377,0125

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1i. **Anotaciones de consumo en la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 12**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	467,9245	468,8985	469,9215	470,6248	471,2548	471,8015	472,4125
08:00	468,1156	468,9254	469,9658	470,7245	471,3546	471,8654	472,5849
10:00	468,2478	469,1245	470,1548	470,8245	471,4883	471,9215	472,6894
12:00	468,4842	469,2546	470,2488	470,8985	471,6548	472,0548	472,7548
14:00	468,4985	469,5784	470,3546	470,9548	471,6984	472,2458	472,8548
16:00	468,6875	469,6248	470,4522	470,9863	471,7656	472,2688	472,9545
18:00	468,7852	469,7542	470,4689	471,0125	471,7985	472,3648	473,0215
20:00	468,8564	469,8047	470,5214	471,1256	471,7985	472,3954	473,1245

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1j. **Anotaciones de consumo en la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 12**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	473,2553	473,9245	474,8546	475,6248	476,4014	477,4215	478,2458
08:00	473,3564	474,0125	474,9548	475,7845	476,5476	477,5897	478,4784
10:00	473,4586	474,1254	475,0215	475,9475	476,6214	477,6954	478,5143
12:00	473,5566	474,2564	475,1225	476,0124	476,7845	477,7848	478,6212
14:00	473,5987	474,5985	475,2587	476,1248	476,9542	477,8954	478,7523
16:00	473,6987	474,6248	475,3999	476,2477	477,0124	477,9245	478,8899
18:00	473,7012	474,7215	475,4877	476,3548	477,2487	478,0154	478,9245
20:00	473,8248	474,7895	475,5213	476,3987	477,3458	478,1476	478,9864

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1k. **Anotaciones de consumo en la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 12**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	478,9986	479,8412	480,6655	481,4578	482,3487	483,0145	483,9878
08:00	479,1245	479,9548	480,7542	481,5478	482,4547	483,1248	483,9987
10:00	479,2457	479,9987	480,8241	481,6548	482,5555	483,2477	484,0124
12:00	479,3478	480,1545	480,9215	481,7548	482,6598	483,3548	484,1245
14:00	479,4784	480,2457	481,0154	481,9845	482,7548	483,4877	484,2478
16:00	479,5312	480,3655	481,1547	482,0154	482,8456	483,5788	484,3458
18:00	479,6244	480,4444	481,2477	482,2477	482,8787	483,7845	484,4878
20:00	479,7788	480,5487	481,3548	482,2894	482,9245	483,8245	484,5678

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1l. **Anotaciones de consumo en la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 12**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	484,658	485,4578	486,1245	486,9987	487,7875	488,6878	489,7845
08:00	484,7548	485,5788	486,2458	487,0124	487,8785	488,7548	489,8547
10:00	484,8478	485,6875	486,4788	487,1248	487,9848	488,9546	489,9784
12:00	484,9578	485,7888	486,5878	487,2487	488,0125	489,245	490,0154
14:00	485,0125	485,8455	486,6878	487,3234	488,1547	489,2347	490,1548
16:00	485,1248	485,9875	486,7878	487,4215	488,3487	489,4584	490,2478
18:00	485,2458	485,9887	486,8788	487,5478	488,4855	489,5455	490,3457
20:00	485,3524	485,9966	486,9875	487,6878	488,5682	489,6487	490,4414

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1m. **Anotaciones de consumo en la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 13**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	535,5478	536,4458	537,2485	538,0125	538,7546	539,4155	540,2486
08:00	535,6333	536,5488	537,3488	538,1255	538,8455	539,4898	540,3485
10:00	535,7888	536,7455	537,4888	538,2656	538,9548	539,5488	540,4242
12:00	535,8985	536,8477	537,6245	538,3458	538,9984	539,7488	540,5236
14:00	535,9548	536,9842	537,6987	538,4152	539,0215	539,8455	540,6588
16:00	536,0124	536,9987	537,7988	538,5445	539,1478	539,9548	540,7488
18:00	536,1245	537,0125	537,8122	538,6215	539,2487	540,0155	540,8855
20:00	536,3488	537,1245	537,9222	538,7545	539,3548	540,1256	540,9548

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1n. **Anotaciones de consumo en la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 13**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	541,0215	541,8788	542,6245	543,3488	544,0125	544,9545	545,6987
08:00	541,1245	541,9875	542,7888	543,4215	544,1254	544,9987	545,7458
10:00	541,2487	541,9982	542,8642	543,5878	544,2658	545,0485	545,8985
12:00	541,3263	542,0215	542,9548	543,6322	544,3265	545,1889	545,9875
14:00	541,4112	542,2487	542,9988	543,7548	544,4585	545,2696	546,0478
16:00	541,5332	542,325	543,0155	543,8488	544,6258	545,3598	546,1478
18:00	541,6255	542,4588	543,1574	543,9875	544,7848	545,4878	546,2477
20:00	541,7845	542,5123	543,2477	543,9987	544,8566	545,5988	546,3888

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1ñ. **Anotaciones de consumo en la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 13**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	546,4215	547,2458	547,9478	548,7486	549,4245	550,1485	550,8456
08:00	546,5487	547,3222	548,0289	548,8452	549,5877	550,2363	550,8954
10:00	546,6875	547,3548	548,1263	548,9245	549,6214	550,3565	550,9245
12:00	546,7845	547,4878	548,2555	548,9986	549,7888	550,4586	551,0889
14:00	546,8487	547,5998	548,3333	549,0788	549,8524	550,5789	551,1456
16:00	546,9845	547,6111	548,4998	549,1448	549,9245	550,6233	551,2586
18:00	547,0889	547,7145	548,5218	549,2545	549,9987	550,6233	551,3487
20:00	547,1896	547,8555	548,6896	549,3351	550,0489	550,784	551,4875

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1o. **Anotaciones de consumo en la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 13**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	551,5234	552,1568	552,8021	553,4215	554,0156	557,8799	558,657
08:00	551,6287	552,1689	552,8456	553,5487	554,1544	557,9542	558,6898
10:00	551,7548	552,2456	552,8953	553,6245	554,2477	558,0188	558,7154
12:00	551,8485	552,3485	552,9563	553,7548	554,3332	558,2458	558,8125
14:00	551,9548	552,6545	553,0588	553,8545	554,4125	558,3744	558,9545
16:00	551,9987	552,6985	553,1458	553,9548	554,5522	558,4887	558,9954
18:00	552,0888	552,7012	553,3452	553,9984	554,6871	558,5111	559,0555
20:00	552,1288	552,7026	553,3452	554,0154	557,7845	558,5487	559,1554

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1p. **Anotaciones de consumo en la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 14**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	415,8422	416,458	417,2487	417,9986	418,7848	419,7874	420,4215
08:00	415,9548	416,5879	417,3587	418,0154	418,8785	419,8745	420,5897
10:00	415,9666	416,6245	417,4789	418,1245	418,9875	419,9875	420,6988
12:00	416,0152	416,7899	417,5331	418,2587	419,2415	419,9987	420,7843
14:00	416,1548	416,8945	417,6988	418,3698	419,3584	420,0154	420,8984
16:00	416,1895	416,9855	417,7152	418,4212	419,4788	420,1548	420,9875
18:00	416,2478	417,0548	417,8486	418,5014	419,5482	420,2354	421,1245
20:00	416,3487	417,1447	417,9542	418,6245	419,6323	420,3666	421,2458

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1q. **Anotaciones de consumo en la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 14**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	421,3548	422,0154	422,8788	423,6788	424,3848	425,0154	425,8478
08:00	421,4218	422,1487	422,988	423,7888	424,4875	425,1587	425,9878
10:00	421,5689	422,2649	422,9987	423,8987	424,5789	425,2875	425,9987
12:00	421,6889	422,3987	423,1245	423,9854	424,6645	425,3645	426,1245
14:00	421,7845	422,4872	423,2487	423,9987	424,7845	425,4875	426,2487
16:00	421,847	422,5478	423,3485	424,0154	424,8852	425,5788	426,3214
18:00	421,9845	422,6987	423,4870	424,1548	424,9548	425,6878	426,4121
20:00	421,9984	422,7842	423,5987	424,2487	424,9987	425,7878	426,5478

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1r. **Anotaciones de consumo en la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 14**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	426,6878	427,2487	428,0154	428,758	429,5158	430,2487	430,9845
08:00	426,7848	427,3485	428,1548	428,8457	429,6587	430,3598	430,9984
10:00	426,8487	427,4878	428,2648	428,9548	429,7845	430,4515	431,0548
12:00	426,9875	427,5893	428,4784	429,1245	429,8245	430,5486	431,2483
14:00	426,9987	427,6899	428,5895	429,2485	429,9545	430,5599	431,3254
16:00	427,0154	427,7848	428,6545	429,3548	430,1245	430,6895	431,4218
18:00	427,1548	427,8788	428,6987	429,4215	430,1589	430,7845	431,5845
20:00	427,1849	427,9845	428,6987	429,4586	430,1985	430,8487	431,6896

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 1s. **Anotaciones de consumo en la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 14**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
06:00	431,7548	432,4125	433,0253	433,8455	434,6245	435,4878	436,0148
08:00	431,8488	432,5487	433,1254	433,9854	434,7845	435,5489	436,1588
10:00	431,9548	432,6254	433,2488	433,9985	434,8487	435,6599	436,2487
12:00	431,9982	432,7548	433,3258	434,0155	434,9878	435,7545	436,3548
14:00	432,0215	432,8485	433,4215	434,1425	434,9987	435,8477	436,4522
16:00	432,1242	432,9854	433,5486	434,3578	435,0215	435,8987	436,5487
18:00	432,3547	432,9984	433,6987	434,4872	435,2154	435,9875	436,6545
20:00	432,3698	432,9984	433,7845	434,5487	435,3245	435,9985	436,7548

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cálculo de consumo en metros cúbicos

A continuación se presentan los cuadros de cálculo de consumo de agua potable en m³ de junio de 2014, de la casa 10 a la 14 de la aldea Puerta Parada. Esto se realizó con base en los cuadros analíticos de las anotaciones de lectura de los contadores, restando a cada una de las lecturas la inmediata anterior. Solamente se presentan los cuadros de febrero para ejemplificar lo que se realizó en todo el periodo de estudio.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CÁLCULO DE CONSUMO EN METROS CÚBICOS

COMUNIDAD	PUERTA PARADA
MUNICIPIO	SANTA CATARINA PINULA
DEPARTAMENTO	GUATEMALA
CASAS	10 a la 14

Apéndice 2a. Cálculo de consumo en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 10

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	0,2989	0,2949	0,2958	0,2956	0,3028
8:00		0,1050	0,1095	0,1133	0,1130	0,1140	0,1040
10:00		0,0824	0,0831	0,0834	0,0833	0,0823	0,0843
12:00		0,1261	0,1253	0,1249	0,1247	0,1246	0,1262
14:00		0,0702	0,0709	0,0721	0,0717	0,0727	0,0691
16:00		0,1360	0,1396	0,1367	0,1367	0,1357	0,1359
18:00		0,0693	0,0577	0,0594	0,0589	0,0588	0,0605
20:00		0,1352	0,1442	0,1446	0,1451	0,1470	0,1445

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2b. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 10**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,4795	0,5855	0,5851	0,5855	0,5849	0,5869	0,5847
8:00	0,0721	0,0717	0,0723	0,0718	0,0704	0,0763	0,0723
10:00	0,0408	0,0398	0,0392	0,0390	0,0395	0,0333	0,0392
12:00	0,0921	0,0932	0,0939	0,0944	0,0944	0,0935	0,0941
14:00	0,0176	0,0179	0,0179	0,0180	0,0179	0,0172	0,0175
16:00	0,1012	0,1007	0,1026	0,1012	0,1006	0,1014	0,1013
18:00	0,0202	0,0114	0,0134	0,0097	0,0102	0,0101	0,0103
20:00	0,0999	0,1087	0,1049	0,1112	0,1104	0,1095	0,1097

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2c. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 10**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0162	0,4055	0,4060	0,4055	0,4057	0,4092	0,4051
8:00	0,0972	0,1061	0,1042	0,1052	0,1047	0,1005	0,1043
10:00	0,0577	0,0557	0,0582	0,0561	0,0567	0,0574	0,0566
12:00	0,1140	0,1121	0,1094	0,1109	0,1111	0,1106	0,1112
14:00	0,0454	0,0489	0,0497	0,0517	0,0498	0,0497	0,0498
16:00	0,1302	0,1298	0,1307	0,1287	0,1296	0,1342	0,1306
18:00	0,0304	0,0302	0,0304	0,0310	0,0304	0,0284	0,0303
20:00	0,1408	0,1407	0,1407	0,1404	0,1409	0,1392	0,0009

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2d. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 10**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0044	0,2700	0,2700	0,2715	0,2864	0,2787	0,2692
8:00	0,0017	0,1030	0,1070	0,0988	0,0926	0,0931	0,1026
10:00	0,0950	0,0940	0,0908	0,0947	0,0868	0,0973	0,0948
12:00	0,1515	0,1616	0,1539	0,1523	0,1549	0,1540	0,1520
14:00	0,0504	0,0456	0,0525	0,0650	0,0409	0,0405	0,0454
16:00	0,1602	0,1542	0,1534	0,1437	0,1659	0,1634	0,1635
18:00	0,0327	0,0334	0,0343	0,0356	0,0311	0,0340	0,0339
20:00	0,1671	0,1672	0,1692	0,1685	0,1682	0,1675	0,1677

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2e. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 11**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	0,1452	0,1413	0,1422	0,1421	0,1493
8:00		0,0462	0,0507	0,0545	0,0542	0,0552	0,0452
10:00		0,0388	0,0394	0,0397	0,0397	0,0387	0,0407
12:00		0,0661	0,0653	0,0648	0,0646	0,0645	0,0662
14:00		0,0278	0,0285	0,0297	0,0293	0,0304	0,0267
16:00		0,0653	0,0688	0,0659	0,0659	0,0649	0,0650
18:00		0,0377	0,0260	0,0277	0,0273	0,0272	0,0289
20:00		0,0592	0,0683	0,0686	0,0691	0,0710	0,0684

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2f. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 11**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,2298	0,2795	0,2791	0,2795	0,2789	0,2809	0,2788
8:00	0,0376	0,0372	0,0377	0,0372	0,0359	0,0418	0,0378
10:00	0,0171	0,0161	0,0155	0,0153	0,0158	0,0096	0,0156
12:00	0,0410	0,0421	0,0428	0,0432	0,0433	0,0424	0,0429
14:00	0,0105	0,0107	0,0108	0,0109	0,0108	0,0102	0,0105
16:00	0,0520	0,0514	0,0533	0,0518	0,0512	0,0521	0,0519
18:00	0,0113	0,0025	0,0046	0,0008	0,0013	0,0013	0,0015
20:00	0,0437	0,0524	0,0486	0,0549	0,0540	0,0532	0,0533

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2g. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 11**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0111	0,1958	0,1964	0,1959	0,1961	0,1996	0,1955
8:00	0,0392	0,0481	0,0461	0,0471	0,0466	0,0424	0,0462
10:00	0,0318	0,0298	0,0323	0,0302	0,0307	0,0315	0,0307
12:00	0,0567	0,0548	0,0521	0,0536	0,0538	0,0533	0,0538
14:00	0,0187	0,0222	0,0230	0,0250	0,0232	0,0231	0,0232
16:00	0,0634	0,0631	0,0639	0,0619	0,0628	0,0673	0,0637
18:00	0,0131	0,0130	0,0132	0,0138	0,0133	0,0112	0,0132
20:00	0,0655	0,0654	0,0653	0,0650	0,0655	0,0638	-0,0745

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2h. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 11**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0289	0,1351	0,1352	0,1367	0,1517	0,1439	0,1345
8:00	0,0480	0,0484	0,0524	0,0442	0,0380	0,0385	0,0480
10:00	0,0466	0,0456	0,0424	0,0463	0,0384	0,0489	0,0464
12:00	0,0659	0,0760	0,0682	0,0666	0,0692	0,0683	0,0663
14:00	0,0330	0,0282	0,0352	0,0477	0,0237	0,0232	0,0281
16:00	0,0646	0,0586	0,0577	0,0480	0,0702	0,0677	0,0677
18:00	0,0253	0,0261	0,0270	0,0284	0,0238	0,0268	0,0267
20:00	0,0740	0,0741	0,0760	0,0753	0,0750	0,0743	0,0744

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2i. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 12**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	0,2407	0,2368	0,2377	0,2375	0,2447
8:00		0,0906	0,0951	0,0989	0,0986	0,0996	0,0897
10:00		0,0591	0,0598	0,0601	0,0601	0,0591	0,0611
12:00		0,1113	0,1106	0,1101	0,1099	0,1098	0,1115
14:00		0,0474	0,0481	0,0492	0,0488	0,0499	0,0463
16:00		0,1161	0,1197	0,1168	0,1168	0,1159	0,1160
18:00		0,0516	0,0399	0,0416	0,0412	0,0411	0,0427
20:00		0,1090	0,1180	0,1184	0,1189	0,1208	0,1182

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2j. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 12**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,3861	0,4653	0,4648	0,4653	0,4646	0,4666	0,4645
8:00	0,0600	0,0596	0,0601	0,0596	0,0583	0,0642	0,0602
10:00	0,0316	0,0306	0,0299	0,0297	0,0302	0,0240	0,0300
12:00	0,0744	0,0755	0,0763	0,0767	0,0767	0,0758	0,0764
14:00	0,0139	0,0141	0,0142	0,0143	0,0142	0,0136	0,0138
16:00	0,0786	0,0780	0,0799	0,0784	0,0779	0,0787	0,0785
18:00	0,0215	0,0127	0,0148	0,0110	0,0115	0,0115	0,0117
20:00	0,0871	0,0958	0,0921	0,0984	0,0976	0,0967	0,0968

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2k. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 12**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0184	0,3236	0,3241	0,3236	0,3238	0,3273	0,3232
8:00	0,0644	0,0853	0,0833	0,0843	0,0838	0,0995	0,0835
10:00	0,0477	0,0457	0,0482	0,0461	0,0467	0,0277	0,0466
12:00	0,0950	0,0930	0,0904	0,0919	0,0921	0,0916	0,0921
14:00	0,0336	0,0371	0,0379	0,0398	0,0380	0,0379	0,0380
16:00	0,1015	0,1012	0,1020	0,1000	0,1009	0,1055	0,1019
18:00	0,0282	0,0281	0,0282	0,0288	0,0283	0,0262	0,0282
20:00	0,1180	0,1180	0,1179	0,1176	0,1182	0,1164	0,1182

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2l. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 12**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,1927	0,2294	0,2295	0,2309	0,2459	0,2382	0,2287
8:00	0,0787	0,0818	0,0858	0,0974	0,0714	0,0719	0,0814
10:00	0,0784	0,0774	0,0742	0,0583	0,0701	0,0806	0,0781
12:00	0,1098	0,1199	0,1122	0,1106	0,1132	0,1122	0,1103
14:00	0,0542	0,0494	0,0564	0,0689	0,0448	0,0444	0,0493
16:00	0,1136	0,1077	0,1068	0,0971	0,1192	0,1168	0,1168
18:00	0,0414	0,0422	0,0431	0,0444	0,0399	0,0429	0,0428
20:00	0,1239	0,1241	0,1260	0,1253	0,1250	0,1243	0,1244

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2m. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 13**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	0,1000	0,0960	0,0969	0,0968	0,1040
8:00		0,0289	0,0334	0,0372	0,0369	0,0379	0,0279
10:00		0,0252	0,0259	0,0262	0,0262	0,0252	0,0272
12:00		0,0447	0,0439	0,0435	0,0433	0,0432	0,0448
14:00		0,0184	0,0191	0,0202	0,0198	0,0209	0,0173
16:00		0,0447	0,0483	0,0454	0,0454	0,0444	0,0445
18:00		0,0273	0,0157	0,0174	0,0170	0,0169	0,0186
20:00		0,0355	0,0445	0,0448	0,0453	0,0472	0,0446

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2n. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 13**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,1556	0,1856	0,1852	0,1857	0,1851	0,1871	0,1850
8:00	0,0243	0,0239	0,0244	0,0239	0,0225	0,0284	0,0244
10:00	0,0129	0,0119	0,0113	0,0111	0,0116	0,0054	0,0114
12:00	0,0270	0,0281	0,0288	0,0292	0,0292	0,0283	0,0288
14:00	0,0070	0,0073	0,0074	0,0075	0,0074	0,0067	0,0070
16:00	0,0331	0,0326	0,0345	0,0330	0,0324	0,0332	0,0330
18:00	0,0126	0,0038	0,0059	0,0022	0,0027	0,0026	0,0028
20:00	0,0285	0,0372	0,0334	0,0398	0,0389	0,0380	0,0381

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2ñ. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 13**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0198	0,1305	0,1311	0,1306	0,1308	0,1343	0,1302
8:00	0,0134	0,0343	0,0323	0,0333	0,0328	0,0484	0,0324
10:00	0,0203	0,0183	0,0208	0,0187	0,0193	0,0003	0,0193
12:00	0,0379	0,0360	0,0333	0,0348	0,0350	0,0345	0,0350
14:00	0,0123	0,0158	0,0166	0,0186	0,0167	0,0166	0,0167
16:00	0,0413	0,0409	0,0417	0,0397	0,0407	0,0452	0,0416
18:00	0,0100	0,0099	0,0101	0,0107	0,0102	0,0082	0,0101
20:00	0,0450	0,0450	0,0449	0,0446	0,0451	0,0433	0,0450

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2o. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 13**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0729	0,0811	0,0812	0,0826	0,0976	0,0899	0,0805
8:00	0,0298	0,0329	0,0369	0,0485	0,0225	0,0230	0,0325
10:00	0,0311	0,0301	0,0269	0,0110	0,0229	0,0334	0,0309
12:00	0,0405	0,0507	0,0429	0,0413	0,0439	0,0429	0,0409
14:00	0,0274	0,0226	0,0296	0,0421	0,0181	0,0176	0,0225
16:00	0,0520	0,0460	0,0451	0,0354	0,0576	0,0551	0,0551
18:00	0,0069	0,0077	0,0086	0,0100	0,0055	0,0085	0,0083
20:00	0,0594	0,0595	0,0615	0,0608	0,0604	0,0597	0,0599

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2p. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014, casa 14**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	0,1164	0,1125	0,1133	0,1132	0,1204
8:00		0,0372	0,0417	0,0455	0,0452	0,0462	0,0362
10:00		0,0299	0,0306	0,0309	0,0309	0,0298	0,0318
12:00		0,0518	0,0510	0,0506	0,0504	0,0503	0,0519
14:00		0,0242	0,0249	0,0261	0,0257	0,0268	0,0232
16:00		0,0569	0,0604	0,0575	0,0575	0,0565	0,0567
18:00		0,0282	0,0166	0,0183	0,0178	0,0177	0,0194
20:00		0,0481	0,0571	0,0574	0,0580	0,0599	0,0573

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2q. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014, casa 14**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,1842	0,2263	0,2259	0,2264	0,2258	0,2278	0,2256
8:00	0,0303	0,0299	0,0304	0,0299	0,0285	0,0344	0,0304
10:00	0,0144	0,0134	0,0128	0,0125	0,0130	0,0068	0,0128
12:00	0,0347	0,0358	0,0365	0,0370	0,0370	0,0361	0,0366
14:00	0,0066	0,0069	0,0070	0,0071	0,0069	0,0063	0,0066
16:00	0,0378	0,0372	0,0391	0,0376	0,0370	0,0378	0,0376
18:00	0,0154	0,0066	0,0086	0,0049	0,0054	0,0054	0,0056
20:00	0,0337	0,0424	0,0386	0,0450	0,0441	0,0432	0,0433

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2r. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014, casa 14**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0223	0,1555	0,1561	0,1556	0,1559	0,1594	0,1552
8:00	0,0194	0,0403	0,0383	0,0393	0,0388	0,0544	0,0384
10:00	0,0249	0,0229	0,0254	0,0233	0,0239	0,0049	0,0239
12:00	0,0492	0,0472	0,0445	0,0460	0,0462	0,0457	0,0462
14:00	0,0117	0,0152	0,0160	0,0180	0,0161	0,0160	0,0161
16:00	0,0501	0,0497	0,0505	0,0485	0,0495	0,0540	0,0504
18:00	0,0119	0,0117	0,0119	0,0125	0,0120	0,0100	0,0120
20:00	0,0561	0,0560	0,0559	0,0557	0,0562	0,0544	0,0011

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2s. **Cálculo de consumo en m³ de la semana del 22 al 28 de junio de 2014, casa 14**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,0004	0,0956	0,0957	0,0971	0,1121	0,1044	0,0950
8:00	0,0005	0,0393	0,0433	0,0549	0,0289	0,0294	0,0389
10:00	0,0378	0,0368	0,0336	0,0177	0,0296	0,0401	0,0376
12:00	0,0525	0,0626	0,0548	0,0532	0,0558	0,0548	0,0528
14:00	0,0285	0,0237	0,0307	0,0432	0,0191	0,0187	0,0236
16:00	0,0638	0,0578	0,0570	0,0473	0,0694	0,0669	0,0669
18:00	0,0082	0,0089	0,0098	0,0112	0,0067	0,0097	0,0095
20:00	0,0738	0,0739	0,0758	0,0752	0,0748	0,0741	0,0743

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Cuadro consumo diario de macromedición

Los cuadros que a continuación se presentan, corresponden a la medición de consumo diario de Macromedición, que se realizó durante el periodo de investigación.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**



COMUNIDAD
MUNICIPIO
DEPARTAMENTO

PUERTA PARADA
SANTA CATARINA PINULA
GUATEMALA

Apéndice 3a. Consumo diario de macromedición en m³ de abril de 2014

DÍA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 30
SÁBADO	35	32	31	28	24
DOMINGO	36	36	28	27	26
LUNES	28	32	29	26	27
MARTES	38	27	28	26	
MIÉRCOLES	30	37	29	28	
JUEVES	32	34	27	26	
VIERNES	39	34	29	26	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3b. **Consumo diario de macromedición en m³ de mayo de 2014**

DÍA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 28	SEMANA DEL 29 AL 31
DOMINGO		31	29	35	31
LUNES		32	31	32	34
MARTES	32	27	32	31	31
MIÉRCOLES	31	29	32	30	32
JUEVES	35	32	25	24	31
VIERNES	28	31	24	28	
SÁBADO	29	26	23	29	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3c. **Consumo diario de macromedición en m³ de junio de 2014**

DÍA	SEMANA DEL 1 AL 7	SEMANA DEL 8 AL 14	SEMANA DEL 15 AL 21	SEMANA DEL 22 AL 30
VIERNES	31	34	37	37
SÁBADO	33	31	35	35
DOMINGO	35	32	32	32
LUNES	32	34	38	31
MARTES	32	38	30	34
MIÉRCOLES	35	39	32	33
JUEVES	33	38	35	31

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3d. **Consumo total de macromedición en m³**

MESES (2014)	VOLUMEN DE AGUA PRODUCIDA (m³)
ABRIL	934,848
MAYO	927,36
JUNIO	948,672
SUMA TOTAL DE LOS DÍAS DE INVESTIGACIÓN:	2810,88

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Consumo total de micromedición

Los siguientes cuadros, corresponden a la suma total de consumo registrados durante todo el período de investigación (suma total de micromedición).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



COMUNIDAD
MUNICIPIO
DEPARTAMENTO

PUERTA PARADA
SANTA CATARINA PINULA
GUATEMLA

Apéndice 4a. Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 1 al 7 de abril de 2014

HORA	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN
6:00		0,0000	3,6506	3,6552	3,6063	3,6561	3,7117
8:00		2,1654	2,1011	1,9990	2,0149	2,0585	1,9873
10:00		2,3513	1,6681	1,7241	1,8062	1,8650	1,8238
12:00		1,7771	1,7701	1,7690	1,7590	1,6587	1,8170
14:00		1,8254	1,8454	1,8533	2,1523	1,8600	1,8683
16:00		1,9371	1,9241	1,9860	1,6790	1,9477	1,9800
18:00		1,7589	1,7639	1,7208	1,7528	1,7755	1,7928
20:00		1,8931	1,9661	1,9290	1,9361	2,0098	2,0211
Suma		13,7083	16,6894	16,6365	16,7066	16,8313	17,0020
Prom m ³ /h		0,9792	1,1921	1,1883	1,1933	1,2022	1,2144

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4b. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 8 al 14 de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,1178	3,0323	3,0578	3,2934	3,1340	3,1162	3,2606
8:00	2,2705	2,2767	2,3103	2,0951	2,2770	2,2956	2,1791
10:00	1,7012	1,7070	1,6749	1,7564	1,8209	1,7071	1,7672
12:00	2,2360	2,2423	2,1698	2,1030	2,0480	2,1686	2,1636
14:00	1,4509	1,4566	1,6025	1,6257	1,8371	1,9603	1,6779
16:00	2,5414	2,5479	2,4329	2,5450	2,3131	2,2120	2,5907
18:00	1,2690	1,2746	1,4030	1,3342	1,3835	1,4195	1,3503
20:00	2,5787	2,5852	2,4555	2,5597	2,5559	2,5838	2,3047
Suma	14,1656	17,1226	17,1066	17,3126	17,3696	17,4631	17,2941
Prom m ³ /h	1,0118	1,2230	1,2219	1,2366	1,2407	1,2474	1,2353

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4c. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 15 al 21 de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,9452	4,3971	3,4178	3,5375	3,5251	3,4686	3,4200
8:00	1,4082	1,4097	2,3131	2,1717	2,1416	1,9027	1,8310
10:00	1,6540	1,6550	1,6249	1,4291	1,5996	1,6036	1,6214
12:00	2,1693	2,1708	2,4743	2,1410	2,1470	2,1938	2,1701
14:00	1,7272	1,7280	1,5839	1,6940	1,5284	1,2353	1,2170
16:00	2,3597	2,3613	2,1819	2,0557	2,4127	2,2122	2,1436
18:00	1,3573	1,3581	1,3819	1,3089	1,4042	1,1705	1,2541
20:00	2,3571	2,4588	2,5145	2,3663	2,2725	2,2017	2,1811
Suma	13,9779	17,5387	17,4923	16,7041	17,0312	15,9883	15,8382
Prom m ³ /h	0,9984	1,2528	1,2494	1,1932	1,2165	1,1420	1,1313

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4d. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 22 al 28 de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV
6:00	0,4417	7,8182	7,5901	7,5760	7,5713	7,6044	7,5981
8:00	1,0158	1,0258	1,1611	1,1586	1,1724	1,0904	1,0958
10:00	1,2252	1,2352	1,2205	1,2074	1,2250	1,2224	1,3061
12:00	1,3901	1,4002	1,4402	1,4458	1,4260	1,3867	1,2955
14:00	1,0059	1,0159	1,0212	1,0409	1,0443	0,9473	0,9602
16:00	1,2809	1,2909	1,2099	1,2578	1,2381	1,2162	1,2102
18:00	0,9856	0,9955	1,0833	1,0423	1,0690	1,0686	1,0733
20:00	1,1641	1,1742	1,1872	1,1742	1,1834	1,1444	1,1399
Suma	8,5093	15,9559	15,9137	15,9029	15,9296	15,6803	15,6791
Prom m ³ /h	0,6078	1,1397	1,1367	1,1359	1,1378	1,1200	1,1199

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4e. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 29 al 31 de abril de 2014**

HORA	VIER	SAB
6:00	0,1973	2,8901
8:00	1,9098	1,9402
10:00	1,6511	1,5552
12:00	2,3018	2,3383
14:00	1,3018	1,2447
16:00	2,1690	2,1666
18:00	1,3643	1,3641
20:00	2,2093	2,1879
Suma	13,1044	15,6870
Prom m ³ /h	0,9360	1,1205

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4f. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 1 al 5 de mayo de 2014**

HORA	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
6:00	0,2485	4,0171	3,9467	4,0620	4,0272	3,9757	4,0149
8:00	1,6336	1,7756	1,8726	1,8323	1,8242	1,8403	1,8657
10:00	1,5070	1,5466	1,5143	1,5126	1,5491	1,5948	1,5419
12:00	2,1973	2,2104	2,2296	2,2404	2,2084	2,1946	2,2261
14:00	1,2049	1,2084	1,1880	1,2012	1,1926	1,1752	1,2031
16:00	2,0873	2,1454	2,1287	2,0945	2,1106	2,1929	2,1074
18:00	1,2386	1,1941	1,2186	1,2347	1,2351	1,1576	1,2424
20:00	1,6286	1,6144	1,6244	1,5819	1,6036	1,5375	1,6317
Suma	11,7458	15,7120	15,7229	15,7597	15,7508	15,6686	15,8333
Prom m ³ /h	0,8390	1,1223	1,1231	1,1257	1,1251	1,1192	1,1310

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4g. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 6 al 12 de mayo de 2014**

HORA	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
6:00	0,0249	2,8278	2,6325	2,6679	2,6758	2,6908	2,6239
8:00	1,9740	1,7630	1,9348	1,9382	1,9242	1,8669	1,9252
10:00	1,6674	1,6884	1,7989	1,6977	1,6688	1,7273	1,6982
12:00	2,3170	2,2978	2,1797	2,4065	2,2766	2,3209	2,2923
14:00	1,3226	1,3406	1,3756	1,2365	1,3961	1,2949	1,3528
16:00	2,1924	2,2951	2,2408	2,2126	2,1843	2,1881	2,2147
18:00	1,3418	1,2930	1,3134	1,3308	1,3279	1,3513	1,3510
20:00	1,7400	1,7448	1,7241	1,7692	1,7947	1,7961	1,8434
Suma	12,5802	15,2504	15,1998	15,2594	15,2483	15,2364	15,3015
Prom m ³ /h	0,8986	1,0893	1,0857	1,0900	1,0892	1,0883	1,0930

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4h. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 13 al 19 de mayo de 2014**

HORA	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
6:00	0,3654	4,2402	4,1295	4,0623	4,1378	4,2432	4,0871
8:00	1,6357	1,7790	1,7917	1,9036	1,8200	2,0967	2,1808
10:00	1,5949	1,5358	1,5670	1,6239	1,6534	1,8374	1,8311
12:00	2,2375	2,3246	2,3035	2,2552	2,2217	2,3522	2,3075
14:00	1,2238	1,1676	1,1901	1,1945	1,1884	1,5192	1,5757
16:00	2,2157	2,1931	2,2253	2,2133	2,2254	2,5475	2,4958
18:00	1,1744	1,1998	1,2426	1,1894	1,1926	1,3572	1,4026
20:00	2,1765	2,2336	2,1269	2,2034	2,1854	2,3339	1,7463
Suma	12,6239	16,6738	16,5766	16,6457	16,6248	18,2873	17,6270
Prom m ³ /h	0,9017	1,1910	1,1840	1,1890	1,1875	1,3062	1,2591

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4i. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 20 al 26 de mayo de 2014**

HORA	DOM	LUN	MAR	MIER	JUEV	VIER	SAB
6:00	0,3648	8,3277	0,0000	0,0000	0,0000	8,3644	8,3000
8:00	1,2966	1,3206	0,0000	0,0000	1,3242	1,3442	1,3780
10:00	1,3936	1,4217	0,0000	0,0000	1,4244	1,4173	1,4307
12:00	1,3538	1,3131	0,0000	0,0000	1,3551	1,3721	1,3676
14:00	1,2574	1,2766	0,0000	0,0000	1,3122	1,3081	1,3125
16:00	1,4245	1,4181	0,0000	0,0000	1,4493	1,4527	1,4528
18:00	1,2052	1,2347	0,0000	0,0000	1,2211	1,2397	1,2424
20:00	1,2316	1,2122	0,0000	0,0000	1,2631	1,2652	1,2616
Suma	9,5275	17,5246	0,0000	0,0000	9,3493	17,7637	17,7455
Prom m ³ /h	0,6805	1,2518	0,0000	0,0000	0,6678	1,2688	1,2675

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4j. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 27 al 31 de mayo de 2014**

HORA	DOM	LUN
6:00	0,2166	8,1868
8:00	1,2767	1,3493
10:00	1,4467	1,4903
12:00	1,4021	1,4398
14:00	1,3617	1,3242
16:00	1,4728	1,5495
18:00	1,2792	1,2357
20:00	1,3183	1,3049
Suma	9,7740	17,8805
Prom m ³ /h	0,6981	1,2772

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4k. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 1 al 7 de junio de 2014**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00		0,0000	2,5931	2,4604	2,5351	2,4887	2,7014
8:00		2,0770	2,2035	2,3180	2,3095	2,3399	2,0403
10:00		2,0440	2,0653	2,0744	2,0747	2,0447	2,1049
12:00		2,4420	2,4187	2,4042	2,3989	2,3963	2,4449
14:00		1,8158	1,8369	1,8730	1,8611	1,8941	1,7861
16:00		2,5191	2,6248	2,5384	2,5391	2,5096	2,5131
18:00		2,0010	1,6531	1,7041	1,6922	1,6891	1,7401
20:00		2,1197	2,3905	2,4001	2,4158	2,4734	2,2636
Suma		15,0186	17,7858	17,7725	17,8264	17,8357	17,5945
Prom m ³ /h		1,0728	1,2704	1,2695	1,2733	1,2740	1,2568

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4l. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 8 al 14 de junio de 2014**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	4,0566	4,9097	4,9416	4,9074	4,9036	4,9561	4,9028
8:00	1,8557	1,8441	1,8295	1,8046	1,7751	1,9618	1,8430
10:00	1,6544	1,6245	1,5766	1,5604	1,5877	1,4110	1,5920
12:00	1,9200	1,9536	1,9450	1,9473	1,9599	1,9427	1,9590
14:00	1,3668	1,3758	1,3488	1,3415	1,3507	1,3419	1,3518
16:00	2,1255	2,1082	2,1357	2,0810	2,0757	2,1096	2,1050
18:00	1,5076	1,2435	1,2764	1,1551	1,1822	1,1913	1,1981
20:00	1,7684	2,0301	1,8868	2,0662	2,0520	2,0349	2,0394
Suma	16,2550	17,0896	16,9403	16,8635	16,8869	16,9494	16,9912
Prom m ³ /h	1,1611	1,2207	1,2100	1,2045	1,2062	1,2107	1,2137

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4m. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 15 al 21 de junio de 2014**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,5230	3,4414	3,4577	3,4482	3,4569	3,5654	3,5634
8:00	1,6069	2,1544	2,0884	2,1222	2,1308	3,0876	2,7843
10:00	1,8777	1,8171	1,8902	1,8277	1,8700	2,0485	2,4404
12:00	2,2908	2,2305	2,1429	2,1923	2,2227	3,1131	3,1289
14:00	1,4501	1,5598	1,5802	1,6446	1,6125	2,1605	2,1634
16:00	2,3773	2,3667	2,3876	2,3287	2,3808	3,1801	3,0388
18:00	1,4455	1,4435	1,4452	1,4661	1,4742	1,7542	1,8159
20:00	2,2781	2,2768	2,2700	2,2637	2,3035	2,8348	2,0241
Suma	13,8493	17,2902	17,2622	17,2937	17,4515	21,7442	20,9592
Prom m ³ /h	0,9892	1,2350	1,2330	1,2353	1,2465	1,5532	1,4971

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4n. **Consumo total de micromedición en m³ de la semana del 22 al 31 de junio de 2014**

HORA	MIER	JUEV	VIER	SAB	DOM	LUN	MAR
6:00	0,7540	2,3872	2,4683	2,4165	2,8555	2,6082	2,3353
8:00	2,1277	2,6575	2,8153	3,0158	2,3865	2,4031	2,6986
10:00	2,6339	2,5957	2,5373	2,1899	2,4203	2,7368	2,6722
12:00	3,1223	3,4054	3,2094	3,1528	3,2432	3,2151	3,1658
14:00	2,3341	2,1696	2,4170	2,7828	2,0745	2,0637	2,2208
16:00	3,0242	2,8244	2,8355	2,5361	3,2116	3,1386	3,1494
18:00	1,7814	1,7848	1,8490	1,8817	1,7583	1,8494	1,8563
20:00	2,7896	2,8628	2,9579	2,9284	2,9289	2,9099	2,9237
Suma	18,5671	20,6874	21,0898	20,9041	20,8788	20,9249	21,0222
Prom m ³ /h	1,3262	1,4777	1,5064	1,4931	1,4913	1,4946	1,5016

Fuente: elaboración propia.

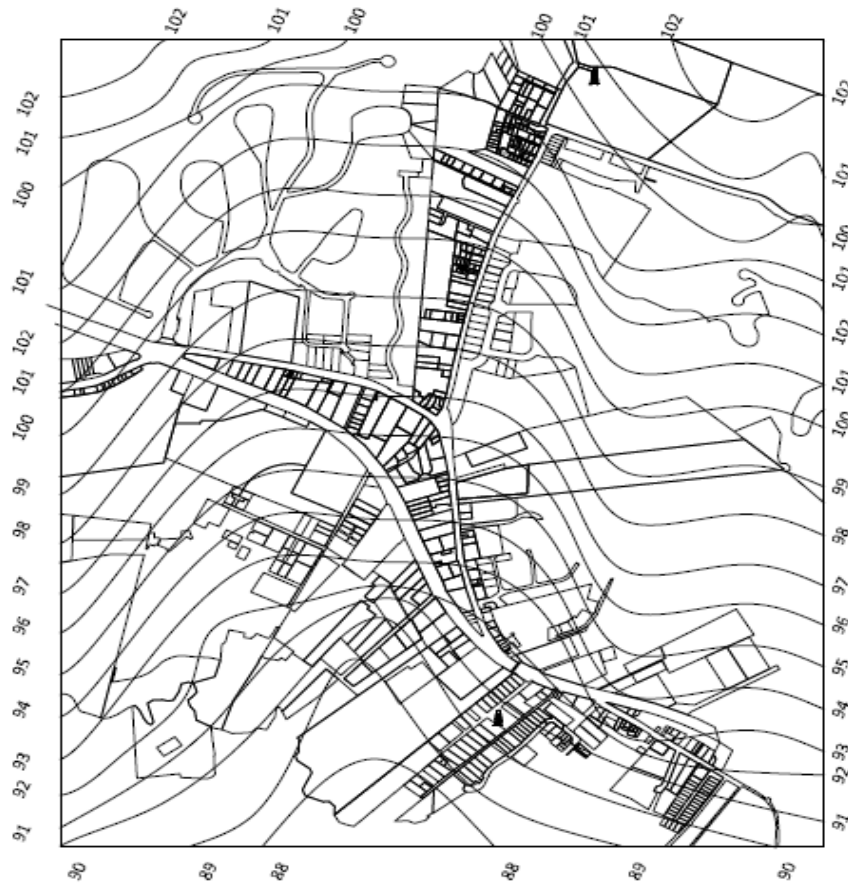
Apéndice 4ñ. **Consumo total de micromedición en m³ durante el periodo de investigación**

HORA	M3
6:00	303,8566
8:00	169,6103
10:00	153,2798
12:00	190,0822
14:00	134,5567
16:00	191,7770
18:00	122,7703
20:00	178,6599
Suma	1444,5928
Prom m ³ /h	103,1852

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Curvas de presión, aldea Puerta Parada, Santa Catarina Pinula**



Fuente: UNEPAR. Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural.

Anexo 2. Plano inicial del proyecto de abastecimiento de agua potable, Aldea Puerta Parada, Santa Catarina Pinula



Fuente: UNEPAR. Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural.

Anexo 3. **Plano final del proyecto de abastecimiento de agua potable,
Aldea Puerta Parada, Santa Catarina Pinula**



Fuente: UNEPAR. Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural.

Anexo 4. **Red de distribución de la aldea Puerta Parada, Santa Catarina Pinula**



Fuente: UNEPAR. Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural.

Anexo 5. **Pronóstico de demanda de agua potable, aldea Puerta Parada, Santa Catarina Pinula**

PRONOSTICO DE DEMANDA DE AGUA POTABLE												
LOCALIDAD	ALDEA PUERTA PARADA	MUNICIPIO	SANTA CATARINA PINULA	DEPARTAMENTO	GUATEMALA							
POBLACION	AÑO	1298	AÑO	2013	TASA DE CRECI.	2.456	PERIODO DE DISEÑO	21				
DOTACION POBLACION SERVIDA		160	DOTACION NO SERVIDOS		40							
No.	AÑO	POBLACION TOTAL	POBLACION SERVIDA DIRECTAMENTE	CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO OFICIAL	PERDIDAS Y FUGAS	CAUDAL MEDIO	CAUDAL MAXIMO	CAUDAL DIA MAXIMO	CAUDAL HORA MAXIMO	
				1	0	2	10	0	1.8	3		
1	2013	1298	0	8.3	0	0.17	0.83	9.3	16.74	27.9		
2	2014	1330	32	8.64	0	0.17	0.864	9.674	17.4132	29.022		
3	2015	1363	65	8.9	0	0.18	0.89	9.97	17.946	29.91		
4	2016	1396	98	8.31	0	0.19	0.831	9.331	16.7958	27.993		
5	2017	1430	132	9	0	0.19	0.9	10.09	18.162	30.27		
6	2018	1465	167	9.07	0	0.2	0.907	10.177	18.3186	30.531		
7	2019	1501	203	10	0	0.21	1	11.21	20.178	33.63		
8	2020	1538	240	10.4	0	0.21	1.04	11.65	20.97	34.95		
9	2021	1576	278	10.71	0	0.22	1.071	12.001	21.6018	36.003		
10	2022	1615	317	11.03	0	0.23	1.103	12.363	22.2534	37.089		
11	2023	1654	356	11.36	0	0.23	1.136	12.726	22.9068	38.178		
12	2024	1695	397	11.7	0	0.24	1.17	13.11	23.598	39.33		
13	2025	1737	439	12.08	0	0.25	1.208	13.538	24.3684	40.614		
14	2026	1779	481	12.42	0	0.26	1.242	13.922	25.0596	41.766		
15	2027	1823	525	12.7	0	0.26	1.27	14.23	25.614	42.69		
16	2028	1868	570	13.17	0	0.27	1.317	14.757	26.5626	44.271		
17	2029	1914	616	14.3	0	0.28	1.43	16.01	28.818	48.03		
18	2030	1961	663	14	0	0.29	1.4	15.69	28.242	47.07		
19	2031	2009	711	15.27	0	0.3	1.527	17.097	30.7746	51.291		
20	2032	2058	760	15.73	0	0.31	1.573	17.613	31.7034	52.839		
21	2033	2109	811	16.2	0	0.32	1.62	18.14	32.652	54.42		

Fuente: UNEPAR. Programa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural.

