

01162



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA

“ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN
ESTOCÁSTICA DEL CONSUMO DE AGUA
POTABLE EN VIVIENDAS DE CULIACÁN,
SINALOA ”

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA

PRESENTA:

DANIEL FELICIANO GARCÍA

Handwritten signature of Daniel Feliciano García.

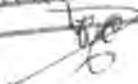
DIRECTOR DE TESIS:
Dr. VELITCHKO G. TZATCHKOV



CAMPUS MORELOS, MÉXICO

2005

m343490

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Daniel Ferrera
FECHA: 23/04/2005
FIRMA: 

¡Qué extraña suerte la de nosotros mortales! Estamos aquí por un breve periodo, no sabemos con qué propósito, aunque a veces creemos percibirlo. Pero no hace falta reflexionar mucho para saber, en contacto con la realidad cotidiana, que uno existe para otras personas: en primer lugar para aquellos de cuyas sonrisas y de cuyo bienestar depende totalmente nuestra propia felicidad, y luego, para los muchos, para nosotros desconocidos, a cuyos destinos estamos ligados por lazos de afinidad. Me recuerdo a mí mismo cien veces al día que mi vida interior y mi vida exterior se apoyan en los trabajos de otros hombres, vivos y muertos, y que debo esforzarme para dar en la misma medida en que he recibido y aún sigo recibiendo...

Albert Einstein.

DEDICATORIAS

**A mis padres Angelino y Margarita;
mi hermano Angelino
por su apoyo incondicional
y palabras de aliento
en cada instante de mi vida.**

Este logro es también de Ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**, por haberme alojado en sus aulas durante mi formación académica.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por la beca económica que me otorgó durante los estudios de maestría.

Al **Dr. Velitchko G. Tzatchkov**, por la confianza depositada al aceptar dirigir la tesis, por su paciencia, por sus acertados comentarios, por su valiosa guía.

Al **Dr. Steven Buchberguer**, de la Universidad de Cincinnati, por facilitarme información y mediciones de los estudios que él ha realizado.

Al **M.I. Víctor H. Alcocer Yamanaka**, por su amplio apoyo y colaboración en éste trabajo, por sus palabras estimulantes en momentos adversos, por su sincera amistad y confianza.

Al **M.I. Víctor Javier Bourguett Ortiz, Dr. Nahun Hamed García Villanueva, y Dr. Felipe. I. Arreguín Cortés**, por sus comentarios valiosos y agudas reflexiones, por sus consejos, correcciones y sugerencias para mejorar la tesis.

Al **Dr. Zhiwei Li**, por haber proporcionado la interfase del modelo de pulsos rectangulares de Poisson.

A **mis amigos**, por su apoyo durante todo este tiempo.

A los **compañeros de clase**, por hacer amenos los estudios.

A los **profesores**, por transmitirme sus conocimientos.

A todas las personas que me apoyaron de una u otra forma en la realización de la tesis.

RESUMEN

Por primera vez en México se reporta un estudio de resolución temporal ultra fina del comportamiento real e instantáneo del consumo de agua potable doméstico. En tres viviendas de diferente nivel socio económico de Culiacán, Sin., se colocaron micro medidores nuevos equipados con sensor magnético de impulsos y registradores, todos ellos con la capacidad de registrar el consumo en la vivienda cada segundo. Se registró de esta manera el consumo en las viviendas cada segundo durante 101 días (más de 8'700,000 registros por vivienda). El consumo se presenta en pulsos instantáneos de intensidad y duración aleatorias. Se procesaron los datos de la medición, para obtener el factor de utilización, duración, intensidad, frecuencia, volumen y microfugas de los pulsos para lo cual se programaron rutinas en Visual Basic®. El factor de utilización medio (la relación del tiempo en que hubo uso del agua entre el tiempo total de la medición) fue de 5.26 %. Estos parámetros posteriormente pueden ser usados en el modelo de Pulsos Rectangulares de Poisson (PRP) de Buchberger and Wu (1995) para generar series de consumo para los fines de modelos dinámicos de redes de agua potable u otros usos. La información obtenida ayudará también en una estimación con mayor precisión de las dotaciones de agua potable, y en general para un mejor entendimiento de los patrones reales del consumo doméstico de agua potable.

ABSTRACT

In this thesis, for first time in Mexico a study on real instantaneous domestic water consumption under ultra fine temporally resolution has been reported. At three houses with different income level in Culican, Sinaloa volumetric water meters equipped with magnetic sensors and data loggers were installed each one capable of recording readings every second. The water use in these houses was monitored during 101 days (over 8'700,000 readings per house). The readings represent instant water demand pulses with random intensity and duration. The data was processed by Visual Basic routines in order to calculate the utilization factor, duration, intensity, frequency, volume and microleaks from the registered pulses. The average utilization factor (the relation of time with water consumption to the total time measured) was 5.26%. These parameters may be used in the Buchberger and Wu (1995) Poisson Rectangular Pulses (PRP) model to create consumption series to be used in dynamic drinking water network models or in other applications. The information generated will help also to understand the real patterns of the domestic water consumption.

**“Análisis y caracterización estocástica del consumo de agua potable en
viviendas de Culiacán, Sinaloa”**

Alumno: Daniel Feliciano García

Director: Dr. Velitchko G. Tzatchkov

JURADO

PRESIDENTE: Dr. Felipe Ignacio Arreguín Cortés

VOCAL: Dr. Velitchko G. Tzatchkov

VOCAL: Dr. Steven Buchberguer

SECRETARIO: Dr. Nahún Hamed García Villanueva

SUPLENTE: M.I. Víctor Hugo Alcocer Yamanaka

SUPLENTE: M.I. Víctor J. Bourguett Ortiz

PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS

Alcocer, V., Tzatchkov, V., **Feliciano, G. D.**, Mejía, E., Martínez, E. (2003). *Modelo de transporte de sustancias en flujo no permanente en redes de agua potable*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Comisión Nacional del Agua. Informe final, 295 páginas.

Alcocer, Y.V., Tzatchkov, V., Buchberger, S., Arreguín, C.F., **Feliciano, G.D** (2004). "Stochastic Residential Water Demand Characterization". World Water & Environmental Resources Congress- 6th. Annual Symposium on Water Distribution System Analysis, June 2004, Salt Lake City, Utah, USA.

Tzátchkov, V., Alcocer, Y. V., Arreguín, C. F., **Feliciano, G, D.** (2005). "Medición y caracterización estocástica de la demanda instantánea de agua potable". *Revista Ingeniería Hidráulica en México*, volumen XX, núm.1, enero-marzo de 2005.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1. Flujos de régimen y estancamiento	9
1.2. Demandas Residenciales	9
1.3. Premisas de los Pulsos Rectangulares de Poisson	10
1.4. Hipótesis de los Pulsos Rectangulares de Poisson	12
1.5. Tuberías finales	14
1.6. Jerarquía de las ramificaciones en las redes	15
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE	19
2.1. Procesos estocásticos	23
2.2. El proceso de Poisson	23
2.3. Teoría de colas	24
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	29
3.1. Equipo empleado	31
3.1.1. Medidor Termoplástico 5/8", marca BadgerMeter, Inc.	31
3.1.2. Data Logger, marca RADCOM Technologies LTD	33
3.1.3. Sensor magnético de pulsos ms200	33
CAPÍTULO 4. SITIO DE ESTUDIO	39
4.1. Criterios de selección del sitio de aplicación	41
4.2. Selección del sitio de aplicación	41
4.3. Datos generales de la ciudad seleccionada	41
4.3.1. Localización geográfica	41
4.3.2. Temperatura y clima	42
4.4. Fuentes de abastecimiento	42
4.5. Estructuras de regularización y control	42
4.6. Población actual de la zona	42
4.7. Fugas	42
CAPÍTULO 5. CALIBRACION DEL EQUIPO DE MEDICION Y MEDICIONES PRELIMINARES	49
5.1. Instalación de equipo en la zona en estudio.	51
5.2. Mediciones preliminares	52
5.3. Calibración de equipos de medición magnética	55
5.4. Medición en campo de consumos	60
5.5. Instalación de nuevos medidores	67

5.6. Análisis del consumo intradomiciliario	68
5.7. Conclusiones preliminares.....	78
<i>CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN ESTOCÁSTICA DEL CONSUMO</i>	81
6.1. Puntos de medición.....	83
6.2. Factor de utilización (ρ).....	84
6.3. Número de pulsos	99
6.4. Duración (τ).....	114
6.5. Frecuencia λ	116
6.6. Volumen	118
6.7. Microfugas	132
6.8. Intensidad α	135
<i>CAPÍTULO 7. ESTUDIOS EN PROCESO Y FUTURO</i>	139
<i>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	145
9. REFERENCIAS	153
10. ANEXOS	159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Definición del concepto de Pulso Rectangular de Poisson.</i>	12
<i>Ilustración 2. Tubería cerrada de raíz (arriba) y una tubería cerrada en circuito (abajo).</i>	14
<i>Ilustración 3. Estructura básica de un sistema de colas.</i>	24
<i>Ilustración 4. Esquema del medidor termoplástico empleado.</i>	31
<i>Ilustración 5. Instalación de medidores en la zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.</i>	32
<i>Ilustración 6. Data Logger marca RADCOM Technologies.</i>	33
<i>Ilustración 7. Sensor magnético de pulsos.</i>	33
<i>Ilustración 8. Comportamiento del consumo en cuatro pulsos de demanda.</i>	35
<i>Ilustración 9. Ubicación de la zona de estudio. Humaya, Culiacán, Sinaloa.</i>	43
<i>Ilustración 10. Ubicación de las fuentes de regularización y abastecimiento, zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.</i>	44
<i>Ilustración 11. Dimensiones del tanque Santa Fé.</i>	45
<i>Ilustración 12. Dimensiones del tanque Humaya.</i>	45
<i>Ilustración 13. Distribución de colonias de la zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.</i>	46
<i>Ilustración 14. Instalación de Data-Logger y sensor magnético de pulsos.</i>	51
<i>Ilustración 15. Variación de la demanda en la casa habitación núm. 1. Horario 11:45-20:00 horas.</i>	52
<i>Ilustración 16. Variación del consumo en la casa habitación núm. 1. Horario 20:00 – 5:00 horas.</i>	53
<i>Ilustración 17. Variación del consumo en la casa habitación núm. 1. Horario 5:00 – 12:22 horas.</i>	53
<i>Ilustración 18. Distribución del consumo en horario vespertino.</i>	54
<i>Ilustración 19. Distribución del consumo en horario matutino.</i>	54
<i>Ilustración 20. Distribución del consumo en un período de 25 horas dentro una casa habitación.</i>	55
<i>Ilustración 21. Llenado de un recipiente de volumen conocido.</i>	56
<i>Ilustración 22. Toma de tiempo durante el llenado de recipiente y comprobación de lectura en el datalogger.</i>	56
<i>Ilustración 23. Lectura en el medidor.</i>	57
<i>Ilustración 24. Gráfica sobre de consumo ajustado.</i>	58
<i>Ilustración 25. Comportamiento de consumo en la casa de tipo de residencial ubicada en la zona Humaya, Culiacán.</i>	59
<i>Ilustración 26. Calibración de equipo de medición magnética a través de un recipiente de volumen conocido.</i>	60
<i>Ilustración 27. Variación de consumo en la casa habitación número uno.</i>	61
<i>Ilustración 28. Variación de consumo en la casa habitación número uno.</i>	61
<i>Ilustración 29. Variación del consumo en la casa habitación 2. Horario 8:45 – 17:30 horas.</i>	63
<i>Ilustración 30. Variación del consumo en la casa habitación 2. Horario 17:30 – 2:15 horas.</i>	64
<i>Ilustración 31. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 8:45-17:00 horas.</i>	65
<i>Ilustración 32. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 17:00 – 01:15 horas.</i>	66
<i>Ilustración 33. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 01:15-3:00 horas.</i>	66
<i>Ilustración 34. Ubicación de los medidores volumétricos dentro de la zona Humaya.</i>	67
<i>Ilustración 35. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 22 de agosto de 2003.</i>	68
<i>Ilustración 36. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 10 de septiembre de 2003. [miércoles].</i>	71
<i>Ilustración 37. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 11 de septiembre de 2003.</i>	72
<i>Ilustración 38. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 11 de septiembre de 2003. [jueves].</i>	72
<i>Ilustración 39. Variación de consumo de la casa "La virtud y Mercado de Zaragoza". Fecha 09 y 10 septiembre de 2003.</i>	73
<i>Ilustración 40. Variación de consumo de la casa "La virtud y Mercado de Zaragoza". Fecha 11 septiembre de 2003 [jueves].</i>	74
<i>Ilustración 41. Variación de consumo de la casa "La virtud y Mercado de Zaragoza". Fecha 13 y 14 septiembre de 2003 [sábado y domingo].</i>	74
<i>Ilustración 42. Variación de consumo de la casa "La virtud y Mercado de Zaragoza". Fecha 23 septiembre de 2003.</i>	75
<i>Ilustración 43. Variación de consumo de la casa "La virtud". Fecha 26 y 27 de septiembre de 2003.</i>	76

<i>Ilustración 44. Variación de consumo de la casa "La virtud". Fecha 29 y 30 de septiembre de 2003.</i>	77
<i>Ilustración 45. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Agosto.</i>	84
<i>Ilustración 46. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Septiembre.</i>	85
<i>Ilustración 47. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Octubre.</i>	86
<i>Ilustración 48. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Noviembre.</i>	87
<i>Ilustración 49. Variación del factor de utilización en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Agosto.</i>	88
<i>Ilustración 50. Variación del factor de utilización en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Septiembre.</i>	89
<i>Ilustración 51. Variación del factor de utilización en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Octubre.</i>	90
<i>Ilustración 52. Variación del factor de utilización en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Noviembre.</i>	91
<i>Ilustración 53. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Agosto.</i>	92
<i>Ilustración 54. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.</i>	93
<i>Ilustración 55. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Octubre.</i>	94
<i>Ilustración 56. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.</i>	95
<i>Ilustración 57. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Agosto.</i>	100
<i>Ilustración 58. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Septiembre.</i>	101
<i>Ilustración 59. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Octubre.</i>	102
<i>Ilustración 60. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Noviembre.</i>	103
<i>Ilustración 61. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Agosto.</i>	104
<i>Ilustración 62. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Septiembre.</i>	105
<i>Ilustración 63. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Octubre.</i>	106
<i>Ilustración 64. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Noviembre.</i>	107
<i>Ilustración 65. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Agosto.</i>	108
<i>Ilustración 66. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.</i>	109
<i>Ilustración 67. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Octubre.</i>	110
<i>Ilustración 68. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.</i>	111
<i>Ilustración 69. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Agosto.</i>	118
<i>Ilustración 70. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Septiembre.</i>	119
<i>Ilustración 71. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Octubre.</i>	120
<i>Ilustración 72. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Noviembre.</i>	121
<i>Ilustración 73. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Agosto.</i>	122
<i>Ilustración 74. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Septiembre.</i>	123
<i>Ilustración 75. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Octubre.</i>	124
<i>Ilustración 76. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Noviembre.</i>	125
<i>Ilustración 77. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Agosto.</i>	126
<i>Ilustración 78. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.</i>	127
<i>Ilustración 79. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Octubre.</i>	128
<i>Ilustración 80. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.</i>	129
<i>Ilustración 81. Microfugas en una casa habitación.</i>	132
<i>Ilustración 82. Ubicación de algunos micromedidores dentro de la zona "Humaya".</i>	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso del agua dentro de una casa residencial ^a	10
Tabla 2. Características de medidor volumétrico Badger Meter, Inc.	31
Tabla 3. Resumen de comportamiento de consumo intradomiciliario.	58
Tabla 4. Ubicación de nuevos medidores.....	67
Tabla 5. Registros de consumo, casa "Internacional".....	69
Tabla 6. Resumen de características de consumo.	70
Tabla 7. Resumen del comportamiento de la casa "Internacional".....	71
Tabla 8. Resumen del comportamiento de la casa "La virtud y Mercado de Zaragoza".....	73
Tabla 9. Tabla resumen del comportamiento de la casa "Nevado de Toluca".....	75
Tabla 10. Tabla resumen del comportamiento de la casa "La virtud".....	77
Tabla 11. Datos de los domicilios donde se midió.....	83
Tabla 12. Factor de utilización en porcentaje de Agosto.....	84
Tabla 13. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.....	85
Tabla 14. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.....	86
Tabla 15. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.....	87
Tabla 16. Factor de utilización en porcentaje de Agosto 2003.....	88
Tabla 17. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.....	89
Tabla 18. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.....	90
Tabla 19. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.....	91
Tabla 20. Factor de utilización en porcentaje de Agosto 2003.....	92
Tabla 21. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.....	93
Tabla 22. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.....	94
Tabla 23. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.....	95
Tabla 24. Promedio del factor de utilización en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	96
Tabla 25. Promedio del factor de utilización en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	96
Tabla 26. Promedio de factor de utilización en fines de semana de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	96
Tabla 27. Promedio de factor de utilización en días hábiles de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	97
Tabla 28. Promedio de factor de utilización en fines de semana de la vivienda de la "Internacional".....	97
Tabla 29. Promedio de factor de utilización en días hábiles de la vivienda de la "Internacional".....	97
Tabla 30. Comparación del factor de utilización.....	98
Tabla 31. Número de pulsos en Agosto 2003.....	100
Tabla 32. Número de pulsos en Septiembre 2003.....	101
Tabla 33. Número de pulsos en Octubre 2003.....	102
Tabla 34. Número de pulsos en Noviembre 2003.....	103
Tabla 35. Número de pulsos en Agosto 2003.....	104
Tabla 36. Número de pulsos en Septiembre 2003.....	105
Tabla 37. Número de pulsos en Octubre 2003.....	106
Tabla 38. Número de pulsos en Noviembre 2003.....	107
Tabla 39. Número de pulsos en Agosto 2003.....	108
Tabla 40. Número de pulsos en Septiembre 2003.....	109
Tabla 41. Número de pulsos en Octubre 2003.....	110
Tabla 42. Número de pulsos en Noviembre 2003.....	111
Tabla 43. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	112
Tabla 44. Promedio de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	112
Tabla 45. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "La virtud y Mz".....	112
Tabla 46. Promedio de pulsos en fines de días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".....	112
Tabla 47. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".....	113
Tabla 48. Promedio de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".....	113
Tabla 49. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	114
Tabla 50. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	114
Tabla 51. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "La virtud y Mz".....	114
Tabla 52. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".....	115
Tabla 53. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".....	115

Tabla 54. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".....	115
Tabla 55. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".	116
Tabla 56. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	116
Tabla 57. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana en la casa "La virtud y Mz".....	117
Tabla 58. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".....	117
Tabla 59. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".....	117
Tabla 60. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".....	117
Tabla 61. Consumos medios diarios en Agosto 2003.....	118
Tabla 62. Consumos diarios en Septiembre 2003.....	119
Tabla 63. Consumos diarios en Octubre 2003.....	120
Tabla 64. Consumos diarios en Noviembre 2003.....	121
Tabla 65. Consumos diarios en Agosto 2003.....	122
Tabla 66. Consumos diarios en Septiembre 2003.....	123
Tabla 67. Consumos diarios en Octubre 2003.....	124
Tabla 68. Consumos diarios en Noviembre 2003.....	125
Tabla 69. Consumos diarios en Agosto 2003.....	126
Tabla 70. Consumos diarios en Septiembre 2003.....	127
Tabla 71. Consumos diarios en Octubre 2003.....	128
Tabla 72. Consumos diarios en Noviembre.....	129
Tabla 73. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".	130
Tabla 74. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	130
Tabla 75. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	130
Tabla 76. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	131
Tabla 77. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda en "Internacional".....	131
Tabla 78. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda en "Internacional".....	131
Tabla 79. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	132
Tabla 80. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".....	133
Tabla 81. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	133
Tabla 82. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	133
Tabla 83. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de la "Internacional".....	134
Tabla 84. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de la "Internacional".....	134
Tabla 85. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".	135
Tabla 86. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".	135
Tabla 87. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda de la "Virtud y Mz".	136
Tabla 88. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda de la "Virtud y Mz".....	136
Tabla 89. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda en "Internacional".....	136
Tabla 90. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda en "Internacional".....	136

A mí me basta con sentir el misterio de la eternidad de la vida, ser consciente y tener el presentimiento de la admirable construcción de todo lo que es, luchar activamente por alcanzar una parcela, por mínima que sea, de la Razón que se manifiesta en la naturaleza.

La experiencia más hermosa que tenemos a nuestro alcance es el misterio. Es la emoción fundamental que está en la cuna del verdadero arte y de la verdadera ciencia. El que no la conozca y ya no pueda admirarse, y ya no pueda asombrarse y maravillarse, está como muerto y tiene los ojos nublados.

Albert Einstein

INTRODUCCIÓN

El objetivo de los sistemas de abastecimiento es suministrar agua a los usuarios del servicio. La respuesta del sistema va a estar condicionada fundamentalmente por las demandas. Sin embargo, en el caso de las demandas, éstas no permanecen constantes a lo largo del tiempo, sino que varían aleatoriamente siguiendo unos determinados patrones temporales.

La obtención de la demanda de agua potable de los nodos de una red presenta una serie de dificultades. Generalmente, la demanda suele obtenerse a partir de los datos promedios de facturación mensual de los usuarios, mediciones del gasto en las fuentes y los tanques que abastecen la red. Sin embargo, los intervalos de tiempo sobre los que se calculan los caudales promedio no son homogéneos en toda la red de distribución. Mientras que habitualmente se conocen los caudales inyectados de una forma diaria, o incluso instantánea si se dispone de un sistema de telemetría, los volúmenes de agua facturados comprenden un período mayor, habitualmente un mes, y ni siquiera coinciden las fechas en las que se toman las lecturas de todos los usuarios, como consecuencia de las diferentes rutas de lectura. Esto implica que los diferentes consumos obtenidos no puedan sumarse directamente, debido a la variación estacional de las demandas. El desconocimiento del valor y localización de las fugas, de los errores de micro medidores, y en general, del caudal no contabilizado, añaden incertidumbre a la asignación de demandas a los nodos.

Este problema es particularmente evidente en el caso de los consumos domésticos (al contrario de un uso industrial, en el que los consumos dependen en gran medida del proceso productivo), ya que si bien se observan una serie de patrones que se repiten periódicamente, existe una componente aleatoria, debido a lo impredecible del comportamiento humano. El consumo de agua doméstico es además, el componente más grande del consumo de agua de un abastecimiento urbano, a menudo sobrepasando el 75% del consumo total del sistema (Wells, 1994), siendo normalmente del 50 al 65% de la demanda de agua del sistema (Billings y Jones, 1996), pero en México se tiene que en promedio se consume el 71 % de la producción total del agua en casas habitación, el 12 % en la industria, el 15 % en el comercio y el dos por ciento en el sector servicios (Arreguín, 1994),

El tratamiento del consumo de agua doméstico como una variable aleatoria que debe estimarse mediante métodos probabilísticos, más que determinísticos, ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (García, 2003).

Por tanto, los principales objetivos de la tesis son:

- Realizar y analizar propuestas para llevar a cabo la caracterización estocástica de la demanda de agua potable.
- Realizar un estudio del estado del arte sobre la caracterización estocástica de la demanda de agua potable.
- Profundizar en el modelo de Pulsos Rectangulares de Poisson y establecer los criterios para la obtención de sus parámetros a partir de datos de campo.

La vida es el arte de obtener suficientes conclusiones a partir de insuficientes premisas

Samuel Butler

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de formular una descripción de los mecanismos de un fenómeno físico, utilizarlo para hacer predicciones, comparar la predicción con la observación, y modificar la descripción donde sea necesario, se denomina genéricamente modelación matemática. El desarrollo de modelos matemáticos en el campo de la Ingeniería Hidráulica, de forma similar a lo que ocurre en otras disciplinas, resulta una herramienta fundamental para el estudio del comportamiento de ciertos sistemas físicos. Los modelos permiten sintetizar los datos experimentales observados, y son capaces de predecir la respuesta del sistema a partir de unas determinadas condiciones iniciales. En ocasiones los modelos desarrollados forman parte de otros modelos con mayor complejidad.

La elaboración de un modelo supone un compromiso entre el grado de manejabilidad matemática y el grado de representatividad del proceso físico que se quiere alcanzar. Al respecto, es importante que exista una elevada eficiencia en el proceso de estimación de parámetros. La bondad de un modelo se mide en términos de la capacidad del mismo para reproducir estadísticamente los registros observados. Algunos de estos modelos pueden clasificarse como deterministas, en el sentido que describen los procesos físicos en forma de ecuaciones diferenciales, las cuales, cuando son resueltas sujetas a unas determinadas condiciones iniciales y de contorno, proporcionan predicciones sobre el comportamiento futuro. Dentro de estos modelos deterministas pueden citarse los desarrollados por St Venant y Darcy en el siglo XIX, y por Dooge, Philip y otros en el siglo XX. En algunos casos, modelos que inicialmente tuvieron un carácter determinista, han sido transformados mediante la adopción de metodología estadística, que permita describir las incertidumbres. Tal es el caso de los modelos de precipitación-escorrentía, en donde los parámetros de los modelos son considerados como variables aleatorias.

Dentro de los modelos que utilizan variables aleatorias, se puede diferenciar entre las series temporales y los procesos estocásticos. Las series temporales tratan de describir las características estadísticas de una variable, o de las relaciones entre dos o más variables, cuando éstas son observadas a intervalos de tiempo regulares. Por otra parte, los procesos estocásticos pueden ser definidos genéricamente como aquellos expresados en términos de las probabilidades de que las variables aleatorias adopten determinados valores o estén comprendidas dentro de ciertos rangos. Si bien la distinción entre series temporales y procesos estocásticos resulta útil de cara a la clasificación de los diferentes modelos, no existe en la práctica una clara diferencia entre ambos; a menudo, los procesos estocásticos pueden ser expresados en forma de series temporales. En ambos casos se puede decir que se trata de modelos matemáticos que representan fenómenos empíricos que obedecen leyes probabilísticas, más que determinísticas.

El proceso de Poisson, principal representante de la familia de procesos de punteo, describe las series de ocurrencias independientes distribuidas en el eje de tiempos mediante algún mecanismo estocástico, y separadas entre sí por intervalos distribuidos exponencialmente.

Mediante un modelo de pulsos rectangulares de Poisson (PRP) puede representarse un proceso de series de ocurrencias, cada una de las cuales tiene asociada una duración e

intensidad independientes y aleatorias. Este modelo se ha utilizado en la formulación de modelos de precipitación temporal, habiéndose producido entre los años 1988 y 1995, un desarrollo espectacular de los procesos de punteo de pulsos rectangulares. Éste modelo puede ser también empleado para representar los consumos de agua domésticos, los cuales pueden ser considerados como una sucesión de pulsos rectangulares de duración e intensidad aleatorias.

El resultado del diseño o del análisis de una red de distribución de agua depende de los caudales que tenga que suministrar el sistema. Si bien es posible, cuando se trata del análisis de una red en servicio, disponer de los caudales demandados por los usuarios, normalmente la información disponible tiene un nivel de agregación elevado, bien a nivel espacial, como es el caso de los medidores que existen en los puntos de inyección del sistema, o a nivel temporal, como sucede en el caso de los volúmenes de agua facturados a los usuarios del servicio. Tales niveles de agregación, si bien pueden resultar adecuados en determinadas aplicaciones, como es el caso de un macromodelo o modelo estratégico de la red, resulta poco apropiado cuando el nivel de agregación es pequeño, donde los consumos de agua requeridos por los usuarios individuales influirán de forma significativa en la variación de los consumos asignados a los nodos de la red. Este problema es particularmente evidente en el caso de los consumos domésticos, se observan una serie de patrones que se repiten periódicamente, existe una fuerte componente aleatoria. Es posible modelar los consumos domésticos mediante un proceso de Poisson de pulsos rectangulares, generando series sintéticas de consumos que se aproximen lo suficiente a secuencias posibles, y que puedan ser utilizadas para determinar, dentro de ciertos errores estadísticos, las cantidades de interés en el sistema. Se contempla el fenómeno de generación de caudales como un proceso estocástico en que se repite el pasado, pero en un sentido estadístico, y las características estadísticas se suponen independientes del tiempo. De esta forma, se obtendrán muchas series de la duración que se desee, cada una de las cuales tiene la misma probabilidad que las demás de ocurrir (equiprobables), y serán utilizadas para evaluar el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de carga. Del uso de todas las series generadas se pueden obtener estadísticos de interés de dicho comportamiento. Con objeto de determinar los parámetros del modelo correspondientes a una determinada vivienda, es necesario disponer de un registro histórico de consumos. Dicho registro histórico consistirá en una medición continua del caudal demandado en la vivienda durante un intervalo de tiempo que permita identificar los patrones que se repiten de forma periódica, así como realizar la estimación de parámetros con un alto grado de representatividad desde el punto de vista estadístico, especialmente por lo que se refiere al consumo total diario. El registro histórico consistirá en el caudal producido por la superposición de los diferentes usos de los aparatos domésticos, una vez se disponga de dicho registro, es necesario identificar los pulsos de consumo rectangulares que han generado los consumos medidos.

Con el trabajo que aquí se desarrolla es posible predecir la demanda hasta el nivel de los consumidores individuales, lo que le permite una mejor descripción de los mecanismos relacionados con el consumo de agua, a la vez que posibilita su uso para la modelación matemática de una red de abastecimiento, sin importar la agregación espacial que se haya adoptado. De esta manera, es posible simular los pulsos individuales de consumo que se

producen a lo largo del día y seleccionar la escala temporal que se desee, pudiendo obtenerse tanto caudales máximos, adecuados para problemas de diseño, como caudales horarios para simulaciones en períodos extendidos, entre otras aplicaciones.

1.1. Flujos de régimen y estancamiento

Los modelos existentes de redes asumen la existencia de un flujo turbulento continuo cuasi permanente en todo el sistema de distribución de agua. Sin embargo, en las tuberías con el extremo final cerrado, el régimen de flujo predominante es un laminar, (Buchberguer, 2003).

Una buena estimación de la probabilidad de estancamiento en cualquier ramificación en una tubería que abastece a un vecindario de N número de casas, está dada por la siguiente expresión, (Buchberguer, 2003):

$$P_0 = \exp[-N\bar{p}] \quad (1)$$

donde \bar{p} es el factor de utilización promedio para una casa de una familia típica en la zona de servicio. El factor de utilización es una medida de consumo de agua en una casa, debido a que indica el tiempo que es utilizada el agua en la vivienda.

1.2. Demandas Residenciales

La demanda residencial es el componente de mayor uso del agua municipal en EUA (Flack, 1982); a menudo excede el 75 % del consumo total del sistema. Debido a las diferentes características de demanda. El uso de agua dentro de la casa corresponde a las demandas residenciales en el invierno e incluye el uso de agua para beber, cocinar, bañarse, lavar, limpiar y para disponer de los desechos derivados de los muebles sanitarios.

En el estudio clásico hecho por Linaweaver *et al*; (1966) encontró que la duración por evento del uso del agua dentro de la casa fue en promedio menor a tres minutos y rara vez excedió de 25 minutos.

Un desglose del promedio de uso de agua dentro de la vivienda con base a algunos accesorios y aplicaciones se dan en la tabla 1.

Tabla 1. Uso del agua dentro de una casa residencial^a.

Accesorio Categoría	Porcentaje del total	Volumen diario (L/día)	Intensidad de demanda	Suma diaria (uso/día)	Duración del flujo
Retrete	28	303	7.5 - 22.7 L/uso	20	32 min
Lavadero	22	246	94.6 L/uso	2.5	21 min
Regadera	20	227	7.5 - 15.1 L/min	3	20 min
Grifos	12	132	Arriba de 15.1 L/min	40	17 min
Baños	10	114	113.6 L/uso	1	5 min
Fregadero	3	30	30.3 L/uso	1	5 min
Fugas	5	45	0.03 L/min	Continuo	24 h
Total	100	1098 ^(b)	0.08 L/min	67.5 ^(c)	100 min ^(d)

(a) Adoptadas por Maddaus (1987).

(b) Con base en una residencia con una familia individual de cuatro integrantes, con 275 litros per capita diarios de uso promedio de agua.

(c) Excluyendo las fugas de agua en esta categoría.

(d) Factor promedio de utilización, $\rho=(100\text{min/día})/(1440 \text{ min /día}) = 0.07$

(e) Demanda promedio de un servidor ocupado, $\alpha=(1052 \text{ L/día})/(100\text{min/día}) = 10.52 \text{ L/min}$ (excluyendo fugas).

En México no se ha realizado un estudio a ese detalle, lo que se sabe es que en una vivienda puede utilizarse hasta un 35 por ciento en excusados, un 30% en las regaderas, un 20 en las lavadoras de ropa, entre un 3 y 10% en las llaves de los fregaderos y lavabos y un cinco por ciento en las lavadoras de trastes (Arreguín, 1994).

Existen excusados que utilizan 16 a 20 litros por descarga, lo que significa un consumo de 80 a 100 litros diarios por habitante, las regaderas tienen una descarga de 10 L/min (Arreguín, 1994), los lavabos con sensores que hacen que el agua salga cuando se coloca las manos bajo ellos, se tienen descargas de 1.51-5.90 L/min, (García y Cortés, 1991).

1.3. Premisas de los Pulsos Rectangulares de Poisson

El uso de agua residencial puede ser analizado con métodos de teorías de colas, desarrollado por Erlang (1917-1918) pionero en el estudio de demandas para la industria telefónica.

En el contexto de sistemas de distribución municipal, la premisa básica es que la demanda de agua residencial en una casa tiene un comportamiento que en el tiempo se comporta como un proceso de *Pulsos Rectangulares de Poisson (PRP)*, (Buchberger, 2003).

En el argot de la teoría de colas, los ocupantes de las casas son consumidores, mientras los accesorios para agua y aparatos son servidores. Cuando los ocupantes obtienen agua de la red de distribución, la casa se considera ocupada, de lo contrario es “inactiva”.

El concepto de PRP puede ser aplicado a un accesorio para agua, a una casa, a un pequeño o gran vecindario y a todo el sistema de distribución. Es importante mantener en mente “el punto de referencia” (accesorio, residencia, vecindario, red) cuando se aplica el concepto de PRP a los sistemas de distribución. Esto permite la definición de jerarquía para las tuberías de la red.

Sin consideración de escala o jerarquía, el modelo PRP requiere de ciertos parámetros para caracterizar el uso del agua en la vivienda, por ejemplo, el factor de utilización (ρ), la intensidad promedio (α), la frecuencia (λ), la varianza de la tasa del uso del agua (β^2), entre otros.

Cuando se aplica a una casa, los parámetros de ese modelo son interpretados de la siguiente manera:

- ρ es un factor de utilización adimensional, que representa el porcentaje de tiempo de uso de agua en la casa.
- α es la intensidad promedio del uso de agua de un accesorio utilizado en casa.
- β^2 es la varianza de la tasa del uso de agua de un accesorio ocupado en casa.

Por ejemplo los datos de la tabla 1 sugieren $\rho=0.07$ y $\alpha=10.52$ L/min para una casa con cuatro habitantes (ver las notas (d) y (e) bajo la tabla 1. El factor de utilización de la tabla 1 representa un valor promedio diario, el cual variará durante el transcurso del día y su variabilidad es la fuente primaria de la dependencia del tiempo en el modelo PRP propuesto.

Bajo las hipótesis del PRP, la frecuencia de uso de agua residencial es aceptada para seguir un proceso de llegada de Poisson con un parámetro de velocidad dependiente del tiempo.

Cuando el agua es utilizada en una casa habitación, se generan los pulsos rectangulares de duración aleatoria e intensidad constante. La intensidad del pulso es el volumen de agua que se registra cuando el accesorio es utilizado, por otro lado se tiene la duración, es el tiempo que es utilizado el accesorio, en la ilustración 1 se puede apreciar en el eje horizontal la duración y en el eje vertical la intensidad.

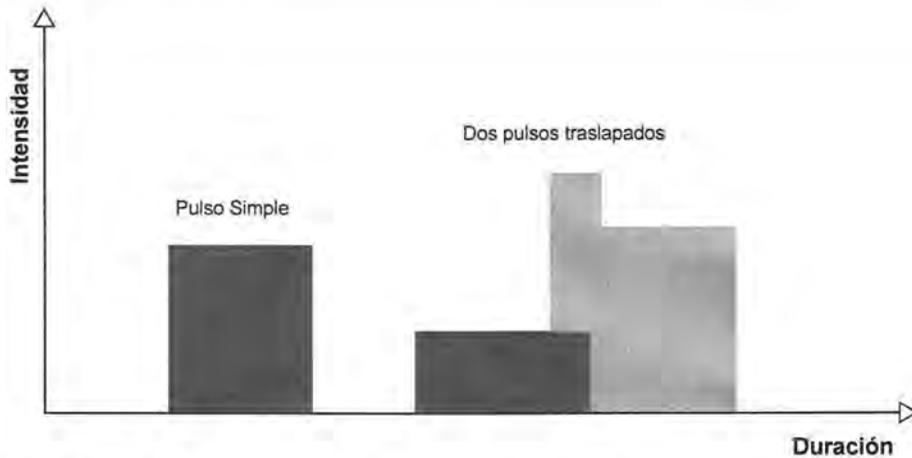


Ilustración 1. Definición del concepto de Pulso Rectangular de Poisson.

Buchberger y Wells (1996) encontraron que arriba del 80 % de las demandas de agua residencial dentro de la casa ocurren con pulsos simples, demostraron que los patrones de demanda complejos son fácilmente convertidos en pulsos simples equivalentes. Por las suposiciones de *Poisson* es improbable que más de un pulso inicie en el mismo instante; debido a la duración finita de cada pulso de agua, sin embargo, es posible que dos o más pulsos con diferentes tiempos de inicio se pudiesen traslapar por periodos limitados. Cuando esto ocurre, el uso total de agua sobre las residencias, es la suma de las intensidades de los pulsos coincidentes.

Puede ser demostrado que las premisas del PRP permiten explicar las expresiones para los momentos teóricos y distribuciones de probabilidad de accesorios y casas ocupados, velocidades de flujo en las tuberías con extremo cerrado de los sistemas de distribución de agua municipales (Buchberger and Wu 1995, Buchberger y Schade 1997, Buchberger, *et al.*, 1998, Buchberger and Lee 1999). Debido a su simplicidad y versatilidad; el PRP ofrece acercarse a un nuevo camino prometedor para modelar la simplicidad y versatilidad del flujo en las tuberías que integran un sistema de distribución de agua potable.

1.4. Hipótesis de los Pulsos Rectangulares de Poisson

El modelo de PRP requiere de parámetros, α , β^2 y $\rho(t)$, el último parámetro es no homogéneo debido a que depende de varios factores para su generación, por ejemplo, cuando el usuario se baña, lava, realiza sus necesidades fisiológicas, es decir el tiempo en el cual el usuario utiliza el agua. Es sabido que el hombre usa el agua en diferentes horarios cada día, por estas razones se dice que el factor de uso es no homogéneo. Los valores de α y β^2 son estables en una casa, y pueden ser obtenidos directamente por las medidas de los Pulsos Rectangulares Equivalentes Simples (PRES).

La versatilidad del modelo se puede mostrar con algunas aplicaciones poco usuales como las realizadas en Milford, Ohio:

- Estimación de las demandas pico en las ramificaciones de las tuberías.
- Identificación de fugas en las tuberías.
- Simulación de las demandas de agua residenciales por modelos de redes.
- Caracterización de la demanda de agua potable.

1.5. Tuberías finales

Son tuberías que tienen una sola conexión para la porción anidada de los sistemas de distribución. Como lo muestra la ilustración 2.

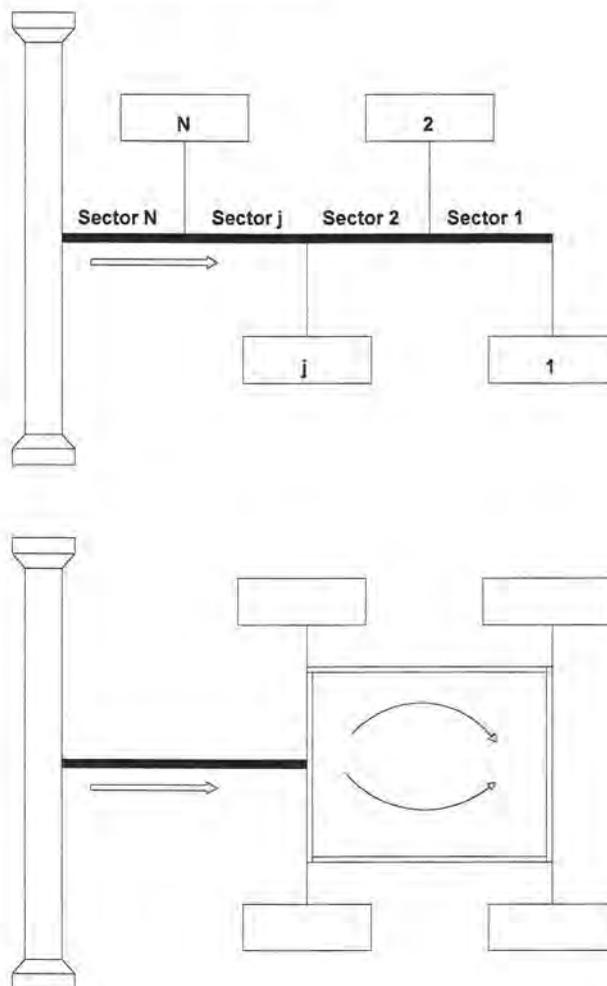


Ilustración 2. Tubería cerrada de raíz (arriba) y una tubería cerrada en circuito (abajo).

Existen dos tipos de tuberías principales cerradas, de raíz (*stem*) y de circuito (*loop*), en la primera, el agua se mueve en una sola dirección, desde la entrada hasta el punto de salida, en proporciones dictadas por el uso aguas abajo.

Una tubería cerrada en circuito puede ser vista como una tubería de raíz que cierra en sí misma. El flujo en una tubería cerrada de circuito es bidireccional y complicado. No obstante, el rasgo importante es que este tipo de tubería es añadida sólo a una tubería cerrada de raíz y no conecta a ningún otro punto de la porción principal de la red de distribución de agua.

1.6. Jerarquía de las ramificaciones en las redes

Los resultados generados en una localidad pueden ser transferidos a puntos aguas abajo o aguas arriba del punto nominal de referencia. Por ejemplo, un modelo *PRP* basado en tomas domiciliarias puede ser usado (aguas arriba) para predecir el flujo dentro de la tubería cerrada principal y usarlo (aguas abajo) para inferir el comportamiento de los servidores dentro de la casa.

Para eliminar la confusión acerca del punto de los sistemas de abastecimiento de agua donde el concepto de *PRP* es aplicado, una simple jerarquía es necesaria para especificar la localización en las ramificaciones de la red.

Para investigar la verdad es preciso dudar, en cuanto sea posible, de todas las cosas una vez en la vida

Descartes

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE DE LA CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE

La modelación de los consumos de agua ha centrado la atención de una serie de investigadores en los últimos años.

El estudio realizado por Linaweaver *et. al.* (1966) y muchas subsecuentes investigaciones han revelado que el consumo de agua en una casa depende primordialmente del número de ocupantes, estratos socioeconómicos, tamaño del lote, precio del agua, dotación y clima.

Kiya y Murakawa (1989) distinguieron claramente dos métodos para la determinación de la carga de diseño para edificios, el método de simulación y el método de probabilidad. Ambos métodos están basados en la hipótesis que las tasas de llegada, es decir, la frecuencia a la cual los usuarios demandan agua, siguen una distribución de Poisson. Esta hipótesis fue corroborada en su trabajo, en donde además, aparece recogida una cantidad significativa de datos sobre consumo de agua para diferentes tipos de edificios, así como sobre las propiedades de descarga de algunos aparatos sanitarios. El interés de estos autores se centra principalmente en el diseño de las instalaciones sanitarias de los edificios.

Bowen *et al.* (1993) midieron el uso de agua en cinco ciudades de Estados Unidos, tanto en verano como en invierno, para períodos continuos de una semana como mínimo. Se seleccionaron ocho categorías de usuarios (en función del tipo de vivienda unifamiliar o colectiva, así como de su tamaño y antigüedad) para cada ciudad, y las mediciones se realizaron en alrededor de 10 viviendas por categoría. Los datos fueron analizados estadísticamente para determinar el patrón de uso volumétrico, con respecto al caudal y la hora del día. Además de la conocida interacción entre el clima y el consumo de agua, se observó que el ciclo de consumo a lo largo del día era periódico, repetido cada día de forma significativa. Los autores comprobaron que la mayor parte del agua consumida estaba en el rango de 0.13 a 0.38 L/s/vivienda, así como que los datos de consumo de agua medidos se aproximaban a una distribución log-normal.

Buchberger y Wu (1995) desarrollaron un modelo para evaluar la distribución de probabilidad del caudal a través de un ramal ciego que suministra agua a un bloque de viviendas heterogéneas, asumiendo que los consumos de agua residenciales ocurren según un proceso no homogéneo de pulsos rectangulares de Poisson. Wells (1994) y Buchberger y Wells (1996) registraron los consumos de agua en cuatro viviendas unifamiliares para un período de un año, y convirtieron los consumos en pulsos simples equivalentes rectangulares, comprobando que pueden ser representados como pulsos rectangulares, aunque se encontraron diferencias significativas entre las medias y varianzas del número de pulsos, mayores de lo que se podría esperar del original proceso no homogéneo de pulsos rectangulares de Poisson. En un trabajo más reciente, Buchberger y Lee (1999) midieron los consumos de agua en 21 viviendas unifamiliares durante un período de un año, concluyendo que el consumo de agua potable tiene un comportamiento de pulsos rectangulares de Poisson.

DeOreo *et al.* (1996) registraron los consumos de agua en 16 viviendas durante tres semanas, e identificaron el aparato sanitario correspondiente a cada uso, obteniendo los intervalos de caudal y volumen para cada aparato.

Xu y Goulter (1998) proponen una metodología de dos etapas para la estimación de la fiabilidad en redes de distribución de agua, teniendo en cuenta las incertidumbres en los consumos nodales, capacidad de las tuberías, niveles de los depósitos, y disponibilidad de los componentes del sistema. Se asume que tanto los consumos, como los niveles de los depósitos y las rugosidades de las tuberías son variables con una distribución normal. Un análisis de sensibilidad realizado sobre una red, muestra que las fiabilidades de los nudos y del sistema son sensibles a cambios en los consumos nodales y niveles de depósitos, y relativamente insensibles a variaciones de la rugosidad de las tuberías. El modelo propuesto se desarrolla a partir de un modelo hidráulico en estado estacionario, si bien se considera necesario un modelo que tenga en cuenta el carácter dinámico de los sistemas de distribución de agua, considerando las variaciones diarias y estacionales de la demanda.

Mayer *et al.* (1999) registraron el consumo de agua en 1,188 viviendas unifamiliares situadas en 14 ciudades de Norte América, correspondientes a 12 localizaciones diferentes. Los datos fueron obtenidos aproximadamente durante cuatro semanas para cada vivienda, habiendo sido dividido el período de medida en dos intervalos de dos semanas espaciados en el tiempo, de forma que se pudieran abarcar los períodos de verano (consumo máximo) e invierno. El almacenamiento de la información se llevó a cabo mediante un data-logger conectado al contador de agua de la vivienda, que registraba el consumo a intervalos de 10 segundos, midiéndose tanto el consumo interior como el exterior. Mediante un programa de análisis, se consiguió desagregar el registro continuo de caudal obtenido, en los diferentes usos individuales. El principal objetivo de este estudio fue proporcionar información acerca de la cantidad de agua que se emplea para cada uso en las viviendas, haciendo posible la estimación del ahorro que se puede conseguir mediante diferentes programas de conservación de agua. Por otra parte, a partir de los datos desagregados se desarrollaron modelos de predicción que permiten estimar el consumo de agua doméstica.

Gargano y Pianese (2000) describen una metodología para evaluar la fiabilidad de los sistemas de distribución de agua. Este enfoque incluye como uno de sus pasos, la generación de varios conjuntos de consumo en los nudos, cada una compuesta de 24 valores horarios. Para generar estos valores sintéticos, se considera una curva de modulación estándar para una población de 5,000 usuarios, caracterizada por un pico durante la mañana, y otros dos picos menores por la tarde y noche. Esta curva de modulación es entonces corregida a través de la generación de números aleatorios utilizando el método de Monte Carlo, considerando los coeficientes horarios como variables aleatorias.

García Carrasco (2003) desarrolló un modelo estocástico, para simular consumos domésticos de agua, basado en un proceso de pulsos rectangulares de Poisson. El modelo presenta cada consumo elemental a través de un pulso rectangular, caracterizado por una duración e intensidad determinados, que se consideran aleatorias para el conjunto de pulsos

2.1. Procesos estocásticos

Un fenómeno aleatorio que surge en un proceso (como puede ser el consumo diario de agua en una vivienda, el número de aparatos sanitarios que se encuentran en uso en un instante determinado del día, etc.) que se desarrolla en el tiempo de una manera tal que puede representarse a leyes probabilísticas se denomina proceso estocástico.

Desde un punto de vista matemático, se define un proceso estocástico como un conjunto $\{X(t), t \in T\}$ de variables aleatorias. El conjunto T se llama conjunto índice del proceso, no existiendo ninguna restricción a la naturaleza de T . Pueden diferenciarse, no obstante, dos casos importantes de procesos estocásticos:

Si $T = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ o Si $T = \{0, 1, 2, \dots\}$ se dice que es un proceso de parámetro discreto.

Si $T = \{t : -\infty < t < \infty\}$ o $T = \{t : t \geq 0\}$ se dice que es un proceso de parámetro continuo.

De forma similar al conjunto índice T , la variable aleatoria $X(t)$ puede adoptar valores discretos o continuos.

2.2. El proceso de Poisson

El proceso de Poisson constituye un punto de partida importante para muchas aplicaciones relacionadas con la ciencia del agua, en las cuales se utilizan modelos probabilísticos para describir sucesos que ocurren de forma irregular en el tiempo o en el espacio. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son: el movimiento de partículas sedimentables; el desarrollo de celdas convectivas; la ocurrencia de gastos máximos que rebasan un valor umbral; los tiempos de llegada de las gotas de lluvia sobre las hojas. Los ejemplos indicados están relacionados con la hidrología, poniendo de manifiesto el interés que tiene el proceso de Poisson en la modelación estocástica de la precipitación, y otras aplicaciones en el ámbito de la hidrología estocástica, entre otros; sin embargo, el proceso de Poisson va a tener también aplicación en hidráulica urbana, para representar el número de pulsos de consumo de agua que se produce en una vivienda (o en general, en un uso del agua) a lo largo del día. Se pueden representar estos procesos mediante una función de conteo $N(t)$, definida para el intervalo $[0, t]$, que representa el número de sucesos que han ocurrido durante el período de tiempo transcurrido desde 0 a t , siendo $t=0$ el instante en el que se inicia la observación.

2.3. Teoría de colas

La teoría de colas (Gross, 1998) es una rama de la teoría de probabilidad que comprende el estudio matemático de colas. La formación de colas es un fenómeno común que sucede siempre que la demanda de un determinado servicio excede la capacidad de la instalación, tal como se presenta en los mostradores de un supermercado, movimiento del tráfico en una red de autopista, las líneas de una central de teléfonos, o los aparatos sanitarios de un determinado local público. El comportamiento básico asumido por la mayoría de los sistemas de colas puede quedar esquematizado como se observa en la ilustración 3.

El origen de la Teoría de Colas o Líneas de Espera se remonta a los estudios realizados en 1909 por Agner Krarup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929), para analizar la congestión de tráfico de llamadas en el sistema telefónico de Copenhague. Esta teoría es ahora una herramienta de valor debido a que muchos de sus problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión llegada partida.

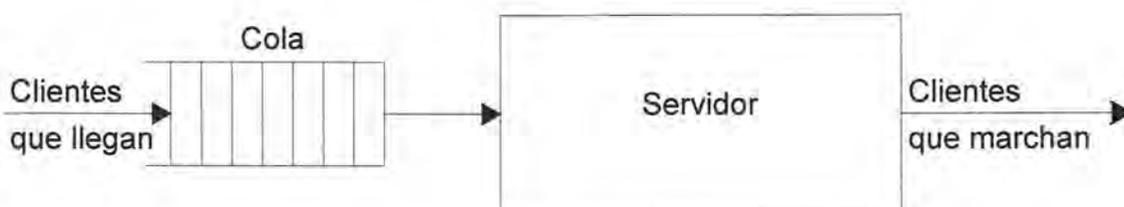


Ilustración 3. Estructura básica de un sistema de colas.

Una Cola es una línea de espera y la teoría de colas es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de líneas de espera particulares o de sistemas de colas. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre costos del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado.

La Teoría de Colas requiere de un estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Estas se presentan cuando "clientes" llegan a un "lugar" demandando un servicio al "servidor", el cual tiene cierta capacidad de atención.

Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma en la "línea de espera".

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en que momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo.

Las llegadas se describen por su distribución estadística. Si las llegadas ocurren con una tasa promedio y que son independientes una de otra, entonces ocurren de acuerdo con una distribución de probabilidades de tipo "Poisson". Si la tasa de llegadas se da en razón del

tiempo que transcurre entre una llegada y otra, entonces se dice que sigue una distribución de tipo "Exponencial".

En un supuesto común, la distribución del tiempo de servicio está dada por la distribución "Exponencial". Mientras que el número de servidores puede ser uno o varios.

La tasa de servicio, al igual que la de llegadas, deben ser evaluadas para ver si se ajustan a una distribución "Exponencial".

El modelo PRP para agua residencial usa esquemas basados en la teoría de colas., un campo que pertenece a técnicas matemáticas para analizar el caudal.

A continuación se muestran términos poco comunes en la teoría de colas, pero que son necesarios en el contexto de sistemas de distribución de agua.

- *Cliente*: cualquier usuario o vivienda que utiliza agua.
- *Servidor*: cualquier accesorio o llave que pueda extraer agua de la red; o la línea de servicio desde la tubería principal de abastecimiento hasta la casa.
- *Tasa de llegada*: número de clientes que se conectan a un servidor por unidad de tiempo.
- *Tasa de llegada de servicio*: número de clientes que se desconectan de un servidor por unidad de tiempo ocupado.
- *Ocupado*: Servidor activo ($Q > 0$, gasto en el servidor es mayor a cero)
- *Desocupado*: Servidor no activo ($Q = 0$, gasto en el servidor es cero)

Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano

Isaac Newton

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

Para tener los registros de los consumos de agua en los domicilios fue necesario instalar en las viviendas equipo especializado que a continuación se describe.

3.1. Equipo empleado

Para efectuar las mediciones de consumo se utilizaron tres equipos:

- 1.- Micrómedidor
- 2.- Data Logger
- 3.- Medidor magnético de pulsos

3.1.1. Medidor Termoplástico 5/8", marca BadgerMeter, Inc.

Para el estudio se utilizó un medidor termoplástico certificado de 5/8" de la marca *Badger Meter*. Es importante señalar que este tipo de medidor ofrece una alternativa totalmente libre de plomo.

Tabla 2. Características de medidor volumétrico Badger Meter, Inc.

Diámetro	Modelo	A Longitud depósito	B Altura	C Altura	D	Espesor	Peso aproximado
15 mm	25	190 mm	125 mm	160 mm	42 mm	108 mm	2.0 Kg

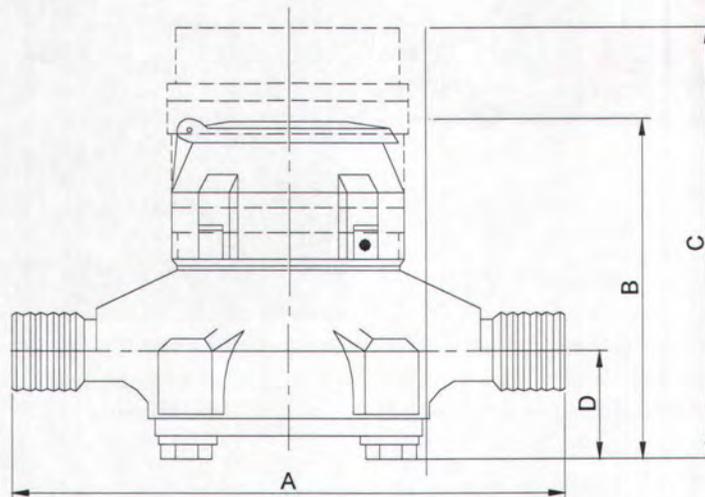


Ilustración 4. Esquema del medidor termoplástico empleado.

Especificaciones

Rango de operación típico:	0.5- 25 GPM (1.90 a 95 L/min) (100% ± 1.5%)
Gasto mínimo:	0.25 GPM (1.0 L/min)
Gasto máximo continuo:	15 GPM (57 L/min)
Pérdida de presión:	3.5 PSI a 15 GPM (0.24 bar a 57 L/min)
Temperatura máxima en operación:	80°F (26°C)
Elemento de medición:	Desplazamiento positivo
Capacidad de registro:	10,000,000 Galones 1,000,000 ft ³ , 100,000 m ³

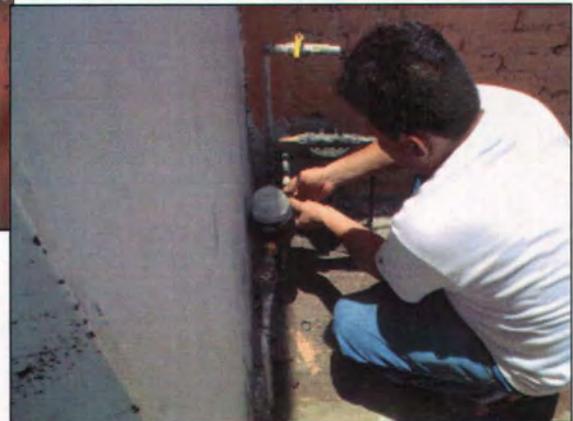


Ilustración 5. Instalación de medidores en la zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.

3.1.2. Data Logger, marca RADCOM Technologies LTD



Ilustración 6. Data Logger marca RADCOM Technologies.

3.1.3. Sensor magnético de pulsos ms200

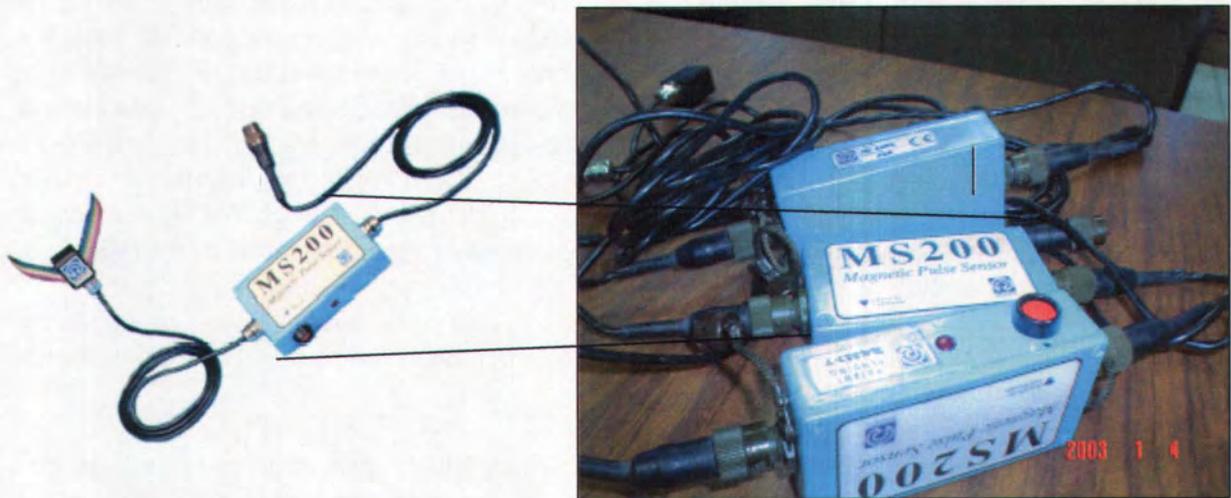


Ilustración 7. Sensor magnético de pulsos.

Identificado el equipo de medición ha emplear, posteriormente se ubicaron lugares dentro de la zona en estudio, vale la pena mencionar que los criterios fundamentales en la elección fueron:

- La casa habitación carezca de tinaco y cisterna;
- Se distribuyeron de tal forma que abarcaran las tres clases socioeconómicas de la zona, niveles popular, medio y residencial.

Esto con el objetivo de obtener un comportamiento por tipo de clase.

Las mediciones del consumo intradomiciliario se realizaron en dos etapas:

En la primera etapa se realizaron mediciones preliminares (ver capítulo cinco) en cualquier casa, debido a que solo se deseaba conocer el comportamiento de los equipos, y en la segunda etapa se monitoreó 101 días continuos con intervalo de un segundo, generando una gran cantidad de datos (más de 8'700,000 registros por vivienda), su procesamiento resultó muy laborioso, y en parte problemático. Los datos se introdujeron en una base de datos de MSAccess, y se programaron rutinas en Visual Basic para revisarlos y procesarlos. La cantidad de datos se reduce sustancialmente (alrededor de 20 veces) después de eliminar los registros de lectura con valor cero, pero éstos no podían ser eliminados antes de revisar la continuidad de los registros en el tiempo, es decir, antes de asegurarse de que no faltaban registros por errores o debido a que el personal encargado de vaciar periódicamente los datos del registrador no saltó algún grupo de registros. Cada vez en el momento de configurar el registrador para un nuevo ciclo de registro, también era posible perder las lecturas por varios minutos. Se utilizó entonces el siguiente procedimiento:

- a) El registrador genera archivos de texto con los registros de fecha, hora y lectura, en un renglón por cada registro. Estos archivos se importan a una base de datos de MSAccess y se ordenan por fecha y hora. Se programan rutinas que revisan si la hora de los registros va en forma consecutiva de segundo a segundo. De esta manera se detectan una serie de errores que, independientemente de su origen, se manifiestan en registros faltantes, registros repetidos y registros insertados fuera de su lugar. En algunos casos faltan días completos en los registros. Los datos se ordenan, y los faltantes se completan con datos de otras fechas del mismo día de la semana (Buchberguer 2003).
- b) Una vez que se asegura que no faltan datos y que no haya datos repetidos, se ejecuta una rutina que calcula el intervalo de tiempo entre los pulsos de demanda consecutivos que se hayan registrado.
- c) Se eliminan los registros de lectura cero.
- d) La información obtenida en el punto (b) se utiliza para separar los pulsos que representan microfugas (como goteras) de los verdaderos pulsos de demanda o fugas importantes, con base en el criterio descrito, es decir, si el pulso estaba aislado (con duración de un segundo y ciertos intervalos de tiempo después del pulso anterior y antes del pulso siguiente) y tiene una intensidad de una unidad, se considera que reflejaba una fuga muy pequeña que se acumula en el intervalo entre pulsos consecutivos de este tipo.

- e) Las lecturas restantes corresponden a pulsos de demanda (o fugas pronunciadas si se mantienen por largo tiempo). Cada grupo de lecturas consecutivas diferentes de cero corresponden a un **pulso de demanda** con duración igual al número de esas lecturas, o a un grupo de pulsos de demanda consecutivos si la intensidad en las lecturas en el grupo varía mucho.

De acuerdo con el comportamiento hidráulico mostrado en la ilustración 8, se definieron los pulsos de demanda y su intensidad de la manera siguiente:

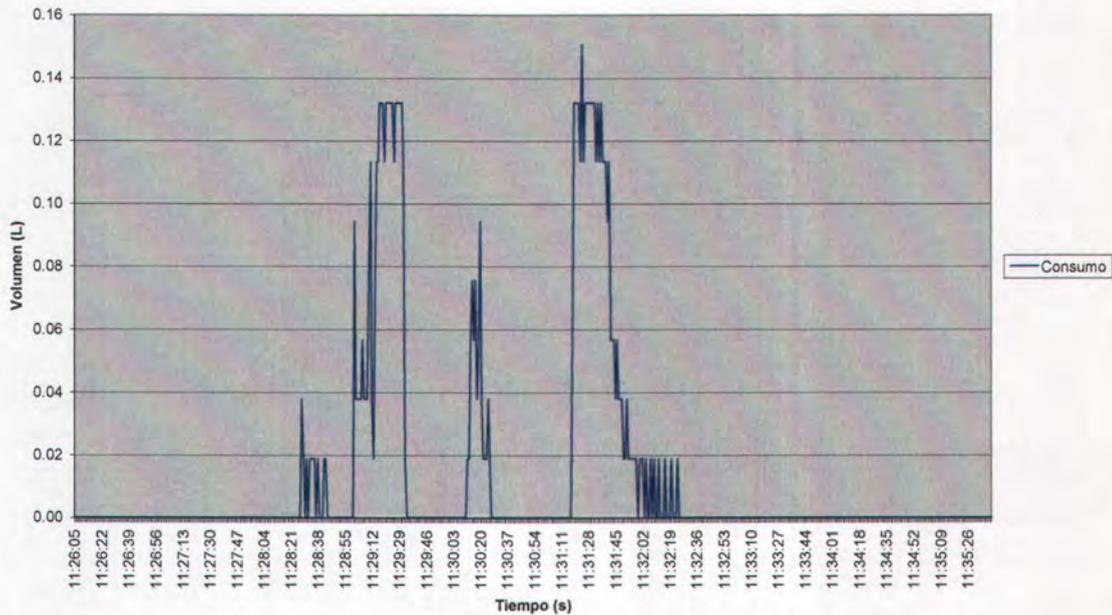


Ilustración 8. Comportamiento del consumo en cuatro pulsos de demanda.

- Al iniciar cada grupo de lecturas consecutivas diferentes de cero, las primeras dos lecturas no se toman en cuenta (dado que el flujo se establece en esos primeros dos segundos). A partir de la tercera lectura se monitorea la magnitud de la lectura. Si las siguientes oscilan entre dos valores consecutivos, significa que se mantiene un pulso de demanda de intensidad constante. En el momento en que la magnitud de la lectura se reduce en más de una unidad inicia la parte final del pulso, que se asume puede durar hasta tres segundos, después de lo cual puede comenzar un nuevo pulso con otra intensidad. De igual forma, un incremento brusco en la lectura significa el fin del pulso y comienzo de un nuevo pulso. Una vez definidos los instantes de inicio y fin del pulso de demanda (y con esto su duración), se calcula su intensidad media.
- Se calcula la suma de la duración de todos los pulsos de demanda. Esta suma, dividida por la duración de periodo total de medición, proporciona el *factor de utilización*.
- Se calculan los parámetros estadísticos de las series de pulsos de demanda y de fugas, como valor mínimo y máximo, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

Nunca consideres el estudio como una obligación sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber

Albert Einstein

CAPÍTULO 4. SITIO DE ESTUDIO

4.1. Criterios de selección del sitio de aplicación

Se fijaron una serie de requisitos mínimos a cumplir en la zona de estudio, destacando los siguientes:

- a. Existencia de datos generales (población, dotación, etc.)
- b. Catastro de la red de abastecimiento de agua potable confiable.
- c. Estudio sobre el nivel de fugas.
- d. Cobrar con macromedición

La adecuada disposición del organismo operador se consideró fundamental para la selección del sitio.

4.2. Selección del sitio de aplicación

Después de analizar diversas opciones se seleccionó la ciudad de Culiacán, Sinaloa, con el objetivo de conocer las facilidades para la ejecución del estudio. Durante la estancia se establecieron vínculos de cooperación con autoridades de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad.

De acuerdo con la información obtenida se tiene lo siguiente:

- a. Información digital completa (planimetría, topografía, trazo de tubería existente, ubicación y características hidráulicas de las fuentes de abastecimiento) de la posible zona de estudio.
- b. La Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán (JAPAC) cuenta con equipo moderno para trabajo de campo, como son: medidores de gasto ultrasónico, medición automatizada de los niveles del agua en los tanques, equipo para localización de fugas, etc.
- c. Cooperación total por parte de las autoridades de la JAPAC.
- d. La información digital de la JAPAC se actualiza de forma periódica.

4.3. Datos generales de la ciudad seleccionada

4.3.1.. Localización geográfica

La ciudad de Culiacán, se encuentra en la porción central del estado de Sinaloa, entre los meridianos 106° 56' 50'' y 107° 50' 15'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich y las coordenadas extremas de los paralelos 24° 02'10'' y 25° 14'56'' de latitud norte del Ecuador. Tiene como límites: al norte el municipio de Badiraguato, al sur el Golfo de California, al este el municipio de Cósala y el estado de Durango y al noroeste los municipios de Navolato y Mocosito, (ilustración 9, <http://www.sinaloa.gob.mx>)

4.3.2. Temperatura y clima

Durante el periodo 1940-1980 la ciudad presentó una temperatura media anual de 23.80 °C, teniendo como registro mínimo de -2°C, y máximo de 41.70°C.

4.4. Fuentes de abastecimiento

Dentro de la ciudad se seleccionó la zona Humaya. Dicha zona dispone de una batería con 8 pozos cuya capacidad máxima es de 200 L/s, todos ellos ubicados en la margen derecha del río Humaya [ilustración 10].

4.5. Estructuras de regularización y control

En la zona existen dos tanques de regularización: “Humaya” y “Santa Fé” [ilustración 10]. El tanque Humaya tiene una capacidad de 3000 m³ y una cota de 82.63 m.s.n.m. Vale la pena mencionar que este tanque se compone de dos depósitos interconectados entre sí con capacidad de 1000 y 2000 m³ respectivamente [ilustración 11 e ilustración 12]. El tanque “Santa Fé” por su parte cuenta con una capacidad de 2000 m³, cota de plantilla de 80.00 m.s.n.m. y el influente proviene de la captación “La Guasima” a través de una tubería de 16 pulgadas .

4.6. Población actual de la zona

La población de la zona actual es de 85483 habitantes aproximadamente, ésta se determinó con base en el número de tomas [20353 tomas en total] de cada colonia incluida dentro del sitio de aplicación del modelo, [ilustración 13], y al índice de hacinamiento por toma de 4.20 hab/toma, JAPAC, 2002.

4.7. Fugas

Según reportes realizados por el organismo operador, en la zona se tienen un porcentaje de pérdidas del 30 por ciento, los cuales en su mayoría se originan en tomas domiciliarias. Vale la pena mencionar que la empresa *JBS Associates Inc.* realizó estudios de recuperación de agua durante los años 2000 y 2001, y valida el porcentaje de fugas mencionado.

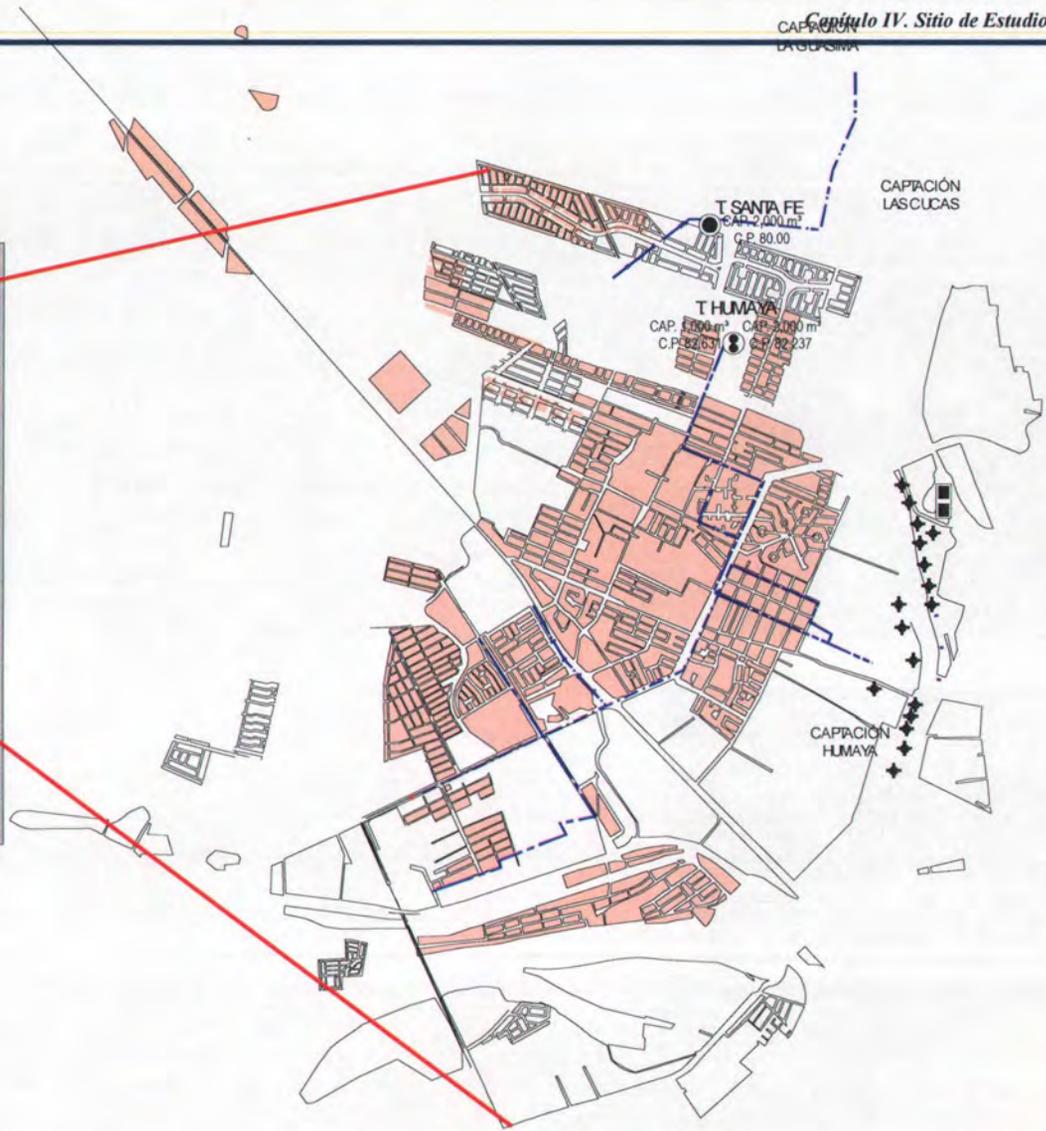
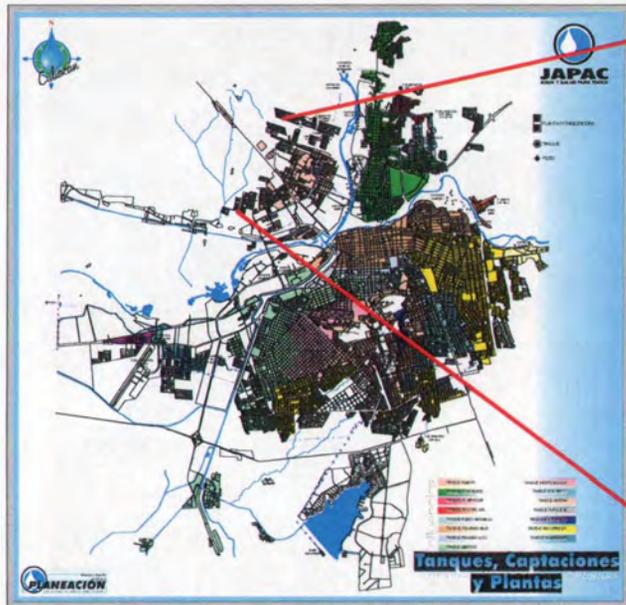


Ilustración 9. Ubicación de la zona de estudio. Humaya, Culiacán, Sinaloa.

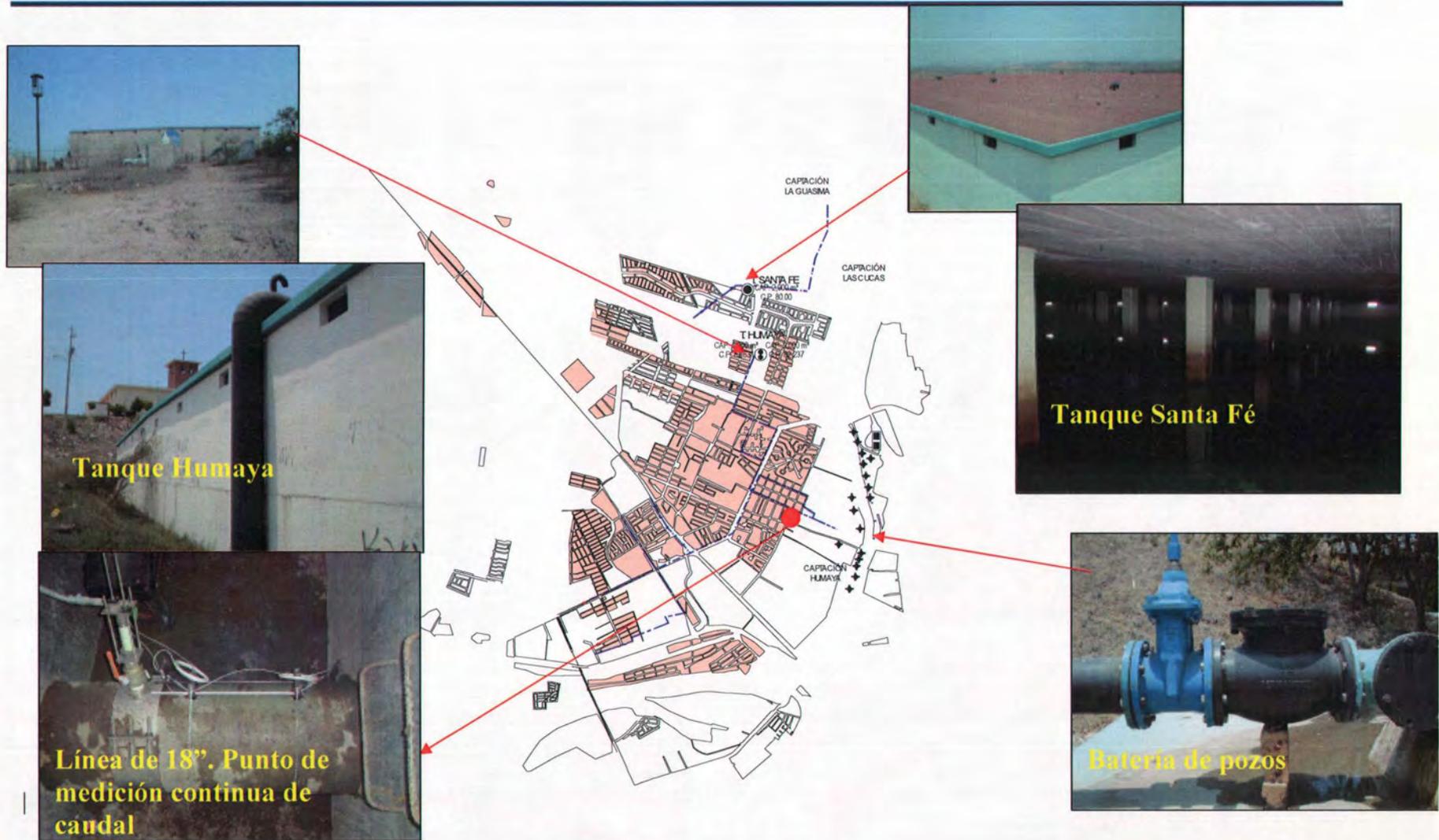


Ilustración 10. Ubicación de las fuentes de regularización y abastecimiento, zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.

Ubicación: Tanque Santa Fe
Capacidad Total: 2000 m³
Descripción Constructiva del tanque regulador: Tanque de concreto superficial de 2000m³ de capacidad
Llenado: A través del pozo la Guasima con una línea de conducción de 30"
Zona de influencia de distribución: Fraccionamiento Santa Fe y Zona Humaya

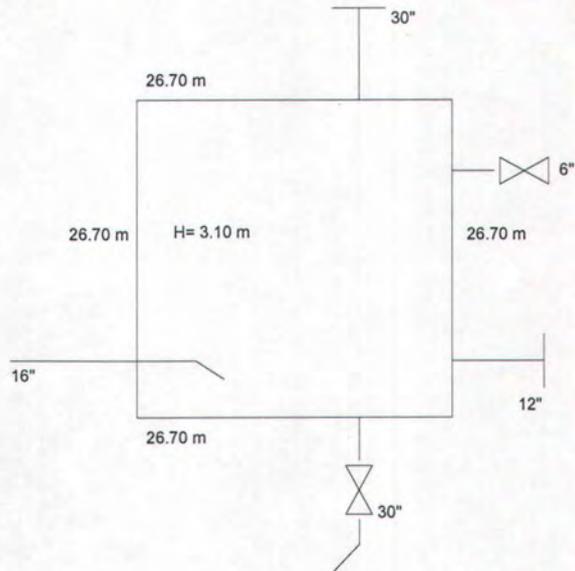


Ilustración 11. Dimensiones del tanque Santa Fé.

Ubicación: Tanque Humaya
Capacidad Total: 3000 m³
Descripción Constructiva del tanque regulador: Combinación de dos tanques de concreto superficial de 1000 y 2000 m³ de capacidad con un funcionamiento de demasias.
Llenado: A través de la red con tubería de 18".
Zona de influencia de distribución: Reparte a la col. 10 de Abril y Santa Fe

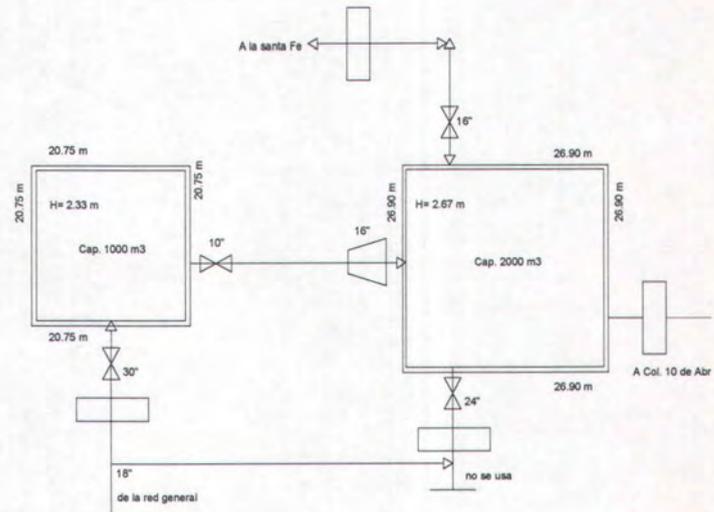


Ilustración 12. Dimensiones del tanque Humaya.



Ilustración 13. Distribución de colonias de la zona Humaya, Culiacán, Sinaloa.

El tamaño de tu fortaleza es igual al amor a tí mismo y el límite de tu éxito es igual al tamaño de tu miedo.

Paola Medina

**CAPÍTULO 5. CALIBRACION DEL EQUIPO DE MEDICION Y
MEDICIONES PRELIMINARES**

Una de las dificultades en el planteamiento de un modelo matemático de una red de distribución es el desconocimiento de los consumos en un instante determinado debido a la aleatoriedad de la demanda. Los valores medios se pueden saber con base a facturaciones, pero su comportamiento a lo largo del día es difícil de predecir.

Por lo anterior, una de las contribuciones de este trabajo es el registro preciso de la forma espacial y temporal de los consumos en la zona de estudio con un intervalo de un segundo durante 101 días aproximadamente, lo anterior representa más 26'100,000 de registros. Representa el banco de datos más grande en México y América Latina y uno de los más grandes a nivel internacional. Para poder obtener los registros de consumo fue necesario emplear equipo de medición magnética y medidores volumétricos.

5.1. Instalación de equipo en la zona en estudio.

Una vez ubicados los lugares de instalación de los medidores, se procedió a realizar la instalación de los primeros tres medidores. Esto se realizó durante el mes de mayo [18 y 19 para ser específicos]. La duración de la medición fue de 24 horas y 37 minutos aproximadamente con intervalo de registro de consumo dentro las casas-habitación de un segundo.



Ilustración 14. Instalación de Data-Logger y sensor magnético de pulsos.

5.2. Mediciones preliminares

De acuerdo con los primeros registros obtenidos, se examinaron los pulsos de la casa habitación núm. 1, ver figuras 13, 14 y 15, teniendo lo siguiente:

- Los pulsos registrados en la primera hora [11:45-12:45h] se deben a las pruebas de instalación de los equipos en campo.
- No existen pulsos significativos entre 12:30-16:40 h. Lo anterior obedece a la condición familiar que impera en la casa habitación, en este caso los padres (ambos) trabajan por la mañana y los hijos acuden al colegio.

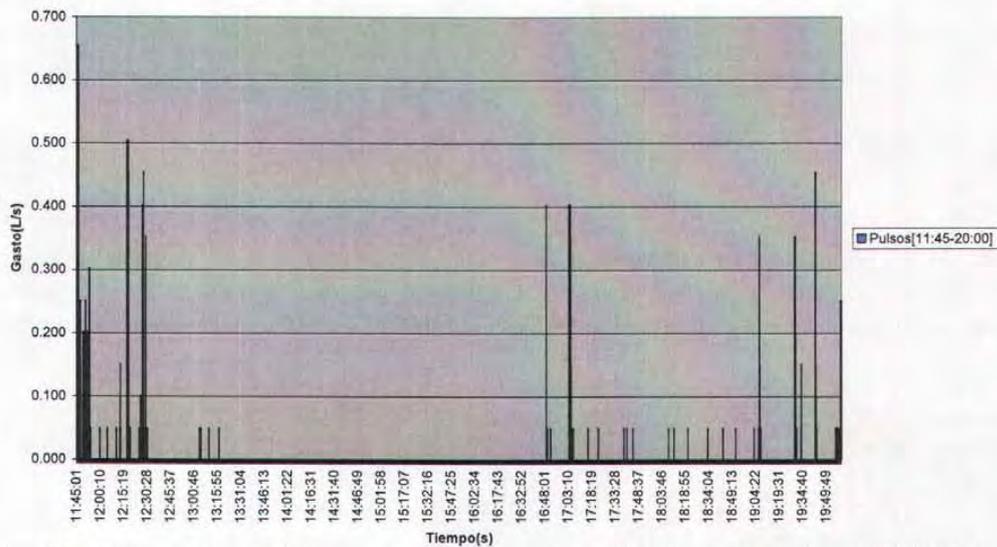


Ilustración 15. Variación de la demanda en la casa habitación núm. 1. Horario 11:45-20:00 horas

- Los registros de consumo por la tarde se presentan de las 16:40 -22:15 horas.
- Durante la noche no se tuvieron consumos.
- Por la mañana del día siguiente se presentaron pulsos durante 7:15 a 8:20 horas. Esto se debe al inicio de actividades matutino de la familia en estudio.

Vale la pena señalar que en el intervalo de 9:40 al termino de la medición 12:22 horas, se presentó el mayor consumo registrado en el muestreo. Esto se debió a que algún integrante de la familia dejó por descuido una llave abierta durante la mañana [ilustración 17]. Lo anterior se pudo corroborar en el lugar.

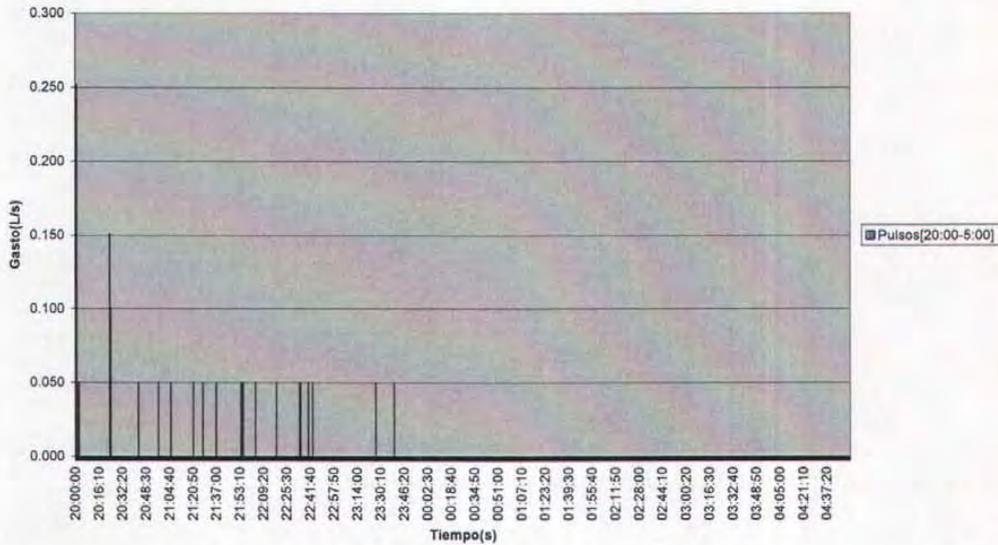


Ilustración 16. Variación del consumo en la casa habitación núm. 1. Horario 20:00 – 5:00 horas.

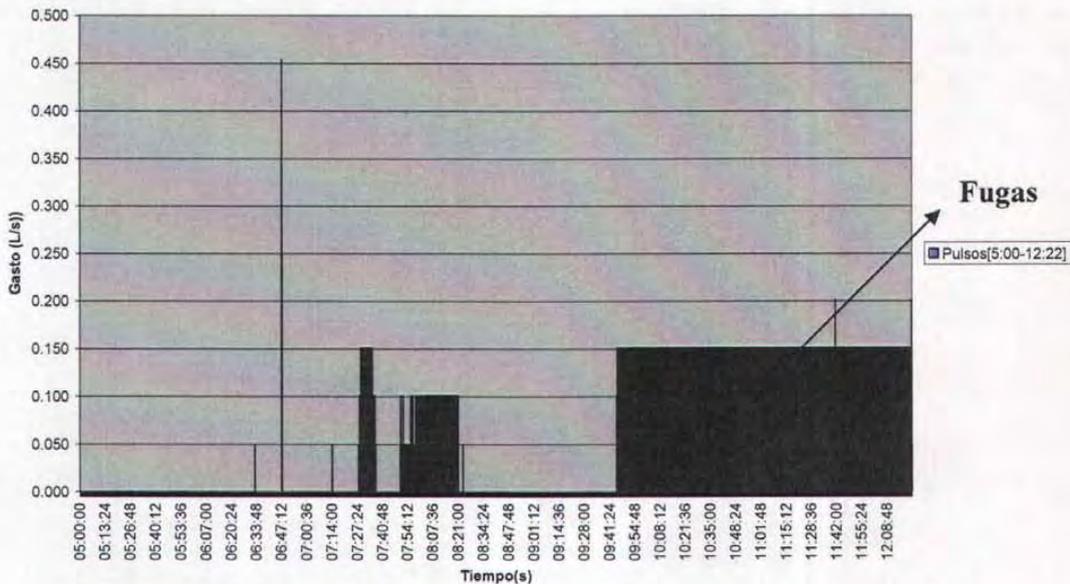


Ilustración 17. Variación del consumo en la casa habitación núm. 1. Horario 5:00 – 12:22 horas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en campo se concluye lo siguiente:

1. En el horario de las 11:45 a las 20:00 se presentaron un total de 29700 pulsos, de los cuales 780 tuvieron valores mayores que cero, es decir se tuvo algún tipo de consumo, lo anterior representa 2.62% del total de pulsos, ver ilustración 18.

Horario 11:45 - 20:00	
Número Total de pulsos	29699
Número de pulsos diferentes de cero	780
Número de pulsos = 0	28919

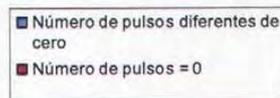
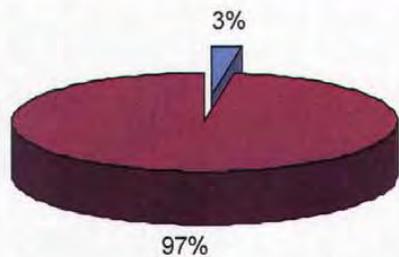


Ilustración 18. Distribución del consumo en horario vespertino.

- En la noche, 8:00pm – 5:00am se presentaron 32400 pulsos, de los cuales únicamente 0.33% (109 pulsos) tuvieron una intensidad mayor de cero.
- Al día siguiente se presentó la mayor actividad. En el horario de 5:00 am – 12:22pm se obtuvieron 26523 pulsos, 41.81% de estos presentaron intensidades mayores de cero [ilustración 19]. Vale la pena mencionar que en este período se presentó una fuga. La intensidad de la fuga fluctuó entre 0.101 y 0.151 L/s. Se estima el volumen de la fuga fue 1014.238 litros y se presentó de 9:45 am – 12:22 pm.

Horario 5:00 - 12:22	
Número Total de pulsos	26523
Número diferentes de cero	11091
Número de pulsos = 0	15432
Número de pulsos (fuga)	9417

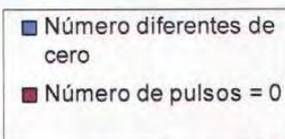
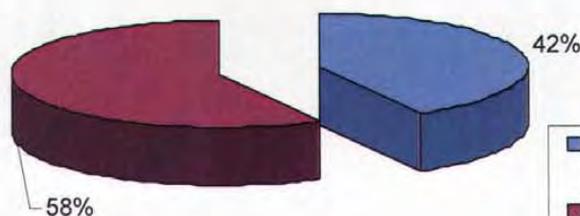


Ilustración 19. Distribución del consumo en horario matutino.

En resumen durante el muestreo realizado se obtuvieron 88622 pulsos de demanda, de los cuales únicamente 11980 (13.51% del total) tuvieron una demanda diferente de cero [ilustración 20]. Sin embargo al excluir la fuga que se presentó durante el horario matutino, se tienen únicamente 2563 pulsos, lo que representa el 2.89% del total.

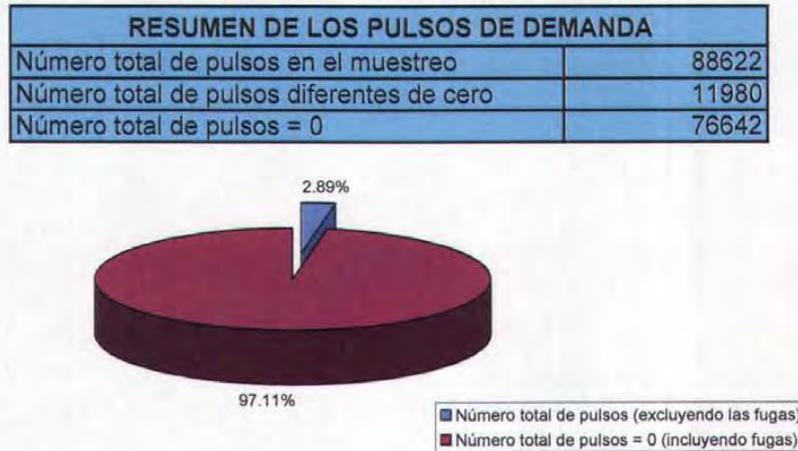


Ilustración 20. Distribución del consumo en un período de 25 horas dentro una casa habitación.

De esta manera, por vez primera en México y América Latina se logró contar con un registro del consumo en una casa habitación con intervalo de un segundo. Lo anterior se pudo realizar gracias al servicio continuo [no existen tinacos ni cisternas en las casas] proporcionado a los habitantes de la zona por parte de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán.

Las mediciones anteriores constataron que el equipo empleado era adecuado y con capacidad suficiente para efectuar registros cada segundo. Sin embargo fue necesaria la calibración y verificación de los volúmenes de agua reportados por el medidor de pulsos magnéticos.

5.3. Calibración de equipos de medición magnética

La calibración del medidor de pulsos magnéticos es un proceso fundamental debido a que se garantiza la confiabilidad de los volúmenes consumidos por los usuarios de las casas habitación, estos últimos son reportados posteriormente en un *data-logger*, lo anterior se realiza con el siguiente procedimiento:

- a.- Se obtiene un recipiente de volumen conocido como se muestra en la ilustración 21.

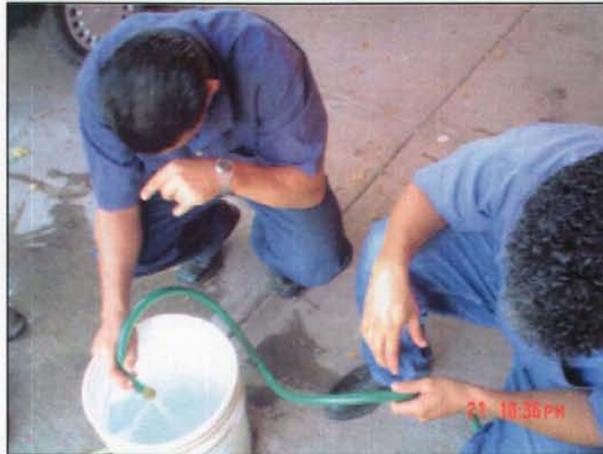


Ilustración 21. Llenado de un recipiente de volumen conocido.

b.- Posteriormente con la ayuda de un cronómetro se cuantifica el tiempo de llenado del recipiente. Vale la pena señalar que el tiempo de las pruebas se relaciona con el horario que señala el *data-logger*, ver ilustración 22.

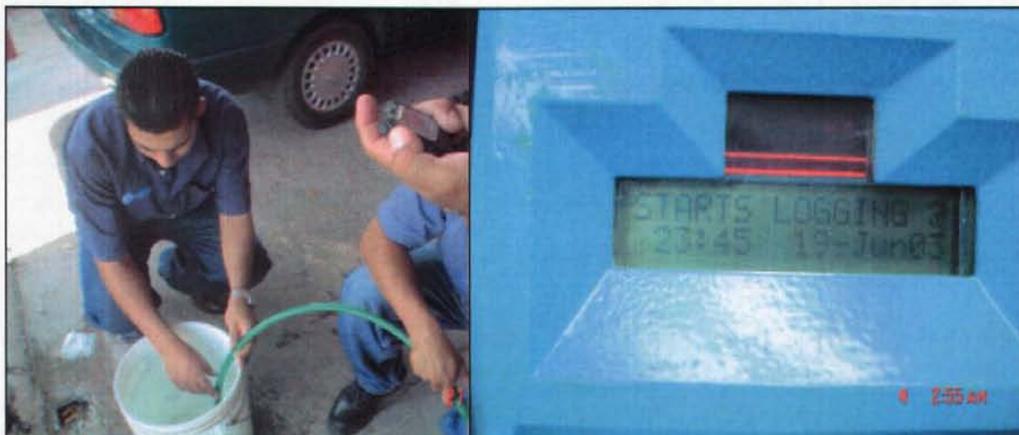


Ilustración 22. Toma de tiempo durante el llenado de recipiente y comprobación de lectura en el datalogger.

c.- Durante el llenado del recipiente de forma simultánea se revisa que el medidor señale el volumen empleado durante la actividad



Ilustración 23. Lectura en el medidor.

d.- Finalmente se exportan los datos desde el *data-logger* hacia la computadora, empleando el software Radlog versión 3.25 de RADCOM Technologies Ltd, y se aplica la expresión siguiente:

$$F = \frac{V_c}{V_{data}} \quad (2)$$

donde:

V_c , volumen del recipiente

V_{data} , volumen registrado por el *data-logger*

El tiempo de llenado del recipiente de 20 litros fue de 66 segundos y el volumen registrado por el *data-logger* resultó de 1064, por lo que el factor de corrección es 0.01879 por cada unidad marcada por el equipo, ver ilustración 26.

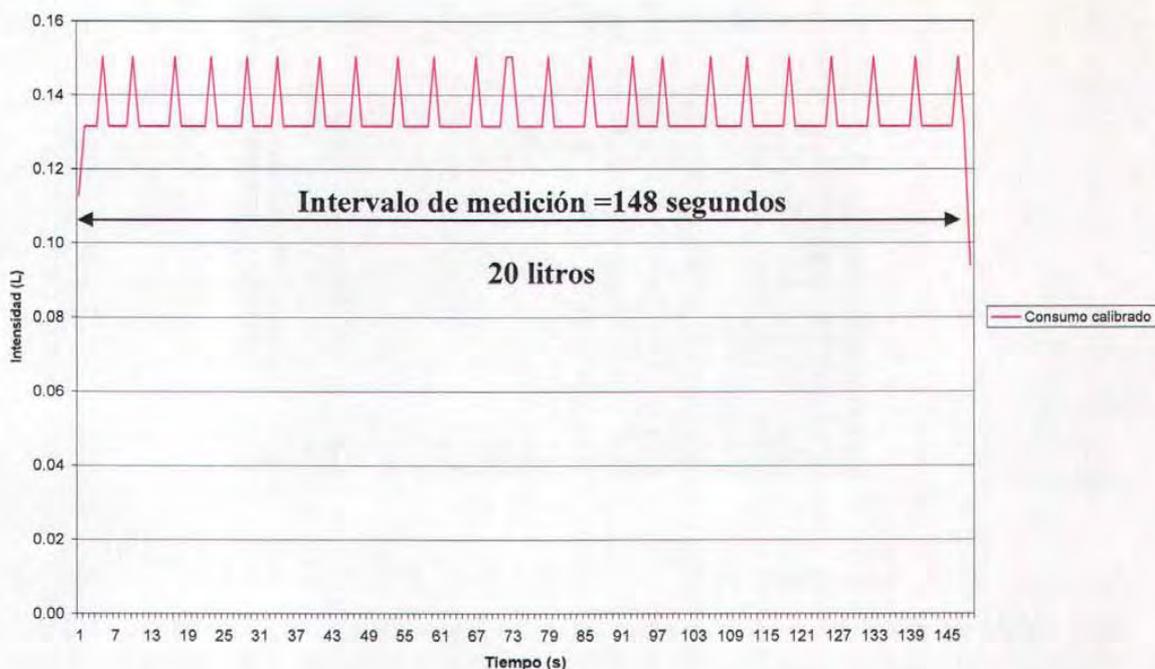


Ilustración 24. Gráfica sobre de consumo ajustado.

De forma similar se realizó la calibración en los demás equipos empleados en cada uno de los domicilios. Algunos resultados preliminares demuestran que el porcentaje de utilización para actividades de consumo de agua intradomiciliario durante el día son del 2 al 7 por ciento, esto depende directamente del número de habitantes, el patrón de actividades de los usuarios y el nivel socioeconómico.

En la tabla 3 se muestran los resultados que se obtienen en una casa habitación de tipo residencial de la zona Humaya.

Tabla 3. Resumen de comportamiento de consumo intradomiciliario.

Número Total de pulsos	18531
Número de pulsos $\neq 0$	716
Número de pulsos = 0	17815
volumen total (L)	50.582707
duración	05:08:50
Probabilidad de consumo	3.864%

De forma preliminar se demuestra que el porcentaje de tiempo probable de consumo durante el día es de 3.864 por ciento. En cinco horas de muestreo, se presentó un consumo 50.58 litros en la vivienda analizada.

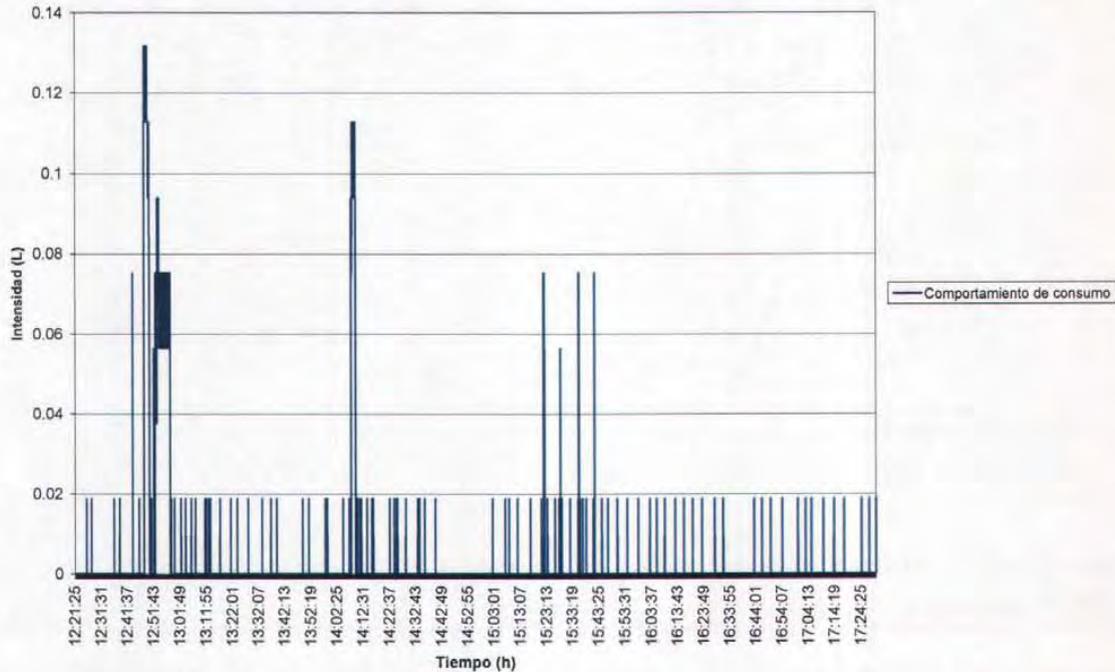


Ilustración 25. Comportamiento de consumo en la casa de tipo de residencial ubicada en la zona Humaya, Culiacán.

Es importante destacar que existen errores de lectura por parte del medidor volumétrico esto se aprecia en los pulsos menores a 0.02 litros observados en la ilustración anterior. El total de los pulsos con intensidad menor o igual a 0.02 durante el periodo de muestreo fue de 110, para un volumen total de 2.068 litros.

Por lo anterior si se resta este valor al volumen total obtenido previamente, el volumen total real será de 48.515 litros.

En el domicilio ubicado la calle Internacional # 2327 entre las calles Chile y Brasil, se obtuvo un coeficiente de calibración de **0.01879699**. Este último se obtiene dividiendo el volumen del recipiente conocido (20 litros) y la sumatoria de registros reportados por el *data-logger* durante el llenado de la cubeta.

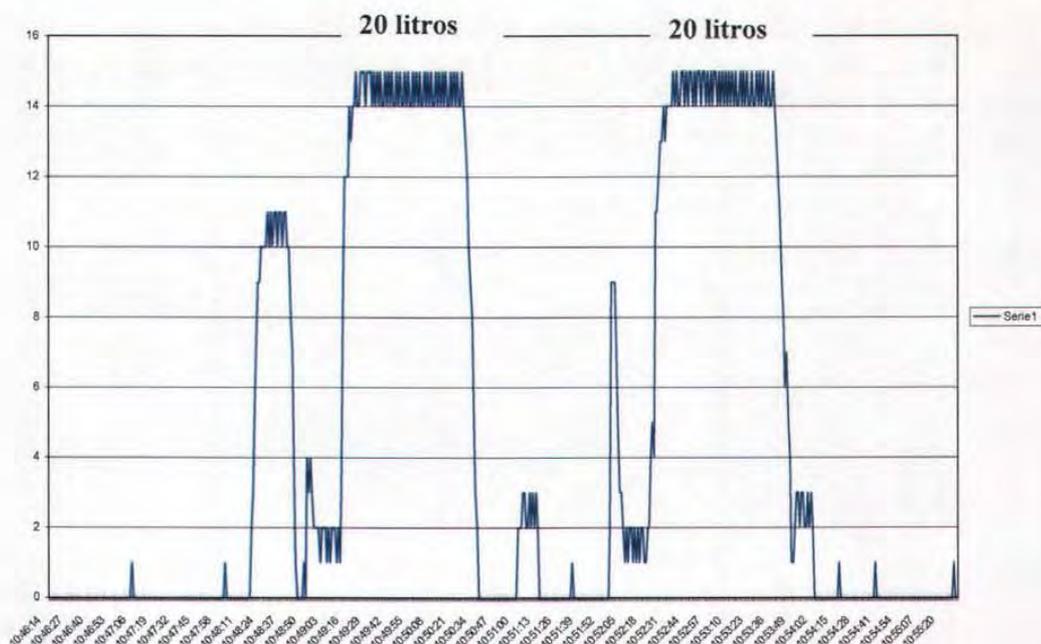


Ilustración 26. Calibración de equipo de medición magnética a través de un recipiente de volumen conocido.

En las otras dos casas con domicilio en calle La virtud # 2791 y Nevada de Toluca # 1665 se tienen **0.018165304** y **0.019588639**, respectivamente.

Se observa que el coeficiente de calibración es prácticamente el mismo en los tres domicilios.

Con los trabajos realizados de calibración de los equipos de medición magnética se garantiza que los registros de consumo en tres domicilios de la zona Humaya sean confiables.

Durante el mes de junio se continuaron con la medición del consumo en casas habitación, lo anterior con el objetivo de obtener una muestra estadísticamente representativa y dentro de ello, la variación de la demanda por clase social: residencial, media y popular.

5.4. Medición en campo de consumos

De igual forma que en anteriores ocasiones, el equipo utilizado durante las mediciones consistió en *data-logger* y medidor magnético de pulsos. Esta se realizó en tres diferentes casas habitación los días 24 y 25 de junio [Ilustración 27]. En la primera casa en estudio la medición realizada se trunció debido a un error en la programación del equipo. Por lo que únicamente se obtuvieron 10242 lecturas con un intervalo de un segundo, teniendo como resultado menos de tres horas de medición continua.

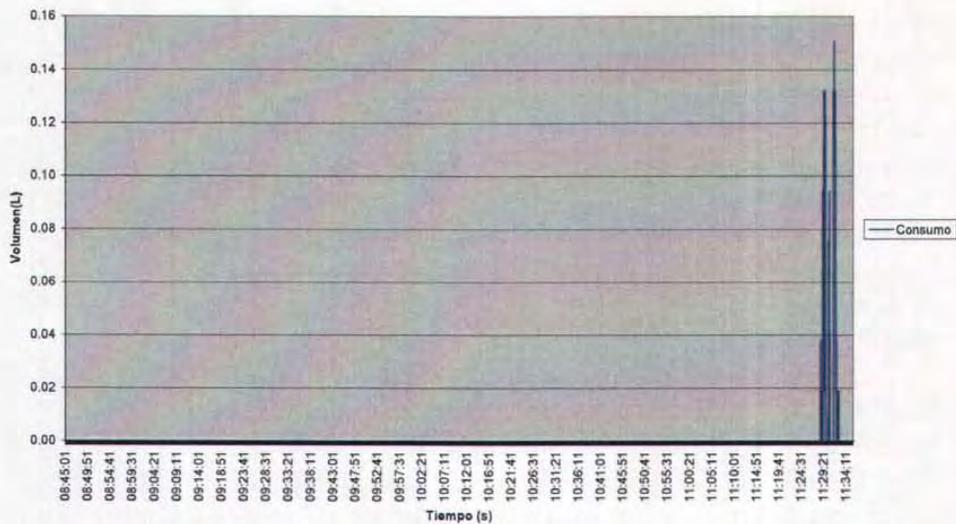


Ilustración 27. Variación de consumo en la casa habitación número uno.

Realizando un acercamiento de la ilustración 27, se observa que el periodo de actividades destinadas al consumo de agua se reduce a sólo tres minutos 56 segundos y dentro de este se presentaron únicamente cuatro pulsos.

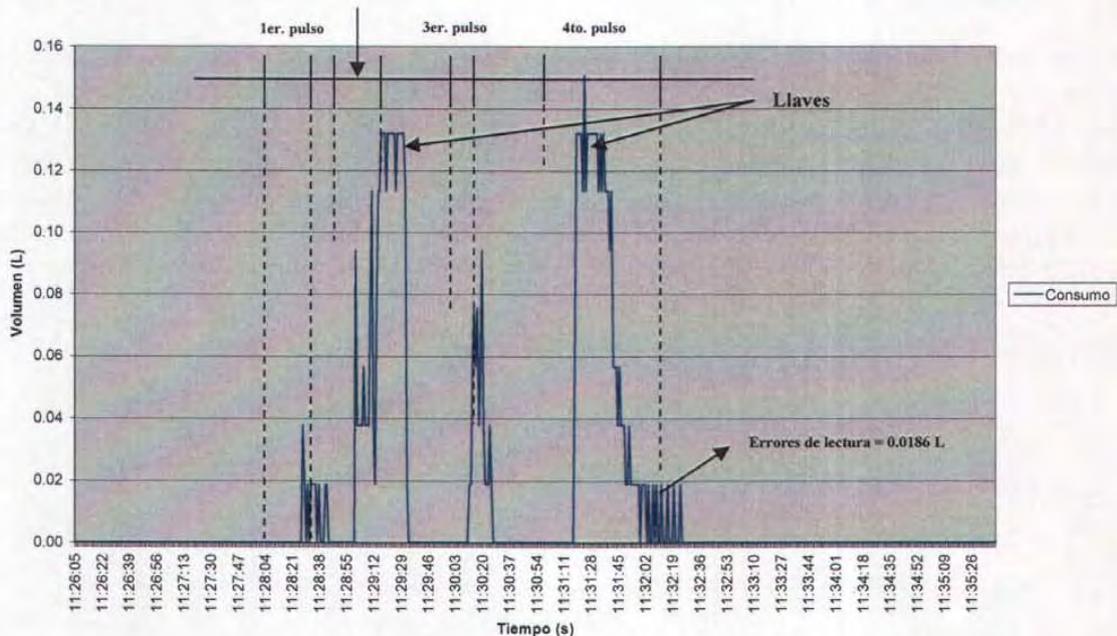


Ilustración 28. Variación de consumo en la casa habitación número uno.

El primero de ellos presentó 0.2060 litros de volumen y una duración de 15 segundos. En el siguiente pulso mostró 32 segundos de duración y un volumen de 3.036 litros, vale la pena

mencionar que dentro del segundo pulso se presentaron volúmenes superiores a 0.13 litros. El tercer pulso tuvo una duración de 14 segundos y un volumen total de 0.64 litros. El último pulso con 3.67 litros y 1:06 minutos fue el mayor de todos.

En resumen durante el muestreo se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Durante el periodo de medición se presentaron 10240 pulsos, de los cuales únicamente 1.06% (109 en total) tuvieron una demanda mayor de cero.
2. Los 109 pulsos a su vez se agruparon en cuatro “grandes” pulsos.
3. El consumo total en los cuatro pulsos fue de 7.55 Litros, en un periodo de 3:56 minutos.
4. En este periodo de medición se obtuvo el margen de error del equipo, **0.0186 L/s**. Esto se logró debido a que ningún accesorio interno o externo de las casas habitación tiene una intensidad de ese orden de magnitud, ver ilustración 28.

En la segunda casa habitación compuesta por cuatro personas (dos adultos y dos menores), se obtuvo un periodo de medición mayor a 18 horas. El periodo de medición comenzó a las 8:45 horas del día 24 de Junio, concluyendo a las 2:30 horas del día siguiente. Vale la pena mencionar que se interrumpió la medición debido a la programación del equipo.

Uno de los aspectos a detallar es la situación de los adultos, estos son personas pensionadas, por lo que en forma habitual permanecen en su hogar durante el día. Los menores se encuentran de vacaciones por lo que existe un mayor consumo en esta casa habitación.

En el primer intervalo de medición que comprende de las 8:45 a las 17:30 horas, se presentó un total de 31500 pulsos, de los cuales 1672 tuvieron un volumen mayor a cero, ver ilustración 29, lo anterior producto de algún accesorio interno/externo de la casa habitación o a los errores de precisión por parte de los medidores magnético de pulsos y volumétrico; el resto 29828 pulsos fueron iguales a cero, es decir, no tuvieron actividades de consumo de agua. El volumen total durante este periodo de medición, sumando los 1672 pulsos/segundo anteriormente mencionados fue de 152.926 litros.

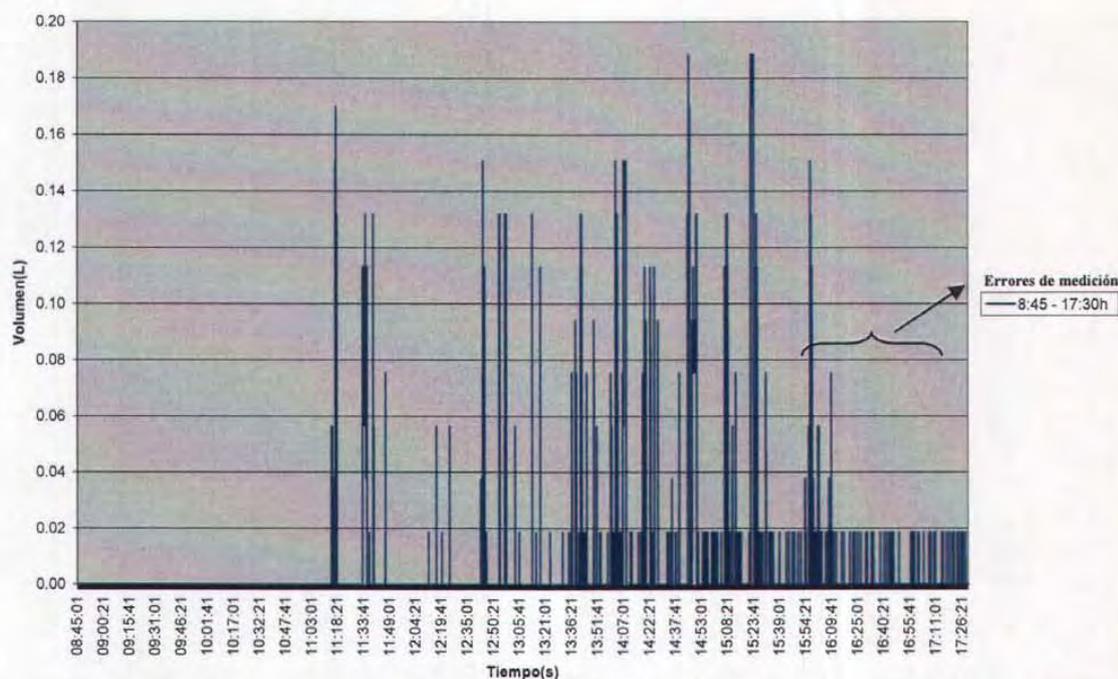


Ilustración 29. Variación del consumo en la casa habitación 2. Horario 8:45 – 17:30 horas.

Dentro de este periodo de medición se observaron dos aspectos importantes: a) Existieron 183 pulsos con intensidades superiores a 0.15 litros, de los cuales sólo 62 tuvieron un volumen de 0.188 litros, b) Los errores de precisión se comprobaron al tener 271 pulsos menores a 0.019 Litros, lo anterior resume que durante la medición se presentaron únicamente 1401 pulsos de consumo real proveniente de los usuarios de la casa habitación, es decir, el 4.44% del total de tiempo se destina a actividades de consumo intradomiciliario.

Durante el segundo periodo de medición que comprende el horario de 17:30 a 2:00 horas del día siguiente, se obtuvo un volumen total de consumo dentro de la casa habitación de 84.38 litros, ver ilustración 30.

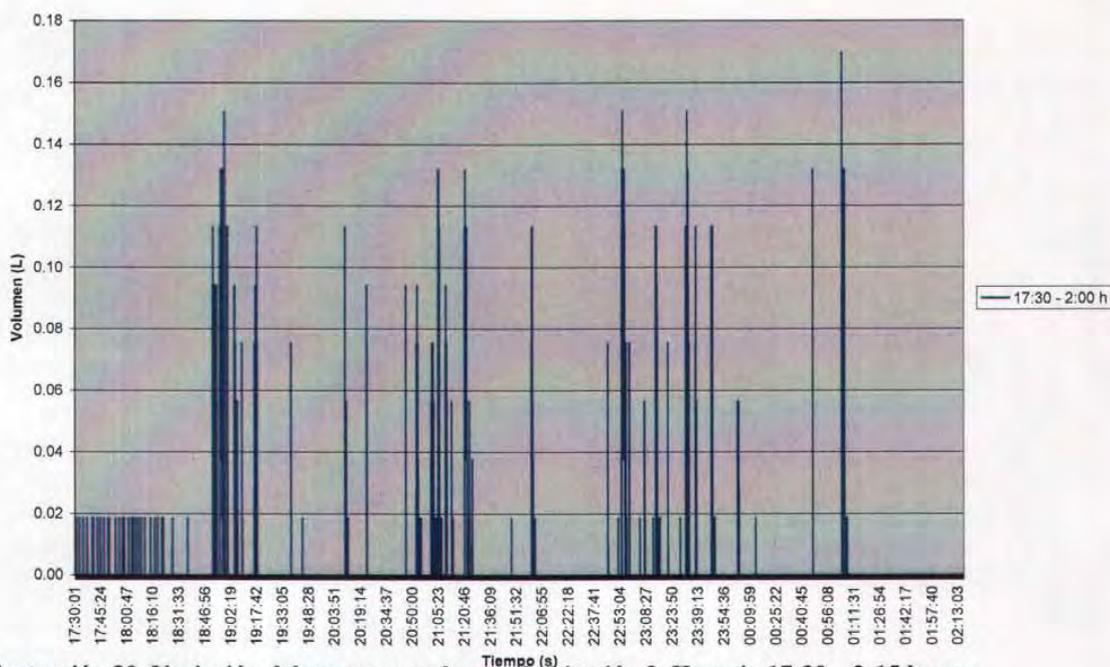


Ilustración 30. Variación del consumo en la casa habitación 2. Horario 17:30 – 2:15 horas.

Durante este periodo de medición se presentaron 31592 pulsos, de los cuales sólo el 4.28% (1354 en total) se destinaron a actividades de consumo, fugas o errores de medición.

Vale la pena mencionar que se observaron 304 pulsos debido a errores de medición o fugas teniendo un volumen aproximado de 5.68 litros. De tal forma, que únicamente 1050 pulsos provienen de actividades de consumo que aportan un caudal de 78.698 litros. Debido a errores de programación la medición se interrumpió a las 3:00 horas.

En la casa habitación número tres por su parte, compuesta por seis personas, se obtuvo un periodo de medición mayor a 18 horas. El periodo de medición comenzó a las 8:45 horas del día 24 de junio, concluyendo a las 2:57 horas del día siguiente.

En total se presentaron 65534 pulsos de los cuales sólo el 10.47% (6863 en total) tuvieron un valor por encima de cero. De éstos, 1746 provienen de errores de medición o fugas. El resto de los pulsos, es decir, 5117 (7.80 %) son pulsos de consumo real y aportaron un volumen de 364.238 litros.

Durante el primer periodo de medición que comprende las 8:45 – 17:00 horas, se presentaron 29699 pulsos, ilustración 31, de los cuales 1724 tuvieron un orden de magnitud mayor a cero, y de estos 1130 corresponden a errores de medición, restando sólo 594 pulsos de consumo real. El volumen total incluyendo errores de medición fue de 82.953 litros.

Vale la pena mencionar que 294 pulsos mostraron un volumen mayor de 0.15 litros y cuatro de estos por encima de 0.20 litros. Lo anterior se presentó durante la elaboración de los alimentos matutino y vespertino.

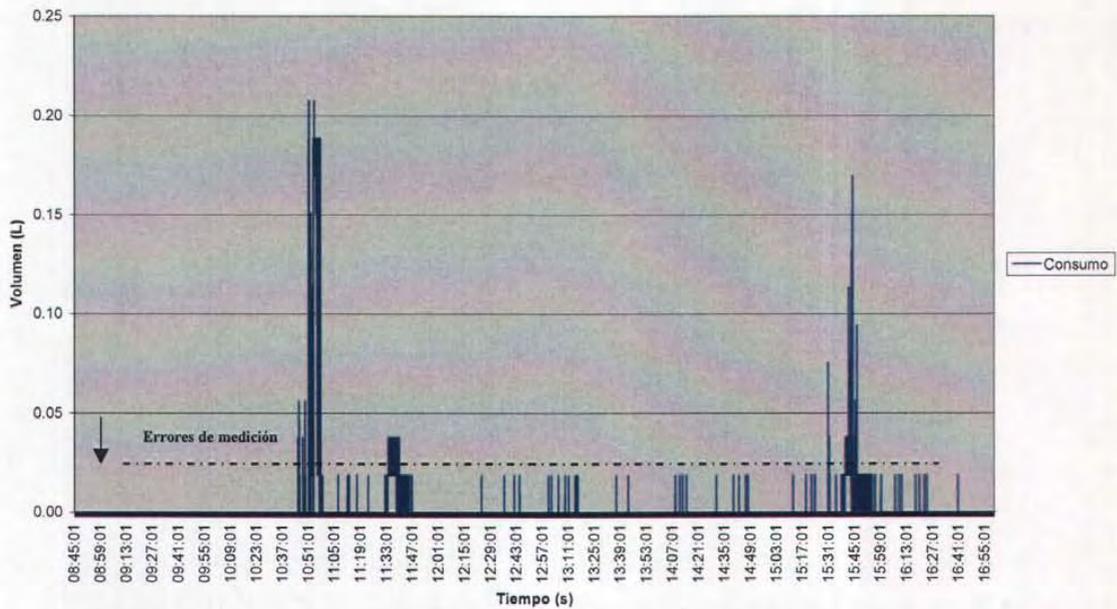


Ilustración 31. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 8:45–17:00 horas.

En el segundo periodo de medición de 17:00 a 01:15 horas se presentaron 29701 pulsos, de los cuales 598 provienen de errores de medición (menores a 0.019 litros), quedando 4510 pulsos con consumo real, para un volumen total de 280.364 litros.

Sin embargo, es notable que ninguno de los pulsos superó los 0.08 litros, ver ilustración 32, y durante las 18:46 a 20:24 existió mayor actividad. Lo anterior prevé que el origen de los pulsos se debe a fugas internas de la casa y a posibles errores de medición.

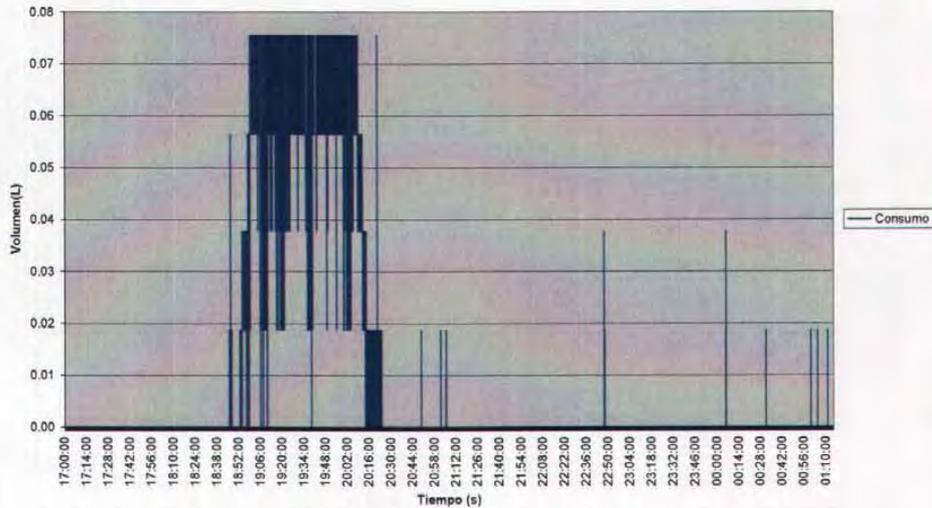


Ilustración 32. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 17:00 – 01:15 horas.

En el periodo de 1:15 – 3:00 horas, sólo se presentaron 31 pulsos diferentes a cero y 18 de ellos menores a 0.019 litros. En total se midieron 0.92 litros repartidos en 13 pulsos con intensidades menores a 0.08 litros.

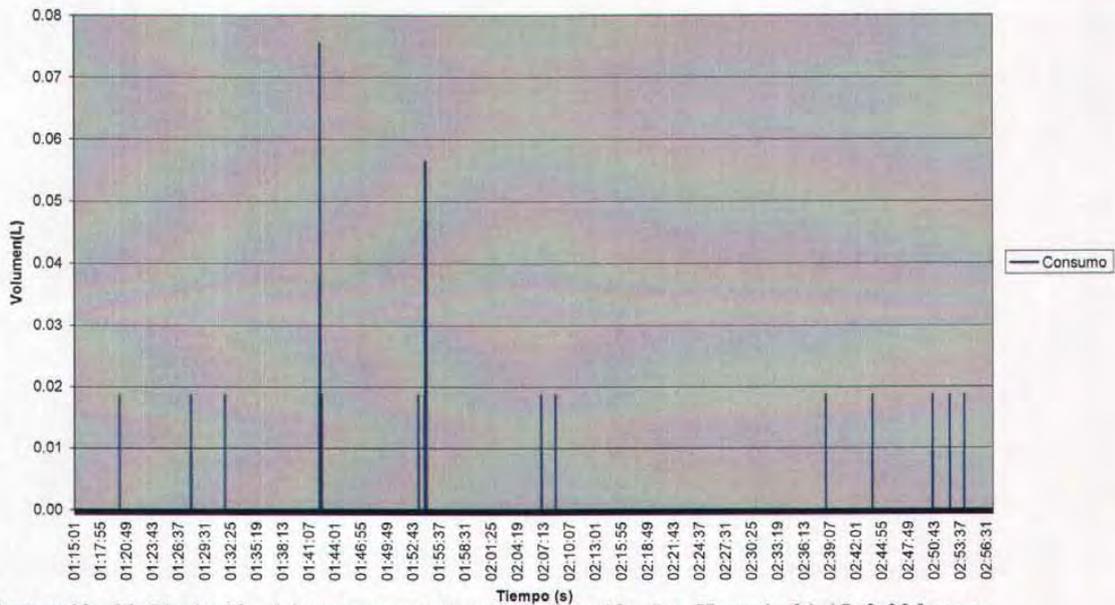


Ilustración 33. Variación del consumo en la casa habitación dos. Horario 01:15–3:00 horas.

En resumen en la casa habitación número tres se tuvieron 65534 pulsos, esto es más de 18 horas de medición continua. Del total de pulsos medidos sólo el 7.80% (5117 en total) provienen de actividades de consumo y el 2.66% corresponden a errores de medición. El volumen total medido en la casa habitación fue 364.238 litros.

5.5. Instalación de nuevos medidores

Con el objetivo de obtener un mejor conocimiento del consumo intradomiciliario, fue necesaria la instalación de otros diez medidores dentro de la zona Humaya. La dirección de los equipos se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4. Ubicación de nuevos medidores.

Punto	Ubicación
P1	Nevada de Toluca # 1665 s/t Col. Pradera Dorada
P2	Augurio entre Buenaventura casi esquina por venir # 3048 Col. 4 de Marzo
P3	Buenaventura # 3386 Col. 4 de Marzo.
P4	De la virtud # 3054 Col. 4 de Marzo.
P5	De la virtud # 2791 (a) entre voluntad y temple fracc. horizontes
P6	Fujimaya # 3067 residencial col. Rincón del Humaya
P7	Ararat # 3003 rincón del Humaya
P8	Republica de costa chica # 2600 entre Chile y Perú Col. Juntas de Humaya
P9	Avenida Internacional fte # 2327 entre Chile y Brasil
P10	Avenida Internacional entre san Salvador y Perú # 2768

La ubicación de los medidores en comparación con la zona de estudio se muestra en la ilustración siguiente

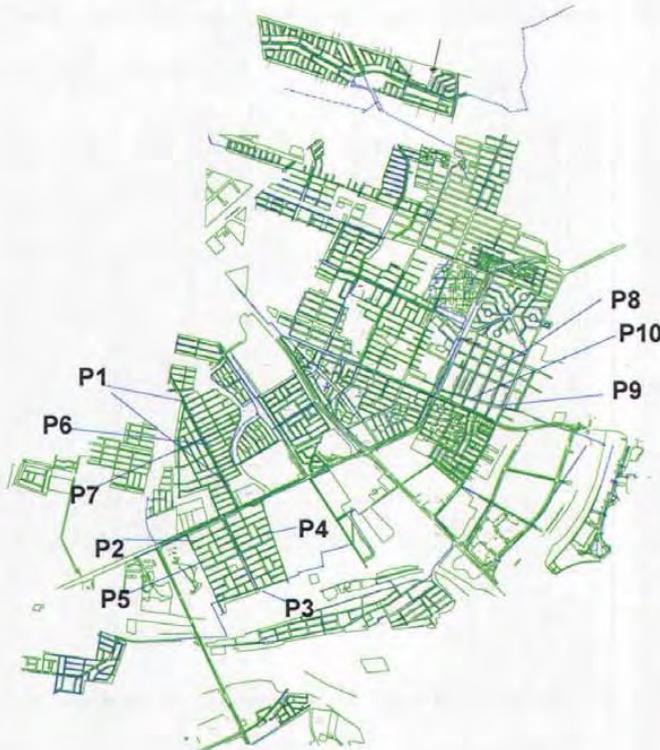


Ilustración 34. Ubicación de los medidores volumétricos dentro de la zona Humaya.

Una vez instalados será necesaria la calibración de los equipos de medición, en este caso el medidor de pulsos magnéticos.

5.6. Análisis del consumo intradomiciliario

Se continuaron los trabajos de medición durante el mes de agosto en cuatro domicilios [De los 10 instalados] de la zona Humaya. El primero de ellos ubicado en la Avenida Internacional fte # 2327 entre Chile y Brasil y corresponde a una casa habitación de nivel socioeconómico bajo.

El segundo punto de medición se ubica en la calle la virtud # 3054 en la colonia “4 de Marzo”, vale la pena mencionar que pertenece a un nivel medio. Los dos sitios restantes de clase social alta, se localizan sobre la calle la virtud # 2791 dentro del fraccionamiento “Horizontes” y Nevada de Toluca # 1665, lo anterior en la colonia “Pradera Dorada”.

La duración del muestreo en la primera casa habitación (Ave. Internacional) fue de nueve días aproximadamente. En el análisis realizado en los registros se tiene lo siguiente: 1) El total de pulsos registrados fue 763905, de los cuales únicamente 54138, esto es 7.08%, provienen de actividades de consumo intradomiciliario, 2) El volumen total en el desarrollo del muestreo fueron 5622.474 litros es decir 635.91 litros por día, 3) La intensidad de los pulsos tuvo un intervalo de 0.0196 a 0.15 litros, 4) El horario de mayor demanda se presentó de las 06:00 a 9:30 horas y de 17:00 a 19:30 en el horario vespertino, ver ilustración 35, lo anterior se debe al horario escolar de los menores que habitan la casa.

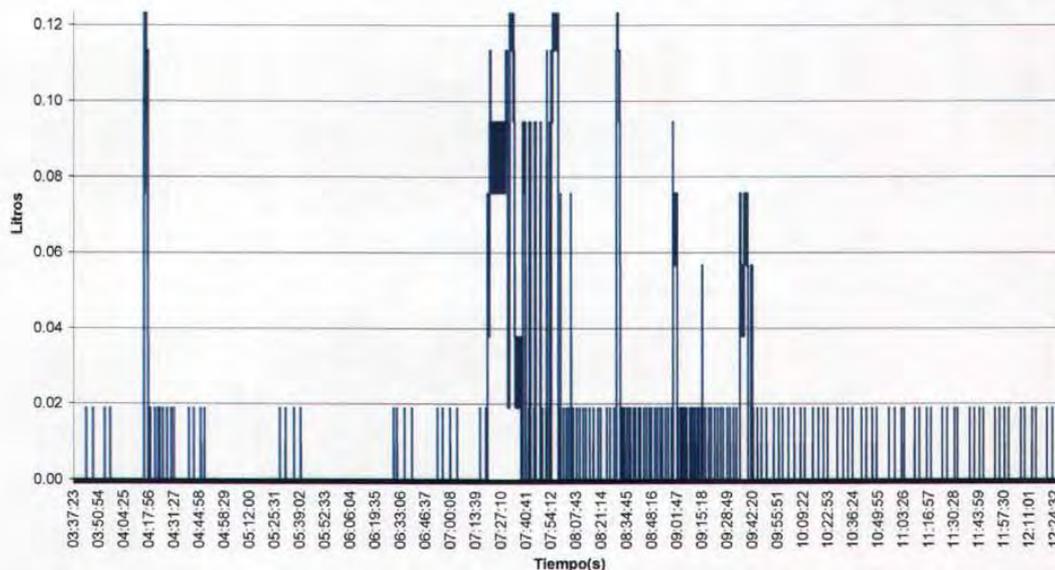


Ilustración 35. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 22 de agosto de 2003.

El comportamiento de los nueve días con intervalo de un segundo de registro, se presenta a detalle en la siguiente tabla.

Tabla 5. Registros de consumo, casa “Internacional”

Archivo	Hora Inicial	Hora final	Número Total de pulsos	Número de pulsos diferentes de cero	Número de pulsos = 0	Número de pulsos debido a errores de medición	Número de pulsos >0.15	Número de pulsos de consumo real	Volumen tot en litros
Internacional 1	12:21:25	17:30:15	18531	716	17815	110	0	606	50.822
Internacional 2	17:35:29	2:28:44	31997	1287	30710	139	0	1148	104.740
Internacional 2	2:28:45	9:54:02	26718	2265	24453	247	0	2018	184.533
Internacional 3	9:58:05	18:38:00	31196	8996	22200	581	0	8415	932.748
Internacional 5	18:44:05	3:37:22	31998	1754	30244	292	0	1462	148.631
Internacional 5	3:37:23	12:30:40	31998	2424	29574	391	0	2033	181.586
Internacional 5	12:30:41	14:30:22	7182	16	7166	16	0	0	0.302
Internacional 6	14:39:29	23:32:46	31998	2814	29184	272	0	2542	227.025
Internacional 6	23:32:47	4:41:37	31998	1016	30982	159	0	857	91.426
Internacional 6	8:26:05	10:18:57	6773	891	5882	77	0	814	49.462
Internacional 7	10:29:40	19:22:58	31999	607	31392	65	0	542	35.977
Internacional 7	19:22:59	4:16:17	32497	2139	30358	102	0	2037	222.833
Internacional 7	4:24:37	9:47:28	19372	861	18511	63	0	798	69.613
Internacional 8	9:51:24	18:44:42	31999	6065	25934	214	0	5851	677.073
Internacional 8	18:44:43	3:38:01	31999	2517	29482	118	0	2399	273.919
Internacional 8	3:38:02	9:17:33	20372	1052	19320	218	0	834	80.755
Internacional 9	9:24:09	18:17:27	31999	3293	28706	192	0	3101	350.217
Internacional 9	18:17:28	3:10:46	31999	841	31158	105	0	736	74.504
Internacional 9	03:10:47	09:22:51	22325	868	21457	102	0	766	69.424
Internacional 10	9:30:51	18:24:09	31999	3924	28075	188	0	3736	422.493
Internacional 10	18:24:10	3:17:28	31999	469	31530	113	0	356	39.849
Internacional 10	3:17:29	12:10:47	31999	1354	30645	120	0	1234	118.999
Internacional 10	12:10:48	12:36:41	1554	149	1405	20	0	129	14.297
Internacional 11	12:43:32	21:36:50	31999	2423	29576	418	0	2005	186.346
Internacional 11	21:36:51	6:30:09	31999	678	31321	112	0	566	53.314
Internacional 11	6:30:10	6:55:45	1536	138	1398	17	0	121	13.296
Internacional 11	6:55:46	12:08:41	18776	1281	17495	78	0	1203	97.110
Internacional 12	12:12:19	21:05:37	31999	6038	25961	526	0	5512	630.897
Internacional 12	21:05:38	5:58:56	31999	1005	30994	73	0	932	92.181
Internacional 12	5:58:57	9:37:12	13096	1494	11602	109	0	1385	128.102

Los pulsos con intensidad a 0.0196 litros por segundo se descartaron debido a errores de medición del equipo. Vale la pena mencionar que estos se presentan en su mayoría como pulsos aislados los que se denominan pulsos sencillos

Por su parte, en la casa ubicada en la calle La virtud # 2791, se obtuvo lo siguiente: 1) El número total de pulsos registrados fue de 938748, esto es aproximadamente 11 días continuos de medición; 2) Sólo 59187 pulsos presentaron una intensidad mayor de 0.0196 litros, esto es proveniente de alguna actividad de consumo intradomiciliario, lo anterior representa el 3.94 por ciento; 3) El volumen total de consumo fue de 4157.73 litros, lo que representa 382.67 litros por día; 4) A través de los datos anteriormente descritos se obtuvo que el volumen promedio por cada pulso (excluyendo aquellos por errores de medición) es de 0.1123 litros.

El domicilio ubicado en Nevado de Toluca #1665, presentó las siguientes características resumidas en la tabla siguiente:

Tabla 6. Resumen de características de consumo.

Número total de pulsos	934728
Días de muestreo	10.81861111
Pulsos diferentes de cero	48549
Pulsos iguales a cero	886179
Pulsos debido a errores de medición	9238
Pulsos de consumo real	39388
Volumen total de consumo(L)	4475.612
Volumen promedio por pulso(L)	0.113628825
Probabilidad de consumo durante el día (%)	4.213846167

En la casa sobre la calle La Virtud # 3054, a diferencia de los puntos de monitoreo anteriores, el intervalo de medición fue de 5 y 10 segundos. Esto se debe a la capacidad limitada del *data-logger* ubicado en este sitio. Por lo anterior se deberá realizar un análisis con el objetivo de conocer si el intervalo de un segundo es necesario en comparación a uno de cinco o diez segundos.

Durante el mes de septiembre se continuaron con los trabajos de medición de consumo en cuatro diferentes domicilios. De igual forma que en muestreos anteriores se continuó con el intervalo de medición de un segundo, por lo que el número de datos registrados durante el muestreo del mes de septiembre asciende a 4'800,000 aproximadamente.

La primera casa compuesta por dos adultos y un menor identificada como "Internacional" debido al nombre de la calle donde se ubica la casa, tuvo un periodo de 11 días y 18 horas aproximadamente teniendo un total de 1'015,842 pulsos de los cuales sólo el 8.25% (92,116) provienen de actividades de consumo. El volumen total de consumo en la casa fue de 6,856.08 litros, esto es 583.12 L/casa/día [tabla 7].

Tabla 7. Resumen del comportamiento de la casa “Internacional”.

Número total de pulsos	1015842
Días de muestreo	11.75743056
Pulsos diferentes de cero	92116
Pulsos iguales a cero	923726
Pulsos debido a errores de medición	8240
Pulsos de consumo real	83876
Volumen total de consumo(L)	6856.088
Volumen promedio por pulso(L)	0.081740763
Probabilidad de consumo durante el día (%)	8.25679584

Durante la medición se observaron dos situaciones: a) El horario de las actividades de consumo tiene un patrón, este se relaciona directamente con los horarios de elaboración e ingesta de alimentos que se realizan dentro del domicilio, [ver ilustración 36, ilustración 37 e ilustración 38].

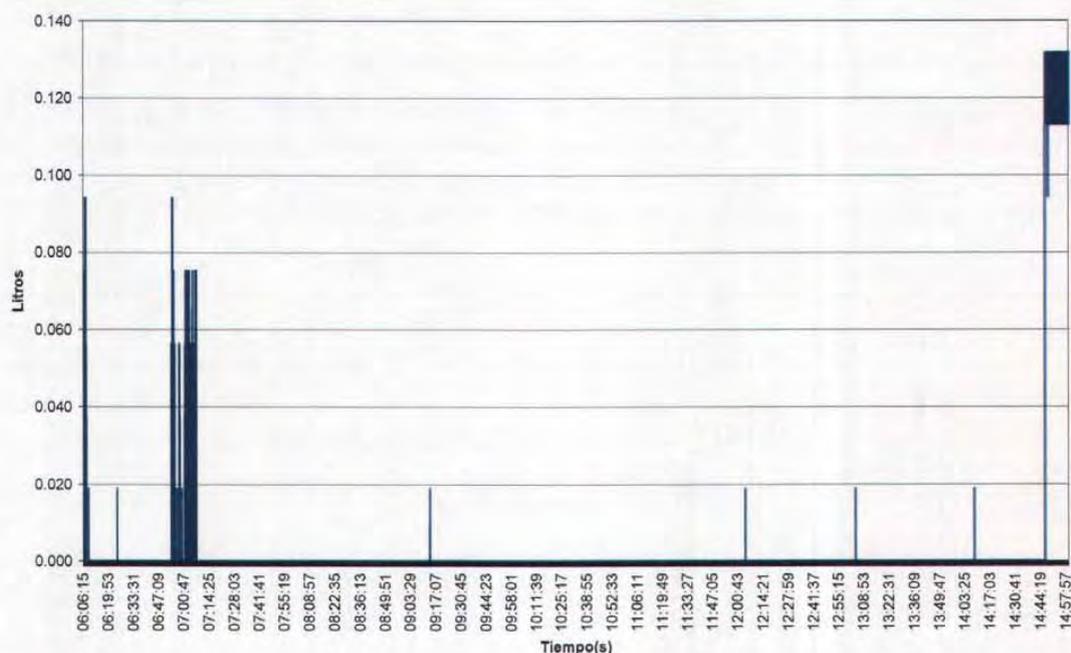


Ilustración 36. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 10 de septiembre de 2003.[miércoles].

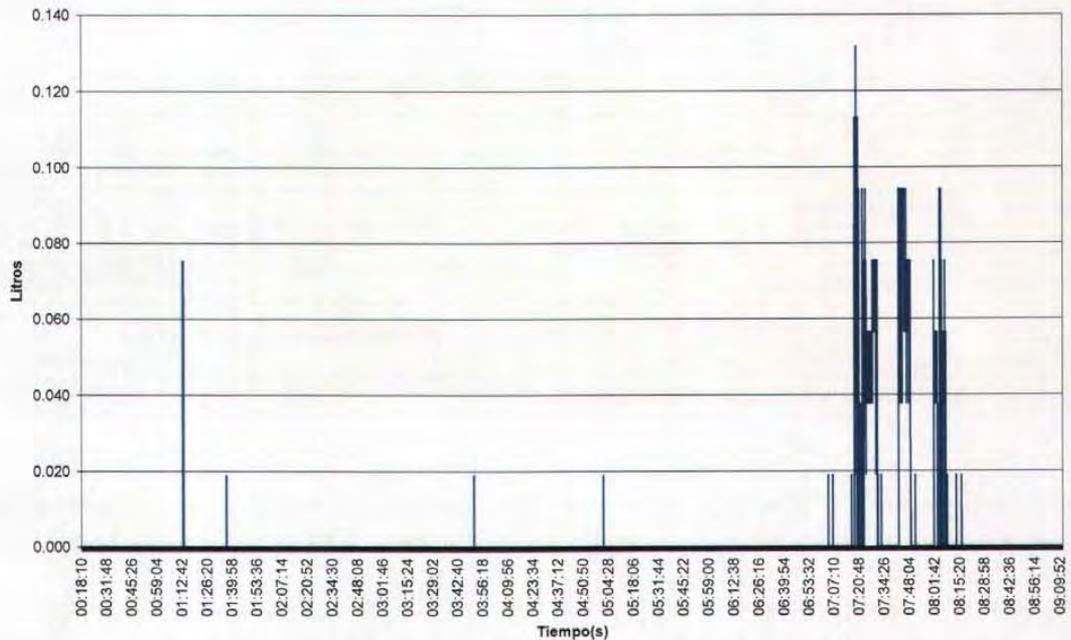


Ilustración 37. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 11 de septiembre de 2003.

En las ilustraciones se aprecia que existe una actividad constante durante las 7:00 – 8:15 horas durante todos los días. Esto obedece a la elaboración de alimentos matutinos. Por la tarde y noche los horarios comunes destinados a actividades de consumo de agua son 14:00 a 15:30 y 20:00 a 22:30 horas [ilustración 36 e ilustración 37] .

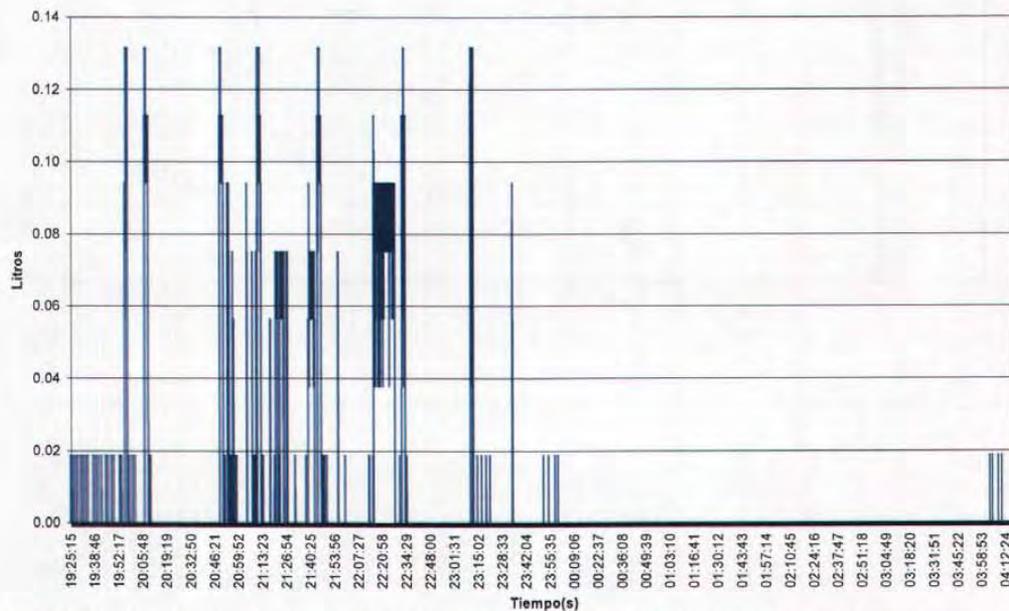


Ilustración 38. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 11 de septiembre de 2003. [jueves].

Continuando con la descripción de los resultados, en la casa conocida como “La virtud y MZ”, debido a su proximidad del mercado “Mercado de Zaragoza”, la situación tuvo diferencias en comparación con el domicilio anterior.

El número total de pulsos registrados por el *data-logger* son 1'778,927 pulsos, estos es considerando un pulso por segundo se obtienen más de 20 días de monitoreo continuo. Del total de pulsos únicamente 96,517 de ellos provienen de actividades de consumo, esto es un factor de probabilidad de consumo de 3.38 por ciento [tabla 8]. El volumen total registrado en este periodo de medición fue 7,089.44 litros, esto es 344 L/día.

Tabla 8. Resumen del comportamiento de la casa “La virtud y Mercado de Zaragoza”.

Número total de pulsos	1778927	pulsos
Días de muestreo	20.58943287	días
Pulsos diferentes de cero	96517	pulsos
Pulsos iguales a cero	1682410	pulsos
Pulsos debido a errores de medición	36353	pulsos
Pulsos de consumo real	60164	pulsos
Volumen total de consumo	7089.440	litros
Volumen promedio por pulso	0.117835247	litros
Probabilidad de consumo durante el día	3.382038723	%

Es importante señalar que dentro de esta casa habitación se registra un alto porcentaje de pulsos con intensidad menor a 0.020 litros. Lo anterior se comprobará de forma posterior (segunda etapa) si existe la posibilidad de alguna fuga dentro de la casa habitación o se debe a la precisión de los equipos empleados [ilustración 39].

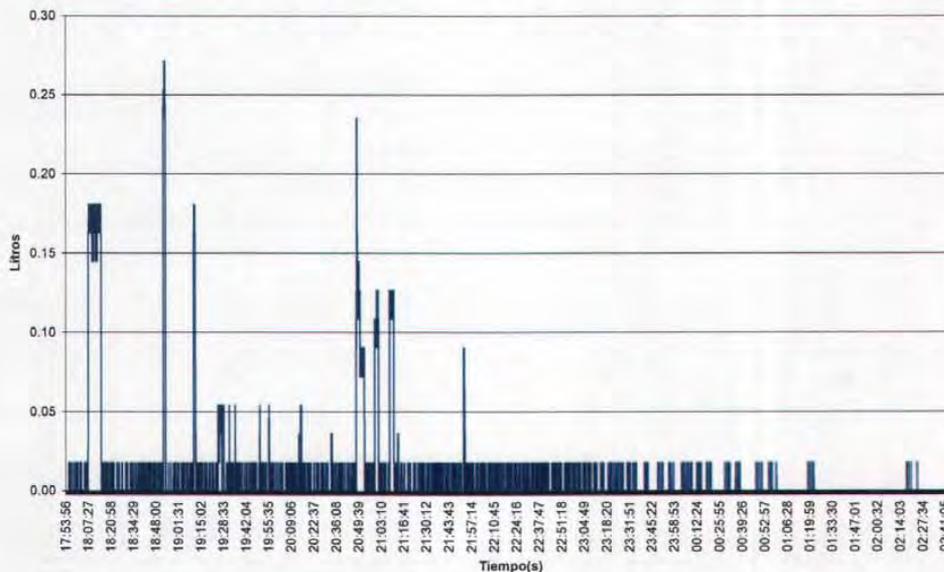


Ilustración 39. Variación de consumo de la casa “La virtud y Mercado de Zaragoza”. Fecha 09 y 10 septiembre de 2003.

De forma similar que la casa descrita con anterioridad, esta presenta patrones de consumo establecidos. Por la mañana existen dos horarios con actividades con algún uso consuntivo, 5:00 a 6:30 am y 9:00 a 10:00 am, [ilustración 40].

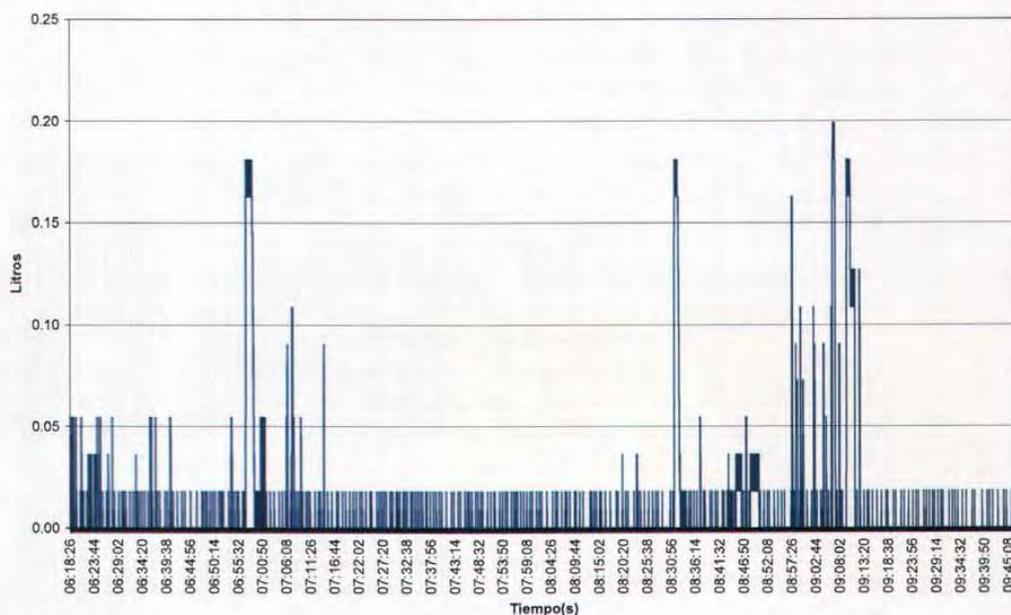


Ilustración 40. Variación de consumo de la casa “La virtud y Mercado de Zaragoza”. Fecha 11 septiembre de 2003 [jueves].

Por la tarde y noche el registro con pulsos mayores de cero, aparece en los siguientes horarios: 17:00 a 19:00 y 21:00 a 23:00, [ilustración 41].

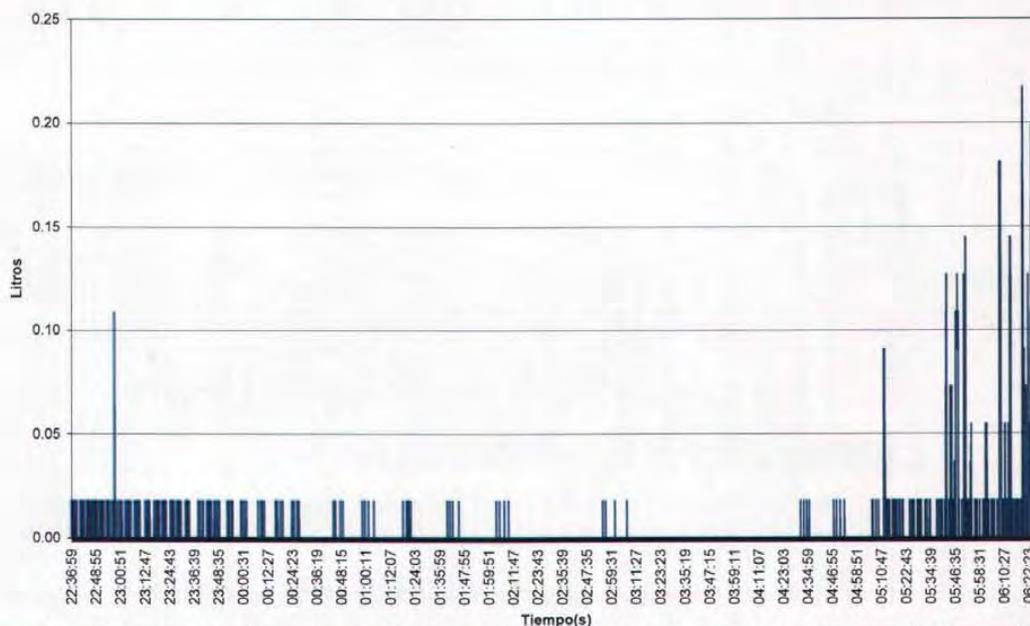


Ilustración 41. Variación de consumo de la casa “La virtud y Mercado de Zaragoza”. Fecha 13 y 14 septiembre de 2003 [sábado y domingo].

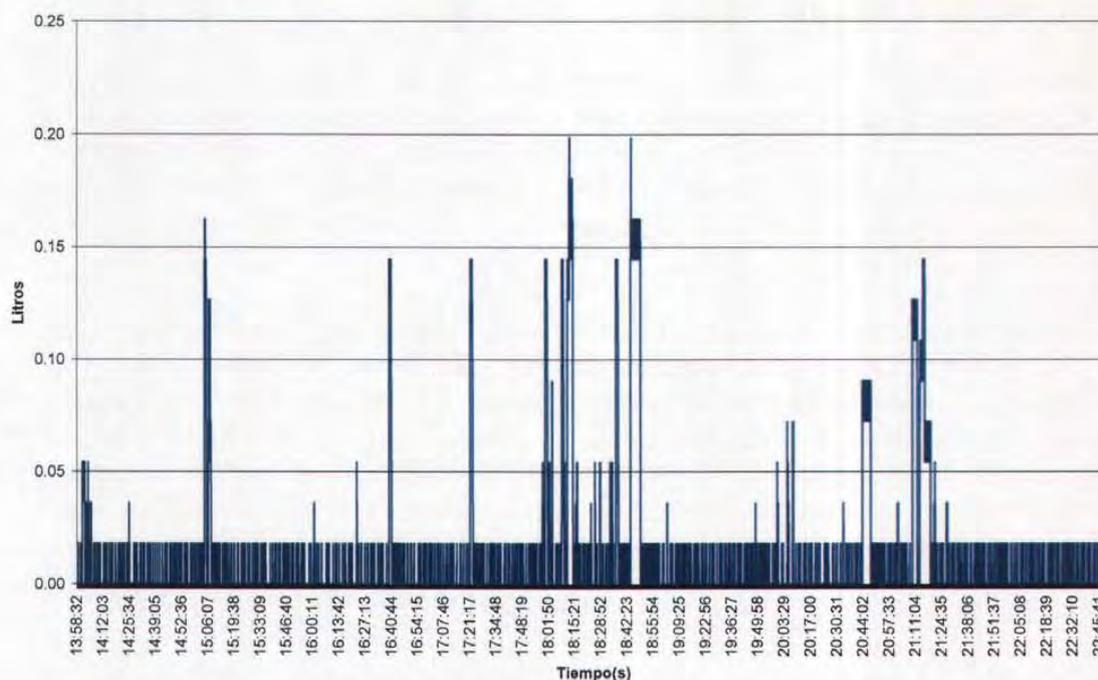


Ilustración 42. Variación de consumo de la casa “La virtud y Mercado de Zaragoza”. Fecha 23 septiembre de 2003.

La tercera casa habitación corresponde al domicilio ubicado sobre la calle “Nevado de Toluca”, esta corresponde a un hogar de nivel socioeconómico alto (residencial), dentro de este habitan dos personas, adultos específicamente.

La duración total del monitoreo es de 21 días, para un total de 1’815,535 pulsos, de los cuales únicamente el 3.43 por ciento (62,292 en total) corresponde a actividades de consumo.

Tabla 9. Tabla resumen del comportamiento de la casa “Nevado de Toluca”.

Número total de pulsos	1815535
Días de muestreo	21.01313657
Pulsos diferentes de cero	62292
Pulsos iguales a cero	1753243
Pulsos debido a errores de medición	1
Pulsos de consumo real	62291
Volumen total de consumo(L)	7047.757
Volumen promedio por pulso(L)	0.113142456
Probabilidad de consumo durante el día (%)	3.430999678

El volumen total registrado a través de los más de 21 días, son 7047.757 litros, esto es 335.40 L/día [ver tabla 9]. A diferencia de los hogares anteriores, particularmente en este no existe un patrón de consumo, esto se debe en gran parte a que los adultos que habitan

dentro de la casa, pertenecen a personas mayores de 55 años, y son profesionistas jubilados, por lo que todo el día mantienen actividades aleatorias.

El último domicilio monitoreado corresponde al ubicado en la calle “La Virtud”. Las características del lugar obedecen a una casa de nivel socioeconómico “medio”, y dentro de este viven únicamente dos personas adultas. A diferencia de los domicilios anteriores en este el intervalo de registro corresponde a 10 segundos. Esto con el objetivo de establecer las ventajas y desventajas de medir cada segundo o bien, con un intervalo de mayor orden de magnitud.

Las mediciones arrojan los siguientes resultados: El número total de pulsos registrados son 147,521 para un total de 17 días continuos de medición. El volumen total reportado durante el periodo de medición es 6963.355 litros, esto es 407.82 L/día (203.91 L/hab/día). Por último, la probabilidad de consumo durante del día fue 4.29 por ciento. En la ilustración 43 e ilustración 44 se muestra el comportamiento del domicilio, este resulta diferente a los anteriormente presentados debido a la duración de registro de 10 segundos.

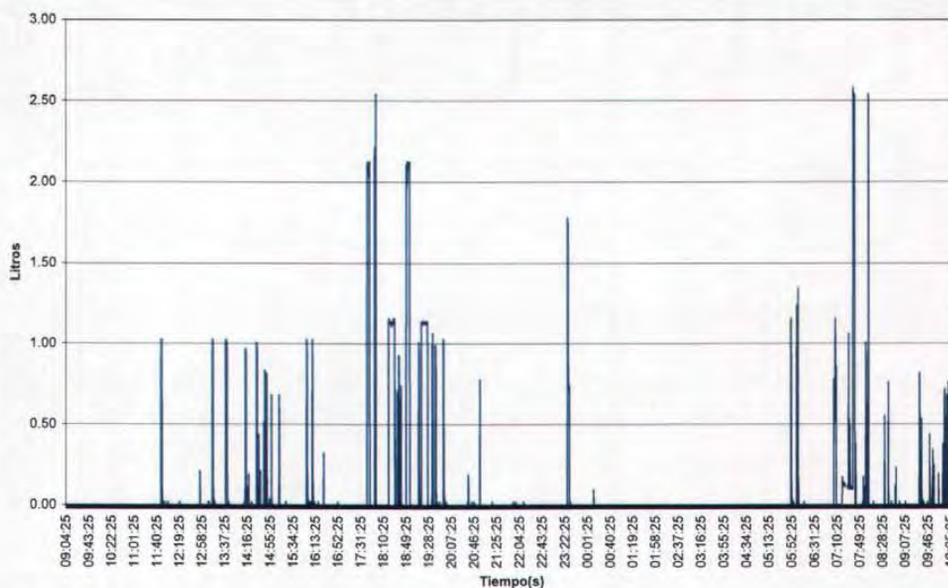


Ilustración 43. Variación de consumo de la casa “La virtud”. Fecha 26 y 27 de septiembre de 2003.

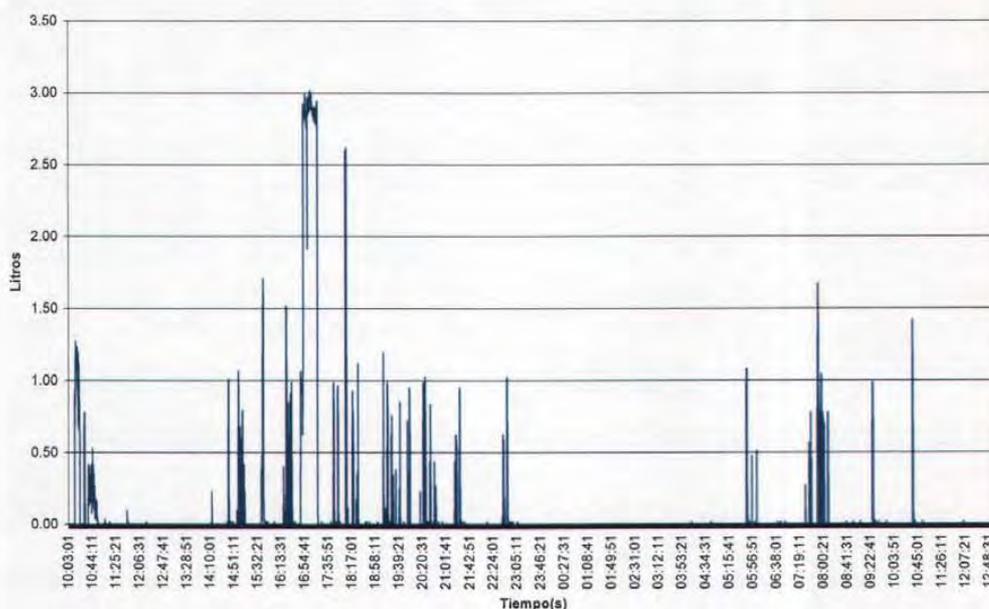


Ilustración 44. Variación de consumo de la casa “La virtud”. Fecha 29 y 30 de septiembre de 2003.

Es importante señalar que si se requiere conocer con detalle el comportamiento del consumo, se necesita de una medición por segundo, tal como lo recomienda Buchberger. Sin embargo si se desea saber el porcentaje de utilización a lo largo del día, el volumen total, el número de total de pulsos provenientes de actividades de consumo no será necesario medir con tan elevada frecuencia.

Tabla 10. Tabla resumen del comportamiento de la casa “La virtud”.

Número total de pulsos	147521	pulsos
Días de muestreo	17.07419	días
Pulsos diferentes de cero	770	pulsos
Pulsos iguales a cero	7728	pulsos
Pulsos debido a errores de medición	136	pulsos
Pulsos de consumo real	634	pulsos
Volumen total de consumo(L)	6963.355	litros
Volumen promedio por pulso(L)	9.043319	litros
Probabilidad de consumo durante el día (%)	0.042977	%

Tener una medición por segundo tiene las siguientes ventajas: a) Se conoce de forma espacial y temporal el comportamiento de la demanda intradomiciliaria; b) Con el reporte de consumo por cada casa habitación se podrá caracterizar o asociar la intensidad de los pulsos con los accesorios de la casa, por ejemplo, llaves, regadera, inodoros, etc, c) También a través de la intensidad de los pulsos se identifican las actividades dentro y fuera del domicilio, lo anterior se observa con la intensidad y duración de los pulsos. Las

actividades de riego de jardines y banquetas, así como el llenado de piscinas (en caso de existir), se reflejan directamente con la duración e intensidad constante de las mismas.

5.7. Conclusiones preliminares

Por lo anterior a partir de este estudio en la primera etapa se despejaron incógnitas realizadas en estudios de consumo desarrollados hasta ahora.

De forma inicial se tuvo la hipótesis que los pulsos con magnitud menor a 0.018 litros correspondían a errores de medición, sin embargo se verificaron en campo este tipo de pulsos y se comprobó que el origen de éstos, obedecen a fugas internas por parte de los accesorios dentro de las casas habitación.

A partir de este primer monitoreo de demanda intradomiciliaria se destaca lo siguiente:

- A través de los equipos empleados es posible medir la demanda con un intervalo de medición de un segundo.
- En esta primera etapa de medición y análisis se tiene en promedio una duración de 20 días en las diferentes casas habitación.
- El factor de uso tiene un rango de 3 a 8 por ciento. De forma posterior se podrá establecer una relación con el nivel socioeconómico de los usuarios, la presión del sistema de distribución de agua y el periodo estacional en el año.
- Se obtuvo el factor de calibración en cada uno de los equipos.
- Por vez primera se tiene una representación gráfica detallada sobre la evolución de la demanda intradomiciliaria en México.

En la segunda etapa se extenderá el análisis a otros parámetros como son la intensidad y la frecuencia de los pulsos; además la duración del monitoreo se prolongará por más de 100 días, con el objetivo de obtener un mayor banco de datos y con ello implícitamente un conocimiento profundo sobre la evolución de la demanda intradomiciliaria.

Lo poco que sé, se lo debo a mi ignorancia

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Platón

**CAPÍTULO 6. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN ESTOCÁSTICA
DEL CONSUMO**

6.1. Puntos de medición

Los puntos de medición se ubicaron en tres viviendas de diferentes colonias de la zona Humaya de la ciudad de Culiacán, Sin¹. La tabla 11 muestra los datos principales de esos domicilios. En cada uno de ellos se cambió el micromedidor existente por un micromedidor nuevo y se instaló el resto del equipamiento descrito en el capítulo V. El servicio de agua potable en la zona Humaya es continuo. Ninguna de las tres viviendas tiene tinaco, cisterna, jardines, lo anterior garantiza la evolución de los pulsos en el tiempo.

Tabla 11. Datos de los domicilios donde se midió.

Punto	Ubicación	Nivel socioeconómico	Habitantes
P ₁	Nevada de Toluca, Col. Pradera Dorada	Alto	2 adultos
P ₂	De la virtud entre voluntad y temple, Fracc. Horizontes	Medio	5 (2 adultos + 3 menores)
P ₃	Avenida Internacional entre Chile y Brasil, colonia Humaya	Bajo	3 (2 adultos + 1 menor)

En las tablas siguientes se encuentra un valor en paréntesis que corresponde al día del mes y a su lado el parámetro que se este analizando.

¹ En el anexo número uno se presenta parte de los consumos de las viviendas monitoreadas.

6.2. Factor de utilización (ρ)

Es el valor adimensional que representa el tiempo que los usuarios utilizan el agua en la vivienda. A continuación se presentan los resultados de factor de utilización (ρ) en porcentaje para la vivienda de Nevado. Para el análisis se hizo una división de días hábiles que corresponden Lunes a Viernes, para los fines de semana se tomó Sabados y Domingos.

En el mes de Agosto se midió durante 13 días, por tanto no son valores representativos para todo el mes, debido a que no es una muestra con el tamaño adecuado, se puede observar que en un viernes (día hábil) se presento el valor de factor de utilización máximo (10.27%), esto se pudo deber a que hayan existido visitas en la casa, realización de alguna fiesta, quehaceres domésticos, entre otros, generalmente los fines de semana tienen un valor mayor a los días hábiles así como su valor promedio.

Tabla 12. Factor de utilización en porcentaje de Agosto.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)1.21	(20)4.19	(21)5.24	(22)10.27	(23)6.53
(24)2.85	(25)2.60	(26)3.91	(27)2.58	(28)4.20	(29)2.22	(30)8.19
(31)3.55						

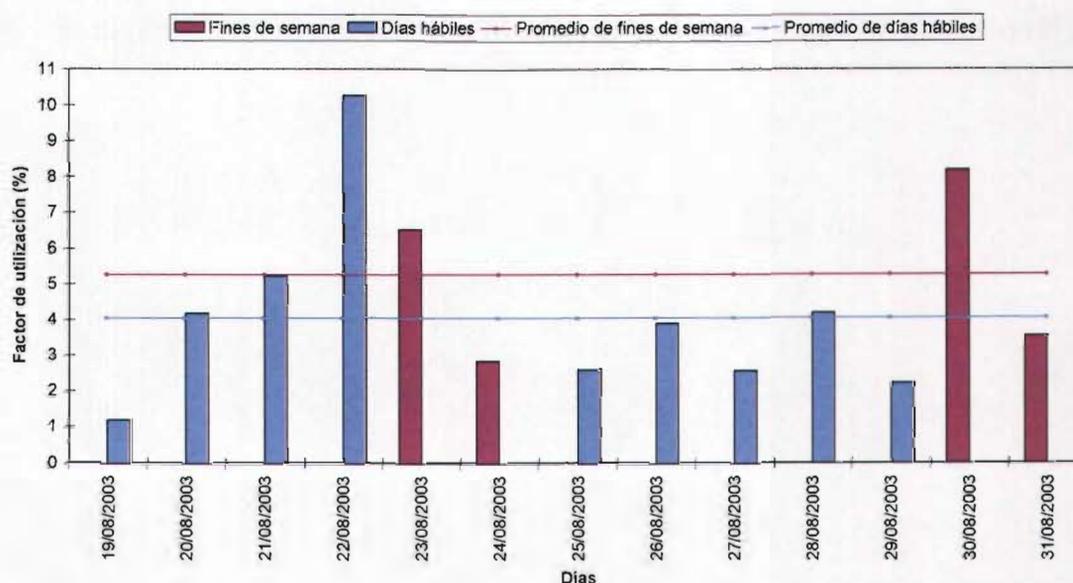


Ilustración 45. Variación del factor de utilización en la vivienda del “Nevado de Toluca” en Agosto.

En el mes de septiembre se obtuvieron valores de factor de utilización mayor en fines de semana, comparado con los días hábiles, por ejemplo el día 13, se tiene un valor de 9.92 %,

pero también el día domingo 21 se tuvo 0.52 %, lo cual indica que los habitantes probablemente no estuvieron en su vivienda la mayor parte del día. En la ilustración 46 se observa que el valor promedio de los fines de semana es mayor aproximadamente en 1.50 veces al de los días hábiles.

Tabla 13. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)3.95	(2)5.67	(3)3.08	(4)2.91	(5)2.19	(6)8.19
(7)3.55	(8)3.24	(9)0.85	(10)0.00	(11)0.18	(12)3.80	(13)9.92
(14)2.94	(15)4.80	(16)4.76	(17)6.73	(18)1.24	(19)0.74	(20)2.82
(21)0.52	(22)0.93	(23)5.67	(24)2.41	(25)1.06	(26)4.27	(27)8.19
(28)3.55	(29)3.95	(30)7.75				

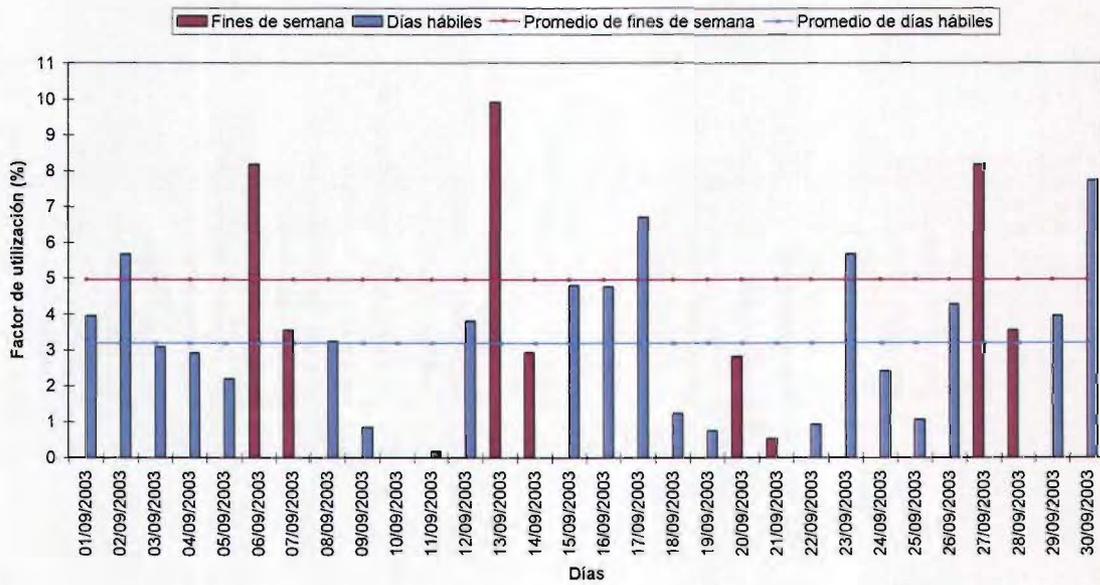


Ilustración 46. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Septiembre.

En el mes de Octubre los valores del factor de utilización de los días son mayores que los de los fines semana, en este mes se presentó el valor máximo en fin de semana. Por otro lado en la ilustración 47 se observa que el promedio del factor de utilización en días hábiles es similar al de los fines de semana.

Tabla 14. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)4.64	(2)2.83	(3)3.55	(4)4.44
(5)3.03	(6)6.95	(7)5.17	(8)5.64	(9)2.96	(10)2.19	(11)8.19
(12)3.55	(13)5.29	(14)5.31	(15)5.84	(16)4.73	(17)3.53	(18)5.16
(19)4.66	(20)7.27	(21)5.53	(22)6.66	(23)4.13	(24)6.62	(25)6.80
(26)3.70	(27)3.96	(28)4.35	(29)5.92	(30)6.67	(31)6.31	

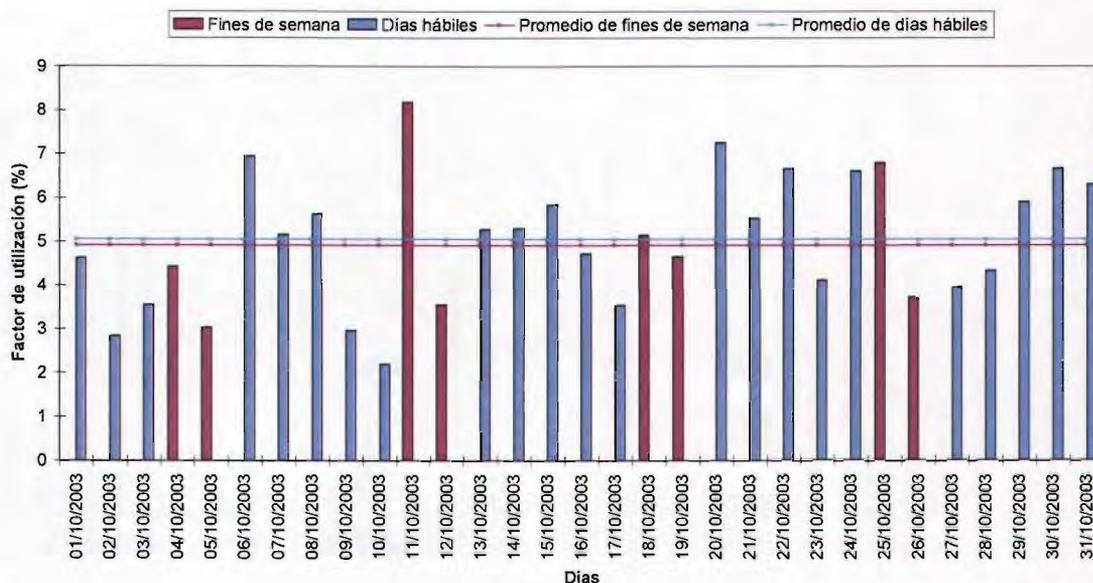


Ilustración 47. Variación del factor de utilización en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Octubre.

En el mes de Noviembre fue donde se registró el mayor valor del factor de utilización de todo el tiempo de medición de la vivienda, el tiempo en que los habitantes emplearon el agua fue de 163.15 min., lo que equivale al 11.33 por ciento. En la ilustración 48 se observa que el promedio del factor de utilización en fines de semana es aproximadamente el doble comparado con los días hábiles.

Tabla 15. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)1.45
(2)4.88	(3)3.53	(4)5.07	(5)4.62	(6)3.82	(7)2.92	(8)4.10
(9)11.33	(10)3.86	(11)5.67	(12)3.08	(13)4.16	(14)8.48	(15)8.19
(16)3.55	(17)1.14	(18)5.67	(19)3.08	(20)2.92	(21)2.19	(22)8.19
(23)3.55	(24)2.83	(25)0.91	(26)0.96	(27)2.92	(28)2.19	(29)

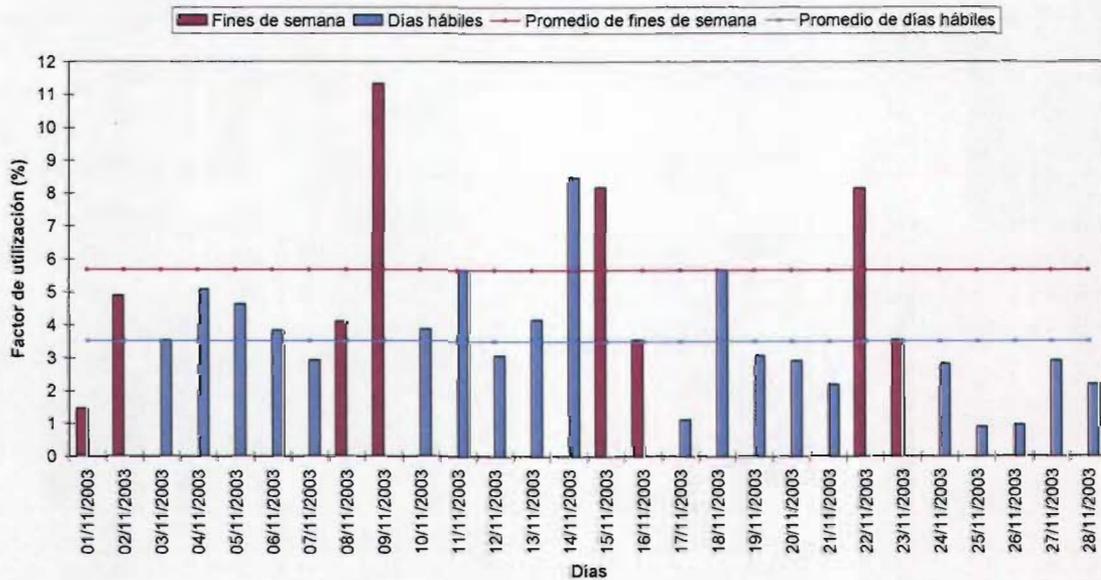


Ilustración 48. Variación del factor de utilización en la vivienda del “Nevado de Toluca” en Noviembre.

En la casa P₂ (La virtud mz) tienen cinco habitantes con nivel socioeconómico medio, en Agosto se midió 13 días, se puede observar que los valores de los días hábiles son generalmente mayores a los de los fines de semana, pero esto no se puede generalizar debido a que no se tienen los registros de todo el mes. El valor máximo que se presentó fue del 10 por ciento. En la ilustración 49 se observa que el promedio del factor de utilización en los días hábiles es mayor al de los fines de semana. Vale la pena mencionar que el día 19 no se midió las 24 horas del día.

Tabla 16. Factor de utilización en porcentaje de Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)0.51	(20)6.01	(21)3.92	(22)3.47	(23)3.72
(24)2.17	(25)5.71	(26)2.89	(27)10.00	(28)3.76	(29)5.29	(30)3.76
(31)3.07						

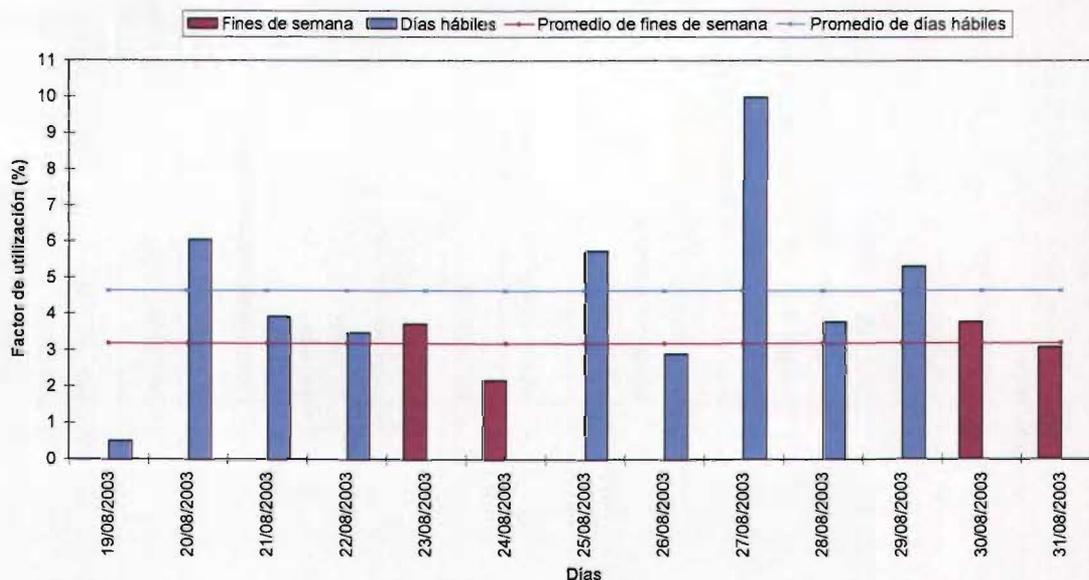


Ilustración 49. Variación del factor de utilización en la vivienda de la “Virtud y Mz” en Agosto.

En el mes de Septiembre se presentó un valor mayor en día hábil de 6.79 %, el factor de utilización es casi del mismo orden entre los días hábiles y los fines de semana, lo cual se observa en los promedios, los cuales están representados en la ilustración 50.

Tabla 17. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)3.15	(2)3.47	(3)3.64	(4)5.72	(5)0.45	(6)3.76
(7)3.07	(8)3.32	(9)6.85	(10)2.71	(11)6.79	(12)1.95	(13)6.10
(14)4.31	(15)1.73	(16)3.52	(17)1.64	(18)4.30	(19)1.62	(20)4.38
(21)2.18	(22)3.87	(23)3.47	(24)4.09	(25)3.86	(26)1.97	(27)3.76
(28)3.07	(29)3.15	(30)2.16				

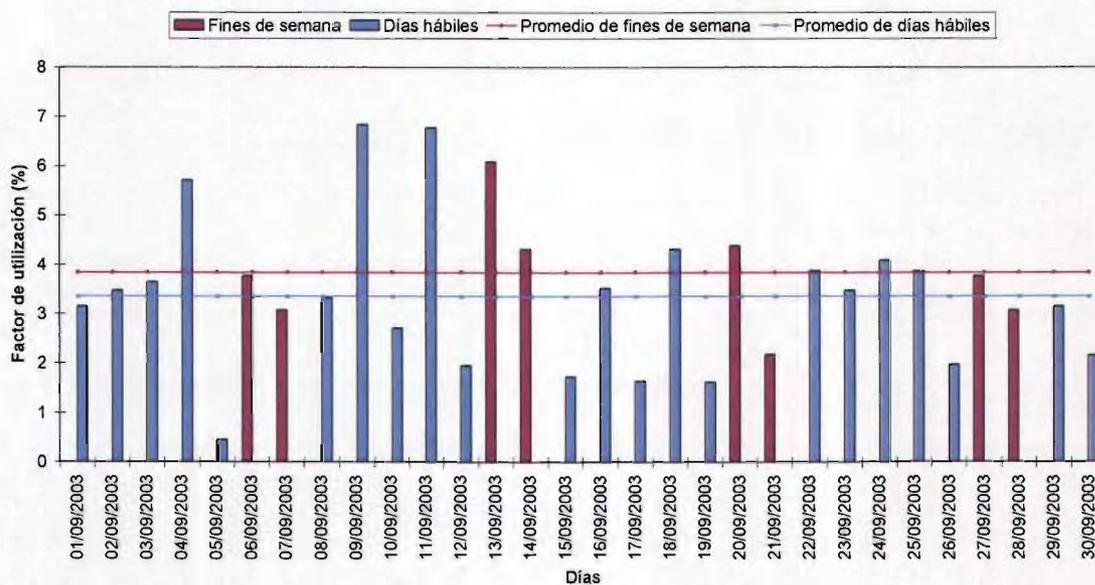


Ilustración 50. Variación del factor de utilización en la vivienda de la “Virtud y Mz” en Septiembre.

En el mes de Octubre se registró un valor de 7.08 % como valor máximo de factor de utilización presentado en fin de semana. Los valores promedio de ρ en fines de semana son casi el doble al de los días hábiles, lo cual se puede observar en la ilustración 51.

Tabla 18. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)3.00	(2)5.66	(3)3.26	(4)6.09
(5)4.49	(6)4.86	(7)1.81	(8)0.00	(9)4.86	(10)0.45	(11)3.76
(12)3.07	(13)1.75	(14)3.73	(15)1.50	(16)1.65	(17)0.83	(18)7.08
(19)2.30	(20)1.25	(21)1.64	(22)3.56	(23)2.17	(24)3.74	(25)0.26
(26)5.19	(27)0.75	(28)0.25	(29)3.84	(30)3.28	(31)0.41	

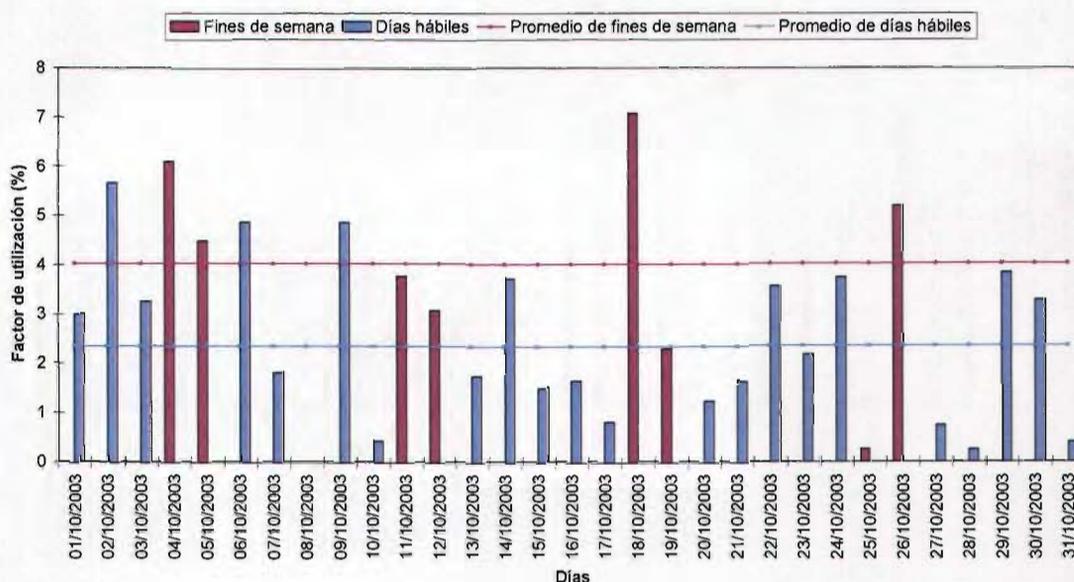


Ilustración 51. Variación del factor de utilización en la vivienda de la “Virtud y Mz” en Octubre.

En el mes de Noviembre fue cuando se registró el valor máximo del factor de utilización en la vivienda de la “La virtud y Mz”, ocupando 107.28 minutos del día para la utilización del agua en la vivienda, los cuales corresponden a 7.45 por ciento. En la ilustración 52 se observa que el promedio del factor de utilización de los fines de semana es mayor al de los días hábiles.

Tabla 19. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)5.76
(2)7.45	(3)3.93	(4)4.30	(5)3.64	(6)5.72	(7)1.29	(8)3.76
(9)0.75	(10)4.03	(11)1.36	(12)1.59	(13)1.23	(14)0.97	(15)3.76
(16)3.07	(17)3.15	(18)3.47	(19)3.64	(20)5.72	(21)0.45	(22)3.76
(23)3.07	(24)3.23	(25)3.47	(26)2.47	(27)1.56	(28)0.45	(29)

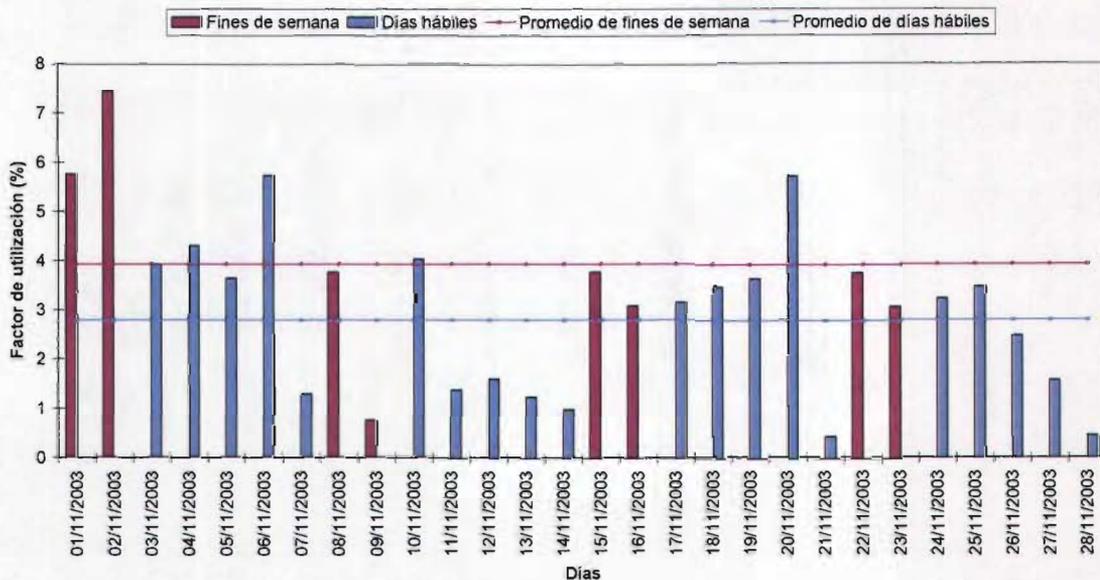


Ilustración 52. Variación del factor de utilización en la vivienda de la “Virtud y Mz” en Noviembre.

En Casa ubicada en la calle Internacional es habitada por tres personas, de las cuales existen dos adultos y un menor, durante el mes de Agosto se midió 12 días, al igual que en las otras dos casas, el mes no es representativo, pero se observa que los valores del factor de utilización son generalmente mayores al 6%. Se obtuvo un valor máximo de 13.80%. En la ilustración 53 se observa que el promedio del factor de utilización de los fines de semana es menor al de los días hábiles.

Tabla 20. Factor de utilización en porcentaje de Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)2.33	(21)13.80	(22)5.53	(23)4.72
(24)9.89	(25)6.28	(26)5.67	(27)4.60	(28)9.09	(29)5.62	(30)7.29
(31)3.19						

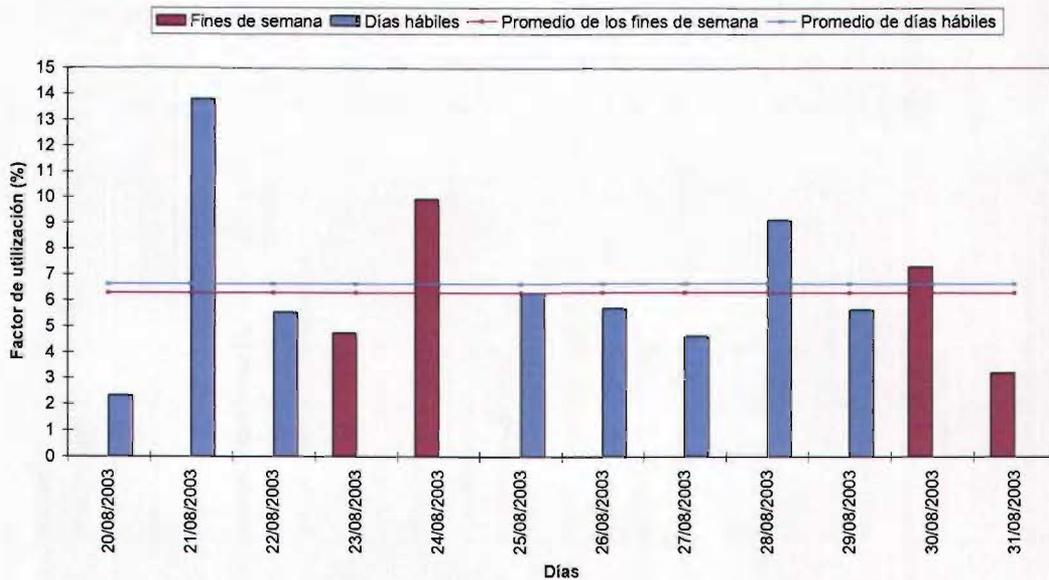


Ilustración 53. Variación del factor de utilización en la vivienda de “Internacional” en Agosto.

En el mes de Septiembre se tiene un valor máximo de factor de utilización del 17.58%(fin de semana) el día 13, lo que representa un tiempo mayor a 4 horas. Lo anterior se debe que durante las 5:30 horas y 7:12 se tuvo un consumo excesivo de agua proveniente de diferentes accesorios [Alcocer, *et al*, 2003]. Por otro lado el día 25 (día hábil), se tuvo un factor de utilización de 17.45%, debido a que se presentaron usos frecuentes durante la mañana entre las 11 y 12 horas. Por la tarde se presentó una situación inusual al tener pulsos continuos durante 45 minutos con una intensidad superior a los 0.14 litros [Alcocer, *et al*, 2003]. En la ilustración 54 se puede observar que los valores de los fines de semana son mayores al de los días hábiles, aproximadamente el doble.

Tabla 21. Factor de utilización en porcentaje de Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)6.55	(2)2.44	(3)6.05	(4)1.54	(5)0.00	(6)11.91
(7)11.03	(8)3.85	(9)2.44	(10)6.05	(11)1.54	(12)5.78	(13)17.58
(14)7.54	(15)7.33	(16)10.10	(17)7.90	(18)6.33	(19)6.18	(20)7.29
(21)3.19	(22)6.55	(23)2.44	(24)4.18	(25)17.45	(26)3.34	(27)11.91
(28)11.03	(29)6.28	(30)2.80				

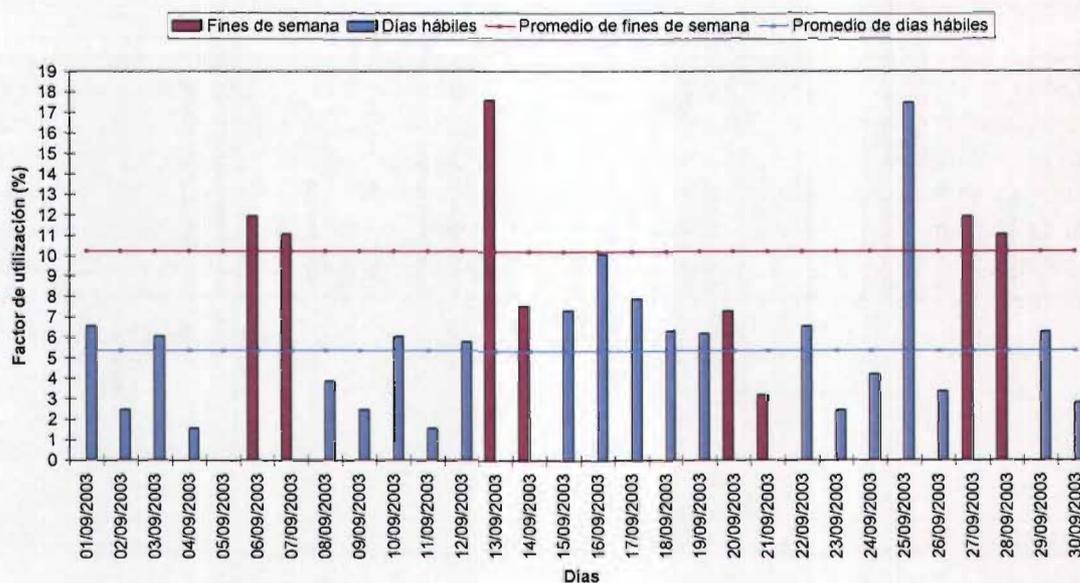


Ilustración 54. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

En el mes de Octubre se presentó el valor máximo de factor de utilización durante toda la medición en la vivienda, se obtuvo 19.20 % lo que corresponde a 4.61 horas del día. Los fines de semana tuvieron un valor superior al 10 por ciento, en cambio los días hábiles presentan un promedio de 3.71, éste valor coincide con el promedio general del monitoreo de 3 y 5 por ciento [Tzatchkov, *et al*, 2005]. En la ilustración 55 se puede observar que el promedio de los fines de semana es mayor que el triple de los días hábiles.

Tabla 22. Factor de utilización en porcentaje de Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)5.48	(2)5.76	(3)6.21	(4)18.37
(5)19.20	(6)2.79	(7)6.54	(8)2.06	(9)1.71	(10)6.21	(11)11.91
(12)11.03	(13)4.20	(14)2.86	(15)1.83	(16)6.31	(17)3.10	(18)13.28
(19)13.76	(20)3.50	(21)3.05	(22)6.40	(23)4.38	(24)4.89	(25)12.99
(26)11.53	(27)1.90	(28)0.00	(29)0.00	(30)0.00	(31)6.21	

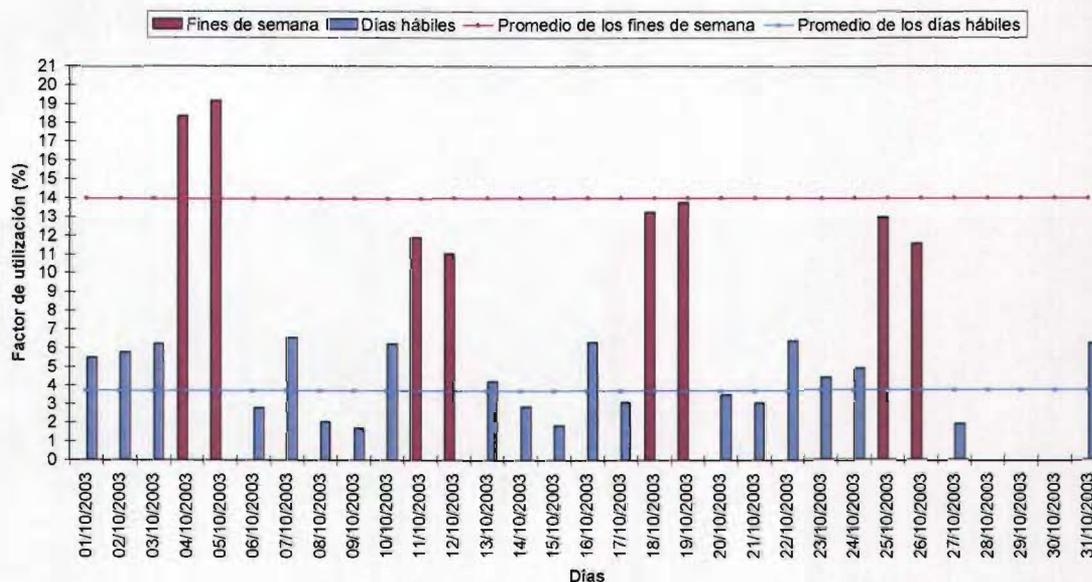


Ilustración 55. Variación del factor de utilización en la vivienda de “Internacional” en Octubre.

En el mes de Noviembre se presentó un valor máximo de factor de utilización de 14.35 %. En la ilustración 56 se observa que los valores de los fines de semana son mayores comparados con los días hábiles.

Tabla 23. Factor de utilización en porcentaje de Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)4.85
(2)8.21	(3)6.28	(4)1.43	(5)6.20	(6)6.10	(7)3.14	(8)11.91
(9)11.03	(10)5.42	(11)7.37	(12)6.89	(13)7.43	(14)3.84	(15)12.59
(16)14.35	(17)6.28	(18)0.00	(19)0.00	(20)0.00	(21)3.84	(22)11.91
(23)11.03	(24)3.58	(25)7.86	(26)5.88	(27)8.49	(28)2.13	(29)

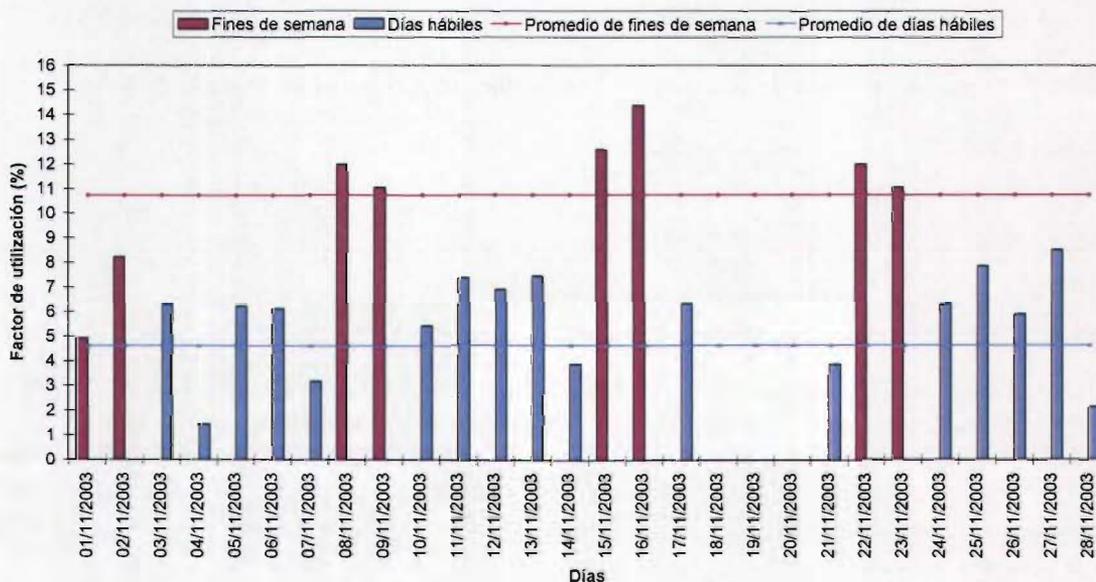


Ilustración 56. Variación del factor de utilización en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.

En las tablas siguientes se muestra los promedios de p por mes de las viviendas estudiadas.

Se observa que la vivienda de Nevado de Toluca los valores promedio del factor de utilización en fines de semana es mayor en relación con los días hábiles, esto podría deberse a que los dos usuarios al ser personas jubiladas, ocupan el agua para sus necesidades básicas, como bañarse, lavar trastes; lavar sus automóviles. Es muy probable que consuman un mayor de tiempo el agua los fines de semana debido a que podrían recibir visitas de sus hijos u otras amistades. En Octubre el promedio fue mayor en días hábiles.

Tabla 24. Promedio del factor de utilización en fines de semana de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio
Agosto	5.28
Septiembre	4.96
Octubre	4.93
Noviembre	5.66

Tabla 25. Promedio del factor de utilización en días hábiles de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio
Agosto	4.05
Septiembre	3.19
Octubre	5.07
Noviembre	3.50

En la vivienda de “la virtud y Mz” el valor el valor máximo se presentó durante el mes de Agosto en día hábil, pero como el mes no es representativo, el valor máximo promedio fue de 4.03 % que se registró en el mes de Octubre, lo que equivale a 58.03 min., en la mañana la vivienda se encuentra deshabitada, debido a que los padres trabajan y los hijos van al colegio, como se puede observar generalmente utilizan una hora el agua durante todo el día para sus necesidades fisiológicas, lavar trastes, aseo en la casa, etcétera.

Tabla 26. Promedio de factor de utilización en fines de semana de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (%)
Agosto	3.18
Septiembre	3.83
Octubre	4.03
Noviembre	3.92

Tabla 27. Promedio de factor de utilización en días hábiles de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (%)
Agosto	4.62
Septiembre	3.34
Octubre	2.36
Noviembre	2.78

En la vivienda en Internacional, se obtuvieron los valores promedios mayores, en Octubre se tiene un valor promedio del factor de utilización de 14.01 %, equivale a 3.36 horas, los habitantes tienen un nivel socioeconómico bajo, por lo que ellos deben lavar su ropa, debido a esto los habitantes utilizan el agua un mayor tiempo, trastes, tienen poca cultura del agua, todas estas circunstancias se reflejan en el factor de utilización.

Tabla 28. Promedio de factor de utilización en fines de semana de la vivienda de la “Internacional”.

Mes	Promedio (%)
Agosto	6.27
Septiembre	10.19
Octubre	14.01
Noviembre	10.74

Tabla 29. Promedio de factor de utilización en días hábiles de la vivienda de la “Internacional”.

Mes	Promedio (%)
Agosto	6.62
Septiembre	5.32
Octubre	3.71
Noviembre	4.61

Para obtener una relación de cuantas veces es mayor el promedio de p en fines de semana comparando con los días hábiles, simplemente se realizó un cociente con la siguiente expresión:

$$\text{Valor} = \frac{\text{promedio del factor de utilización en fines de semana}}{\text{promedio del factor de utilización en días hábiles}} \quad (3)$$

Los resultados obtenidos en la tabla 30, sin tomar en cuenta el mes de Agosto, se aprecia que todos son mayores a uno, excepto en la casa del Nevado de Toluca en el mes de Octubre.

Tabla 30. Comparación del factor de utilización.

Casa	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
En P ₁ (Nevado de Toluca)	1.30	1.55	0.97	1.61
En P ₂ (La virtud y Mz)	0.69	1.15	1.71	1.41
En P ₃ (Internacional)	0.95	1.91	3.77	2.33

Generalmente el fin de semana los habitantes pasan mayor tiempo en su vivienda, por lo que se espera que utilicen el agua en mayor tiempo, con base en los resultados y descartando el mes de Agosto se observa que en la casa de Nevado de Toluca en el mes de Octubre se utilizó en mayor tiempo el agua en los días hábiles.

Ignorando los valores obtenidos en el mes de agosto (monitoreo menor a 13 días), en los demás meses la relación prácticamente fue mayor a 1.00, con excepción del mes de octubre en la casa identificada como "Nevado de Toluca".

6.3. Número de pulsos

Un pulso es generado cuando uno o varios accesorios son utilizados, con su respectiva intensidad y duración.

Uno de los resultados con mayor trascendencia es el número de pulsos que se presentan y tiene una relación directa con el factor de utilización, ρ .

Recordar que un pulso deberá tener una duración e intensidad mayor a un segundo, de lo contrario éstos se considerarán como microfugas.

Es importante mencionar que de forma posterior se mostrará la duración promedio de los pulsos y con ello se obtendrá el volumen total diario dentro de la casa habitación.

Recordando que el valor en paréntesis de las tablas, representa el día del mes analizado y a su lado el valor del parámetro.

En la casa de Nevado de Toluca (P_1) durante el mes de Agosto se realizó la medición durante trece días, éstos no son valores representativos, pero se pueden inferir patrones, se aprecia que los fines de semana el número de pulsos es mayor que los días hábiles, así también su promedio.

Tabla 31. Número de pulsos en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)107	(20)82	(21)269	(22)125	(23)170
(24)35	(25)34	(26)111	(27)173	(28)164	(29)66	(30)97
(31)68						

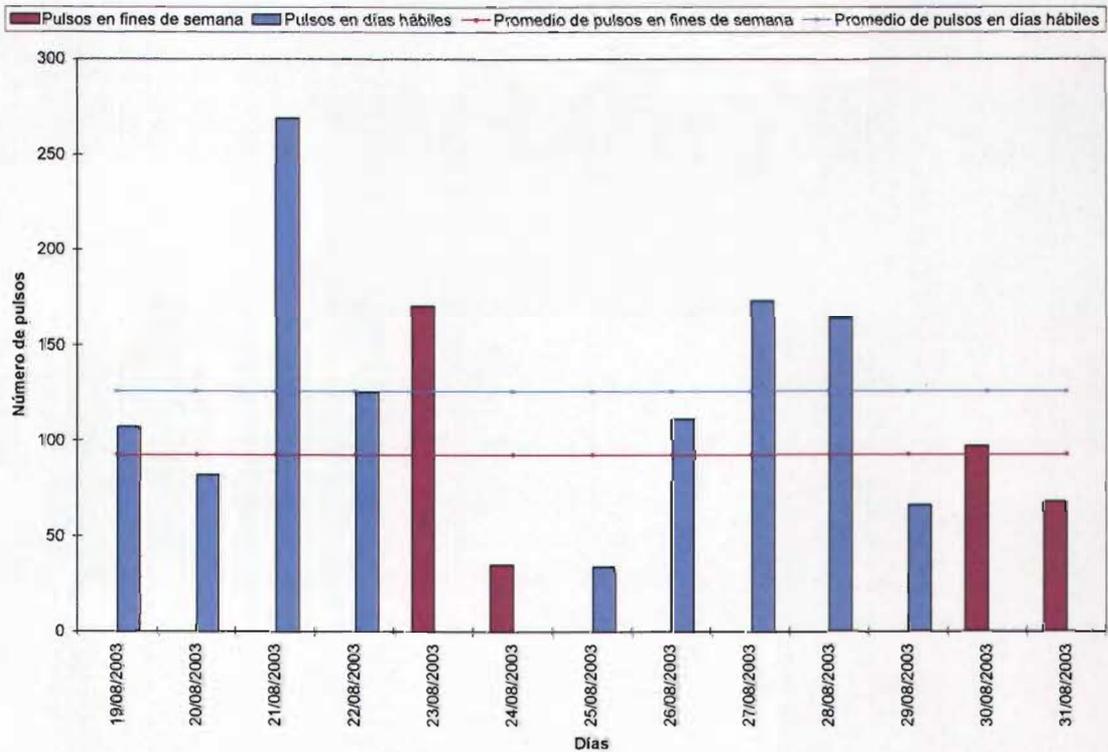


Ilustración 57. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Agosto.

En el mes de Septiembre el número máximo de pulsos que se registró fue de 163, es importante mencionar que fue el mismo día en que se presentó el valor mayor de factor de utilización (9.92%). El número de pulsos de los fines de semana es generalmente mayor a el de los días hábiles. Lo anterior se puede observar en la ilustración 58.

Tabla 32. Número de pulsos en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)54	(2)62	(3)48	(4)30	(5)27	(6)98
(7)68	(8)86	(9)37	(10)0	(11)8	(12)63	(13)163
(14)94	(15)71	(16)57	(17)81	(18)31	(19)34	(20)76
(21)10	(22)36	(23)62	(24)24	(25)47	(26)33	(27)98
(28)68	(29)54	(30)116				

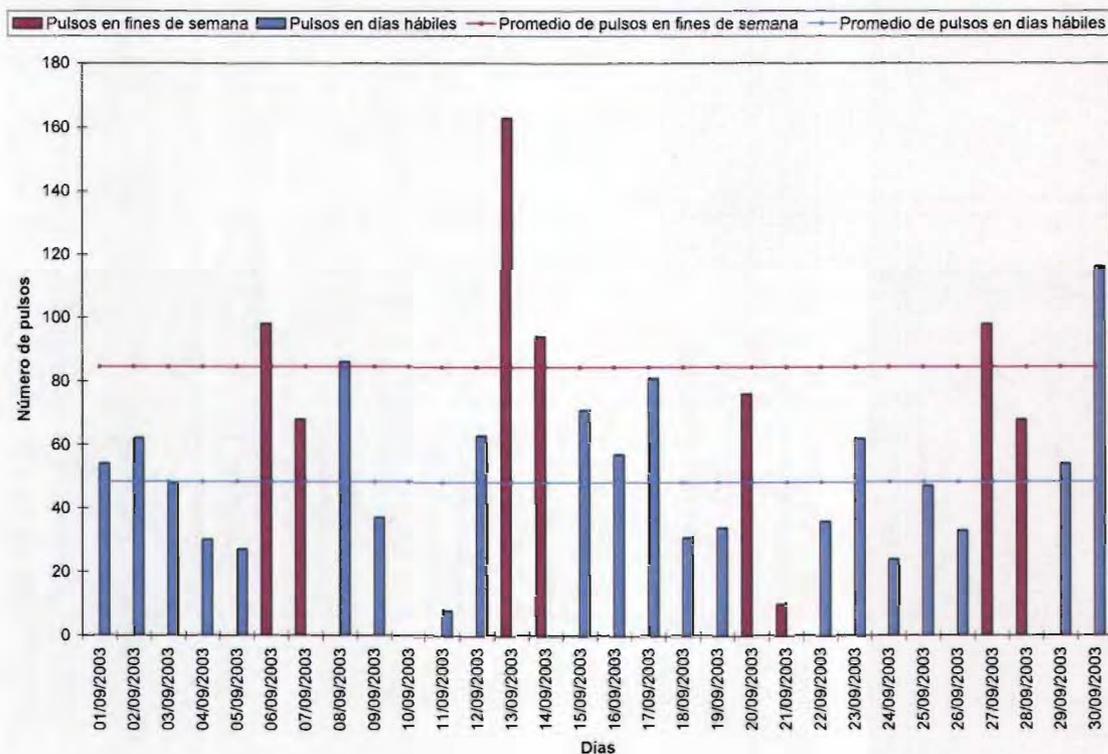


Ilustración 58. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Septiembre.

En el mes de Octubre se puede observar en la ilustración 59 el valor promedio del número de pulsos en fines de semana es menor que el de los días hábiles. Lo mismo sucedió con el factor de utilización en este mes.

Tabla 33. Número de pulsos en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)63	(2)28	(3)60	(4)72
(5)34	(6)194	(7)58	(8)87	(9)60	(10)27	(11)98
(12)68	(13)59	(14)55	(15)57	(16)94	(17)60	(18)66
(19)61	(20)80	(21)52	(22)67	(23)52	(24)137	(25)58
(26)52	(27)51	(28)64	(29)69	(30)171	(31)124	

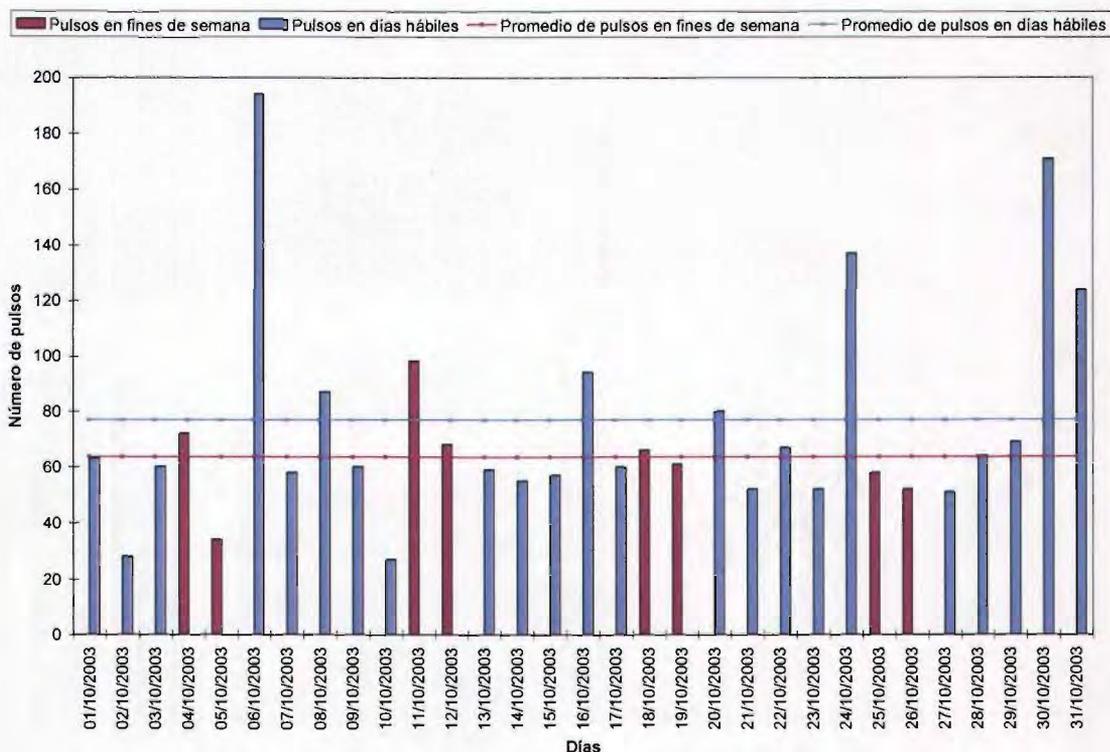


Ilustración 59. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Octubre.

En el mes de Noviembre el día nueve fue cuando se presentó el mayor número de pulsos 366, ese mismo día también se presentó el valor mayor del factor de utilización. En la ilustración 60 se puede observar que tres días consecutivos tuvieron un numero de pulsos mayor a 100 así como el promedio de pulsos en fines de semana es aproximadamente el doble en relación con los días hábiles.

Tabla 34. Número de pulsos en Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)27
(2)41	(3)55	(4)106	(5)155	(6)125	(7)59	(8)87
(9)366	(10)54	(11)62	(12)48	(13)79	(14)110	(15)98
(16)68	(17)34	(18)62	(19)48	(20)30	(21)27	(22)98
(23)68	(24)21	(25)22	(26)30	(27)30	(28)27	

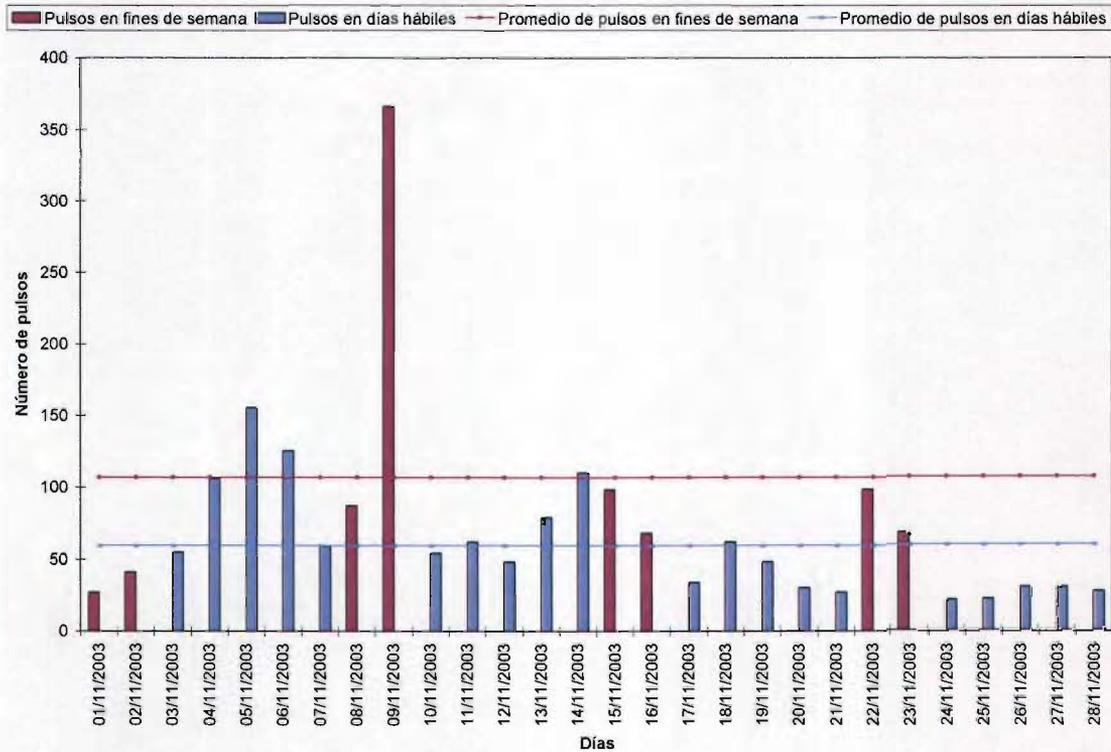


Ilustración 60. Variación del número de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Noviembre.

En “la virtud y Mz” el mes de Agosto no es representativo, debido a que solo se midió durante en trece días, pero se puede observar que el 27 presento 569 pulsos, es importante recordad que ese día se tuvo un factor de utilización del 10 por ciento. En la ilustración 61 se observa que el promedio de los pulsos en fines de semana es menor al de los días hábiles.

Tabla 35. Número de pulsos en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)16	(20)93	(21)82	(22)67	(23)46
(24)69	(25)76	(26)59	(27)569	(28)115	(29)86	(30)35
(31)63						

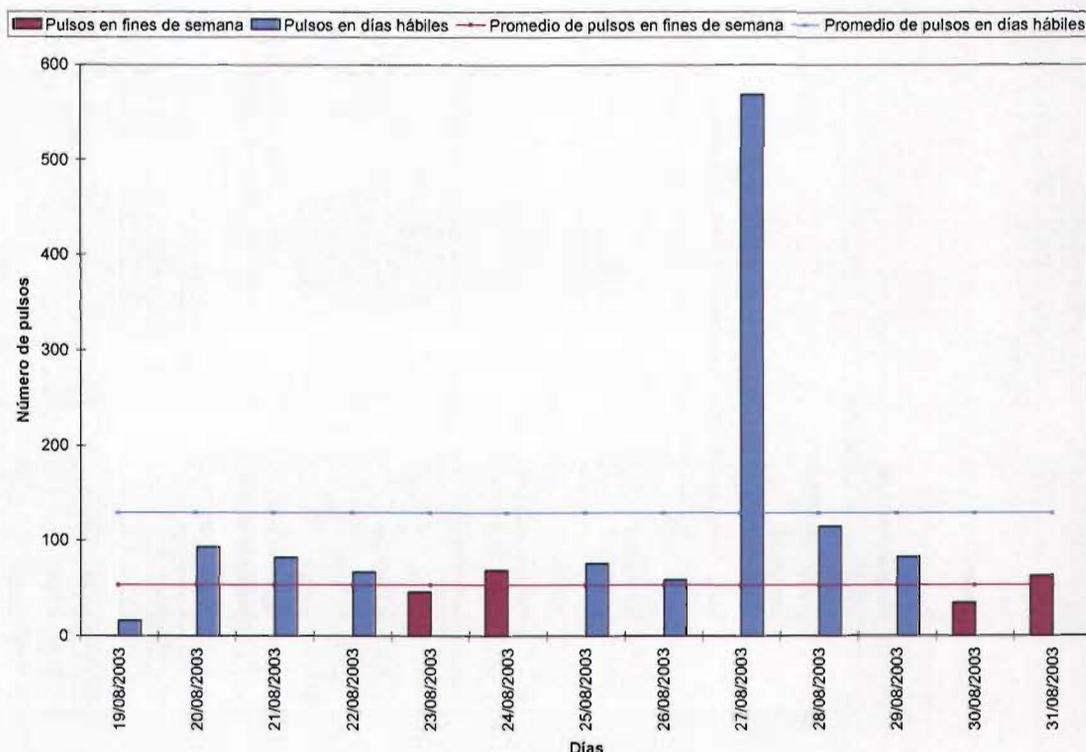


Ilustración 61. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Agosto.

En el mes de Septiembre solo se presentaron los mayores pulsos promedio en días hábiles, destacan los días tres, cuatro, veinticuatro y veinticinco, debido a que se obtuvieron pulsos promedios mayores a 100. En la ilustración 62 se observa que el promedio de los pulsos en fines de semana es menor al de los días hábiles.

Tabla 36. Número de pulsos en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)71	(2)26	(3)122	(4)176	(5)12	(6)35
(7)63	(8)63	(9)95	(10)65	(11)117	(12)46	(13)81
(14)111	(15)65	(16)52	(17)41	(18)52	(19)46	(20)68
(21)61	(22)90	(23)26	(24)113	(25)131	(26)43	(27)35
(28)63	(29)71	(30)37				

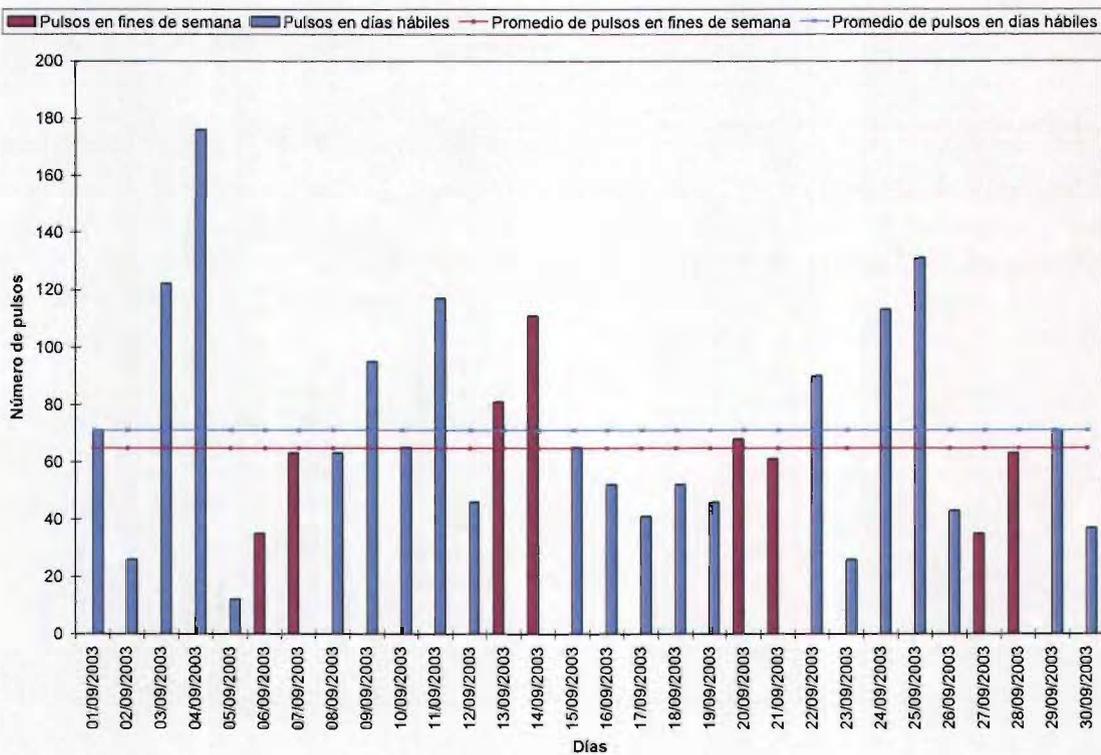


Ilustración 62. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Septiembre.

En el mes de Octubre llama la atención los días 19 y 26 de los fines de semana, debido a que se presentaron números de pulsos mayores a 280. Existieron tres días hábiles que superan los 100 pulsos (21, 22 y 29).

En la ilustración 63 se puede apreciar que el promedio de los pulsos en los fines de semana es mayor al de los días hábiles.

Tabla 37. Número de pulsos en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)53	(2)65	(3)72	(4)78
(5)70	(6)109	(7)86	(8)0	(9)43	(10)12	(11)35
(12)63	(13)56	(14)46	(15)34	(16)41	(17)28	(18)28
(19)286	(20)41	(21)144	(22)193	(23)118	(24)78	(25)61
(26)424	(27)38	(28)50	(29)122	(30)69	(31)12	

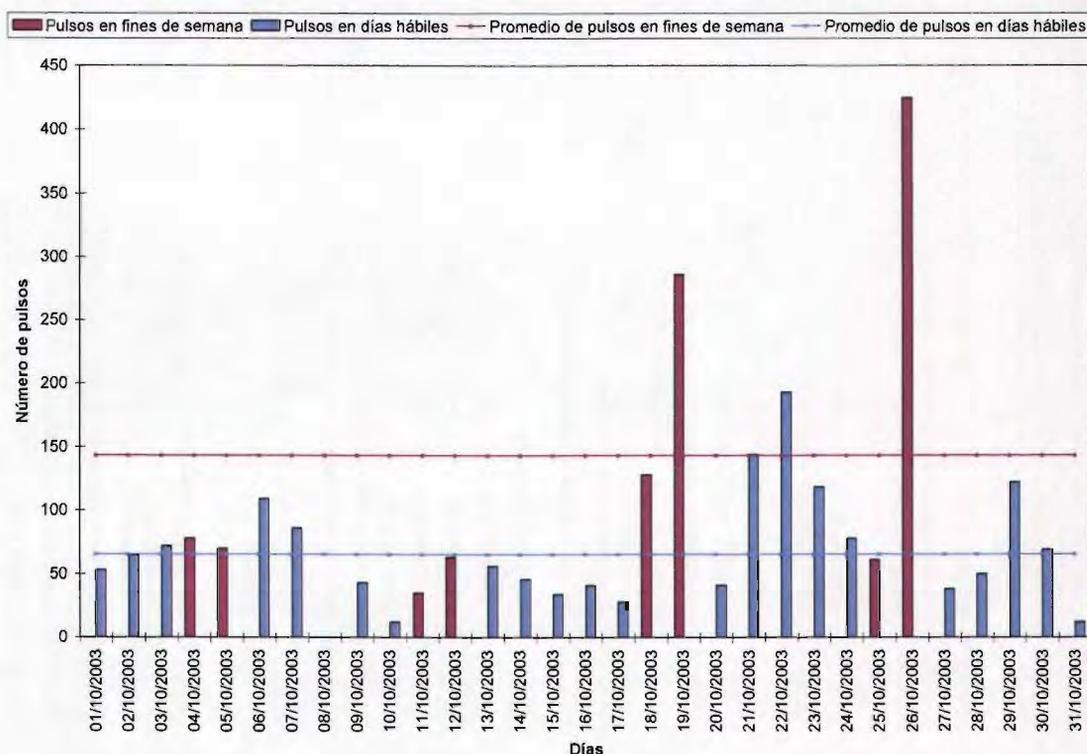


Ilustración 63. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Octubre.

Durante el mes de Noviembre, se obtuvo el día doce el número mayor de pulsos que fue 257. Además en hubo seis días hábiles con pulsos mayores a 100.

En la ilustración 64 se observa que el promedio del número de pulsos en fines de semana es menor al de los días hábiles.

Tabla 38. Número de pulsos en Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)105
(2)112	(3)81	(4)68	(5)122	(6)176	(7)15	(8)35
(9)6	(10)98	(11)138	(12)257	(13)26	(14)19	(15)35
(16)63	(17)71	(18)26	(19)122	(20)176	(21)12	(22)35
(23)63	(24)26	(25)26	(26)25	(27)14	(28)12	

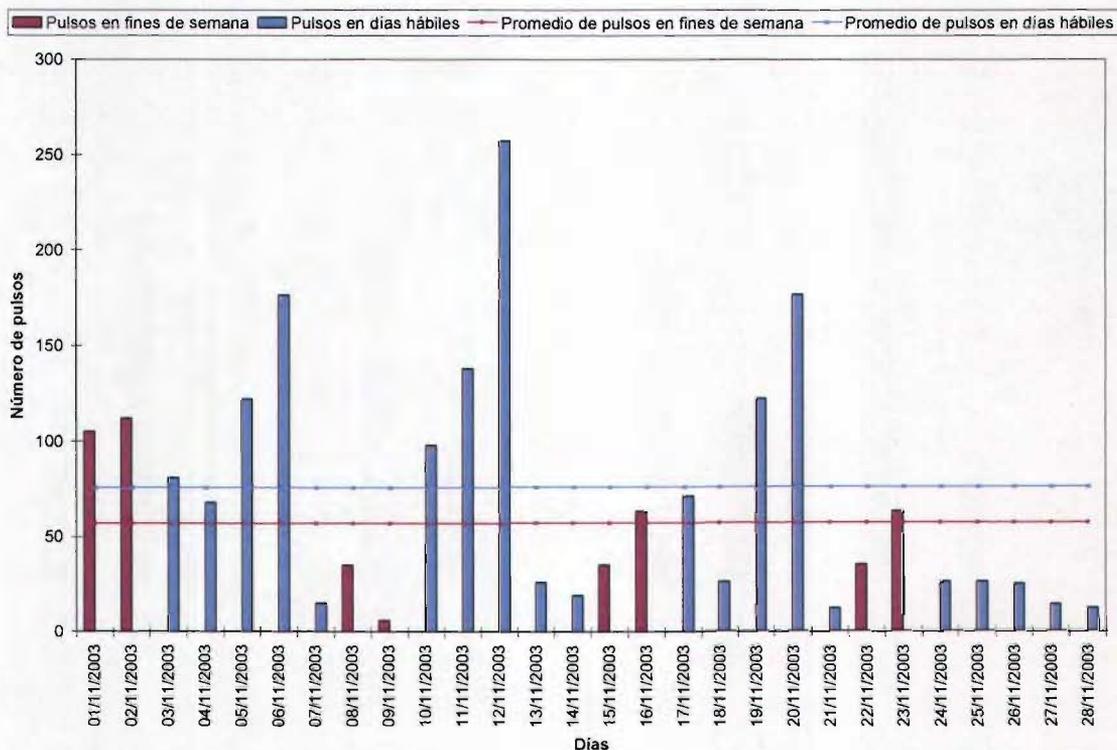


Ilustración 64. Variación del número de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Noviembre.

En la casa denomina “Internacional” durante el mes Agosto se midió 12 días, por los que los valores no son representativos, pero se tienen aproximadamente 22 pulsos por persona. En la ilustración 65 se observa que el promedio de los pulsos en fines de semana es menor con relación a los días hábiles.

Tabla 39. Número de pulsos en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)26	(21)126	(22)47	(23)44
(24)84	(25)49	(26)61	(27)82	(28)79	(29)73	(30)91
(31)27						

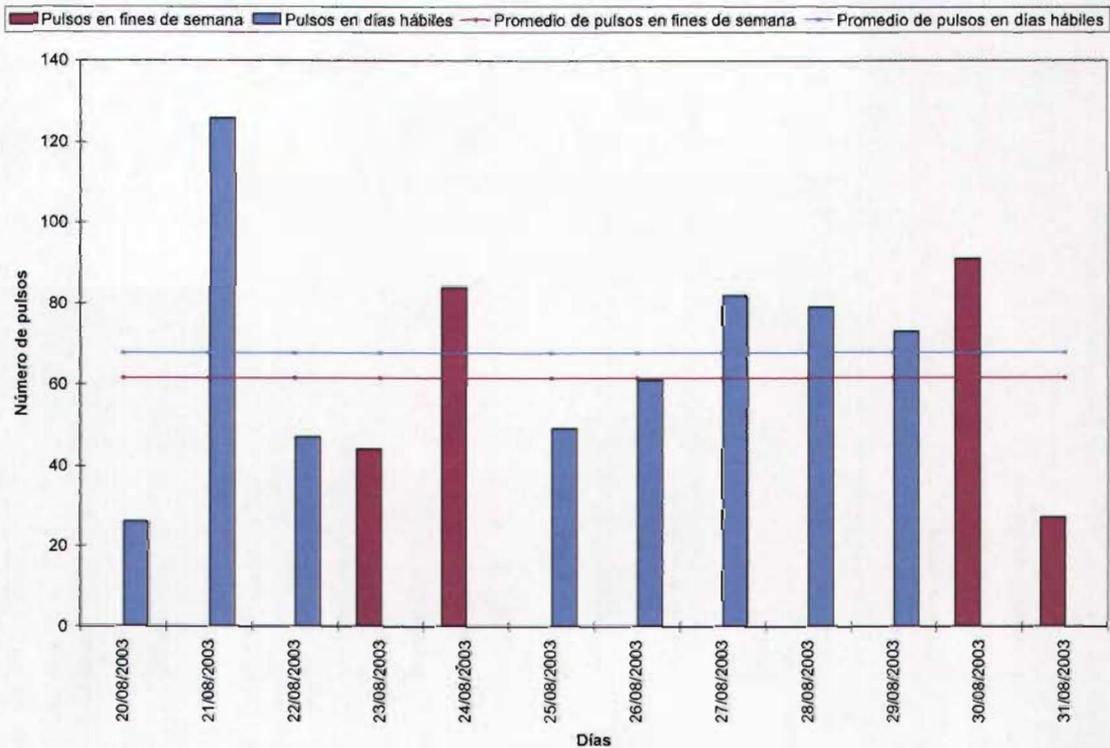


Ilustración 65. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Agosto.

En el mes de Septiembre se observan dos días con pulsos mayores a 500, presentados en día sábado y martes. En la ilustración 66 se observa que el valor promedio de los pulsos en fines de semana es mayor al de los días hábiles.

Tabla 40. Número de pulsos en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)59	(2)160	(3)137	(4)14	(5)0	(6)116
(7)95	(8)57	(9)160	(10)137	(11)14	(12)40	(13)524
(14)113	(15)52	(16)194	(17)73	(18)220	(19)62	(20)91
(21)27	(22)59	(23)160	(24)33	(25)59	(26)22	(27)116
(28)95	(29)49	(30)515				

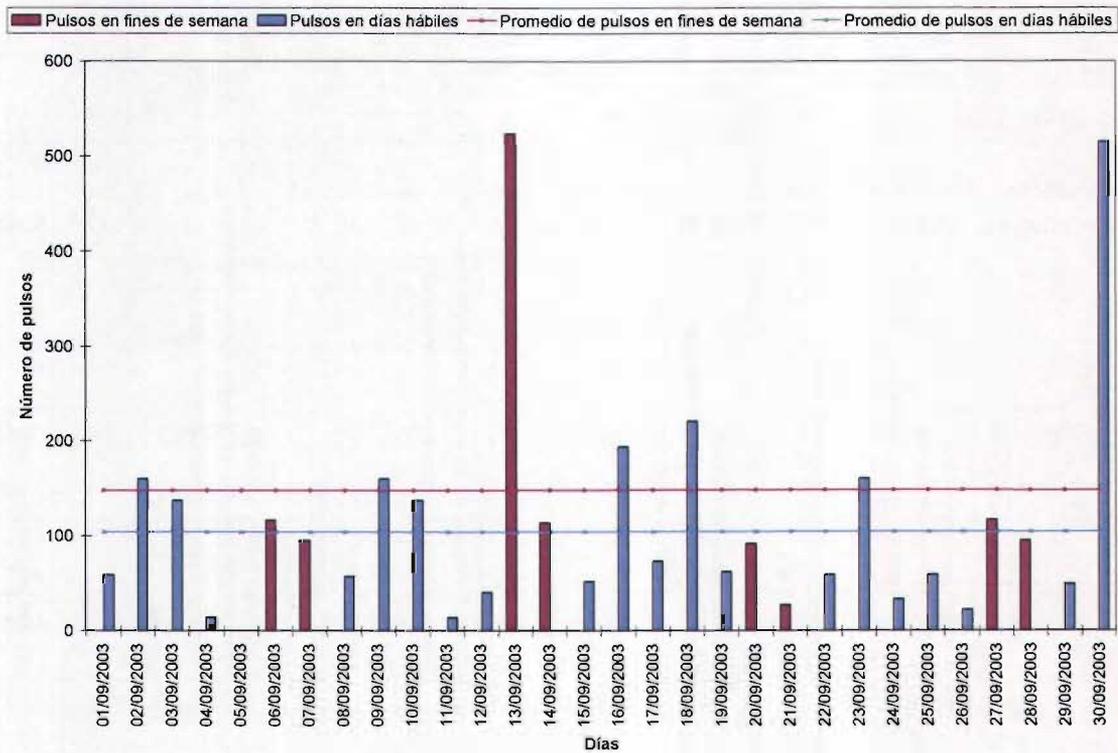


Ilustración 66. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

En el mes de Octubre de los cuatro fines de semana que existen en tres de ellos, se presentaron número de pulsos mayores a 80, teniendo el valor máximo el día 11, éste día no presento el factor de utilización máximo. En la ilustración 67 se observa que el promedio del número de pulsos es mayor que el de los días hábiles aproximadamente en 2.5 veces.

Tabla 41. Número de pulsos en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)32	(2)14	(3)61	(4)62
(5)77	(6)33	(7)78	(8)27	(9)8	(10)62	(11)116
(12)95	(13)62	(14)25	(15)31	(16)46	(17)53	(18)111
(19)105	(20)40	(21)33	(22)48	(23)47	(24)63	(25)111
(26)94	(27)18	(28)0	(29)0	(30)0	(31)62	

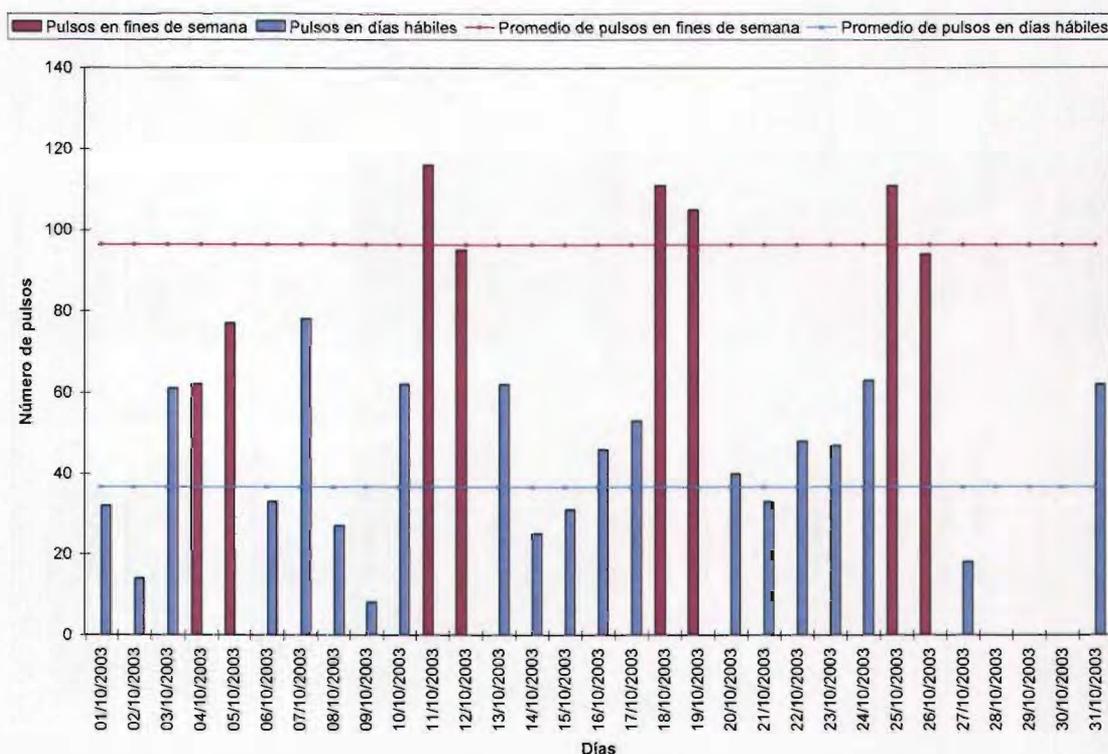


Ilustración 67. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Octubre.

En el último mes de monitoreo en el mayor número de pulsos se registro el 22 con un valor de 116, seguido del día 16 con 104. En la ilustración 63 se aprecia que el promedio del número de pulsos en los fines de semana en relacion con los días hábiles es mayor aproximadamente el doble.

Tabla 42. Número de pulsos en Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)61
(2)66	(3)49	(4)12	(5)38	(6)39	(7)59	(8)116
(9)95	(10)60	(11)51	(12)67	(13)90	(14)53	(15)78
(16)104	(17)49	(18)0	(19)0	(20)0	(21)53	(22)116
(23)95	(24)48	(25)35	(26)31	(27)54	(28)19	

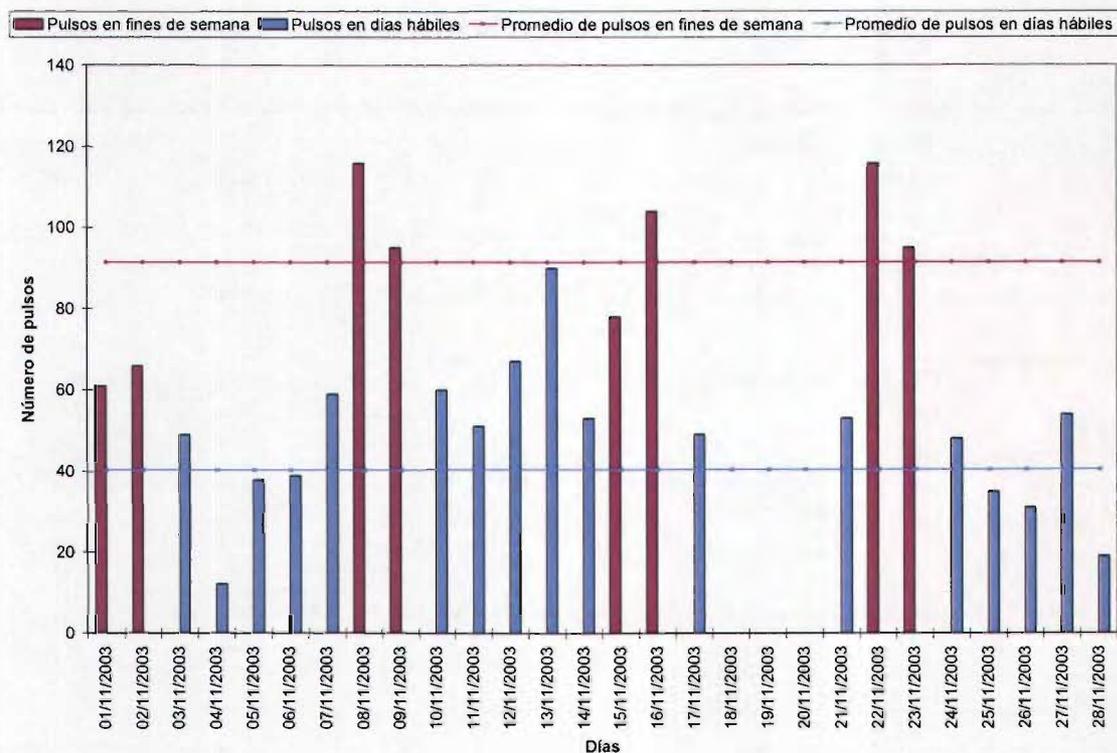


Ilustración 68. Variación del número de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.

Es importante mencionar que el promedio de los pulsos en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el fin de semana superó los 86.79 pulsos en promedio; en el caso de los días hábiles solo se presentaron 77.50 pulsos.

Tabla 43. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	92.50
Septiembre	84.38
Octubre	63.63
Noviembre	106.63

Tabla 44. Promedio de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	125.67
Septiembre	48.23
Octubre	76.91
Noviembre	59.20

La situación resultó diferente, el promedio de pulsos fue de 79.44 en fines de semana y 85.24 durante los días hábiles. Vale la pena mencionar que lo anterior no representa que existe un menor consumo porque dependerá de la duración e intensidad promedio de los pulsos que se presentaron dentro de esta vivienda.

Tabla 45. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "La virtud y Mz".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	53.25
Septiembre	64.63
Octubre	143.13
Noviembre	56.75

Tabla 46. Promedio de pulsos en fines de días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	128.89
Septiembre	70.91
Octubre	65.65
Noviembre	75.50

En lo que respecta a la casa de Internacional, es la vivienda que presenta mayor cantidad de pulsos con la relación a las otras casas. El mayor promedio fue de 147.13 pulsos y se registro el mes de Septiembre en los fines de semana. Vale la pena mencionar que el menor promedio de pulsos fue de 36.65 y se presentó en Octubre en días hábiles.

Durante el fin de semana la actividad fue notoria al tener en promedio 99.10 pulsos.

Tabla 47. Promedio de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	61.50
Septiembre	147.13
Octubre	96.38
Noviembre	91.38

Los días hábiles en la vivienda "Internacional", registraron un promedio de 62 pulsos aproximadamente.

Tabla 48. Promedio de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio (Pulsos)
Agosto	67.88
Septiembre	103.45
Octubre	36.65
Noviembre	40.35

En resumen, durante el monitoreo de 101 días se presentaron en promedio 82.14 pulsos en la vivienda "Nevado de Toluca", 82.34 pulsos "La Virtud y Mz" y 80.59 en la casa identificada como "Internacional".

Al final de la medicación se puede decir que prácticamente es el mismo número de pulsos en las tres viviendas.

6.4. Duración (τ)

Teniendo los pulsos se procedió a determinar la duración promedio de éstos (τ), en segundos de las viviendas analizadas. La duración es el parámetro que en forma conjunta con el número de pulsos y la intensidad de los mismos, permitirá obtener el volumen empleado en el intervalo de tiempo que se requiera.

En la vivienda de Nevado de Toluca de Toluca² la duración promedio de los pulsos durante el fin de semana resulto de 56.67 segundos y los días hábiles de 52.03 segundos. En ambos intervalos de medición se refleja que esta situación no se ve afecta por un día en específico.

Tabla 49. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	53.43
Septiembre	48.87
Octubre	67.97
Noviembre	56.40

Tabla 50. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	33.59
Septiembre	53.23
Octubre	63.75
Noviembre	57.56

En la vivienda "La Virtud y Mz", se presentó un comportamiento diferente con respecto a la casa anterior, debido a que el promedio de la duración en fines de semana fue mayor con relación al de los días hábiles, es decir, el promedio de los fines de semana fue de 56.93 segundos y de los días hábiles de 43.94 segundos,

Tabla 51. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "La virtud y Mz".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	58.01
Septiembre	56.87
Octubre	40.85
Noviembre	71.97

² En el anexo número dos se muestran las graficas con la duración promedio diaria en cada una de las viviendas monitoreadas.

Tabla 52. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	43.62
Septiembre	46.62
Octubre	33.76
Noviembre	51.77

Por último para el caso de la vivienda "Internacional", el promedio en la duración de los pulsos fue mayor en comparación con los otros domicilios. En el fin de semana se obtuvo una duración de 101.89 segundos; por su parte en los días hábiles, el promedio osciló los 84.85 segundos.

Tabla 53. Promedio de duración de pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	91.53
Septiembre	79.55
Octubre	135.57
Noviembre	100.92

Tabla 54. Promedio de duración de pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio (segundos)
Agosto	84.99
Septiembre	75.72
Octubre	89.13
Noviembre	89.57

En resumen se tiene que la duración promedio de los pulsos en la casa identificada como "Internacional" presento el mayor promedio de 93.37 segundos, con relacion a las otras dos viviendas "Nevado de Toluca"(54.35 segundos) y "Virtud y Mz"(44.61 segundos).

6.5. Frecuencia λ

Por definición se tiene:

$$\rho = \tau \lambda \tag{4}$$

donde

- ρ : factor de utilización;
- τ : duración promedio del pulso;
- λ : frecuencia del pulso;

Por tanto $\lambda = \rho / \tau$, a continuación se muestra los los resultados obtenidos para las viviendas monitoreadas³ en la zona Humaya de la ciudad de Culiacán, Sinaloa

En la primer vivienda “Nevado de Toluca” en promedio se obtiene una frecuencia durante los fines de semana de $0.060275 \text{ min}^{-1}$ (16.59 minutos), por el contrario en los días hábiles, la frecuencia resulta de 0.0539 min^{-1} (18.55 minutos). Lo anterior se traduce que un pulso se presenta cada 17 minutos aproximadamente durante los sábados y domingos y entre semana el lapso resulta mayor con 19 minutos aproximadamente.

Tabla 55. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0642
Septiembre	0.0586
Octubre	0.0442
Noviembre	0.0741

Tabla 56. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "Nevado de Toluca".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0873
Septiembre	0.0335
Octubre	0.0537
Noviembre	0.0411

En la vivienda “La Virtud y Mz”, el promedio registrado durante los fines de semana de la frecuencia resultó de 0.05517 min^{-1} (18.12 minutos en promedio). En los días hábiles, se tuvo un registro similar con 0.0588 min^{-1} (17minutos).

³ En el anexo número tres se muestran las gráficas con la frecuencia promedia diaria en cada una de las viviendas monitoreadas.

Tabla 57. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana en la casa "La virtud y Mz".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0370
Septiembre	0.0449
Octubre	0.0994
Noviembre	0.0394

Tabla 58. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "La virtud y Mz".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0880
Septiembre	0.0493
Octubre	0.0456
Noviembre	0.0524

Por último en la casa "Internacional", la frecuencia promedio registrada durante el fin de semana es 0.0689 min^{-1} , esto se traduce en tener un pulso cada 14.51 minutos. En los días hábiles resultó de 0.04305 min^{-1} (23.23 minutos).

Tabla 59. Promedio de la frecuencia de los pulsos en fines de semana de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0427
Septiembre	0.1021
Octubre	0.0669
Noviembre	0.0639

Tabla 60. Promedio de la frecuencia de los pulsos en días hábiles de la vivienda de "Internacional".

Mes	Promedio(min^{-1})
Agosto	0.0471
Septiembre	0.0717
Octubre	0.0254
Noviembre	0.0280

Realizando una comparación con las demás viviendas, esta casa presentó mayor actividad entre pulsos en los fines de semana y menor en los días hábiles.

6.6. Volumen

Esta variable refleja la cantidad de agua que los usuarios dentro de la casa habitación emplean para satisfacer sus actividades. En las tablas siguientes los valores tienen unidades de Litros/día. Es importante recordar que la casa del Nevado de Toluca cuenta con dos habitantes, en lo que respecta al consumo diario se tiene el valor mayor de 951.73 L/día, lo que equivale a 475.87 L/hab/día y el menor valor fue de 53.38 L/día que corresponde a 26.69 L/hab/día. En la ilustración 69 se observa que el promedio de los consumos diarios de los fines de semana en relación a los días hábiles resulto ser mayor.

Tabla 61. Consumos medios diarios en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)53.38	(20)445.74	(21)318.10	(22)951.73	(23)521.01
(24)341.18	(25)299.04	(26)411.19	(27)180.35	(28)413.38	(29)221.19	(30)929.99
(31)471.73						

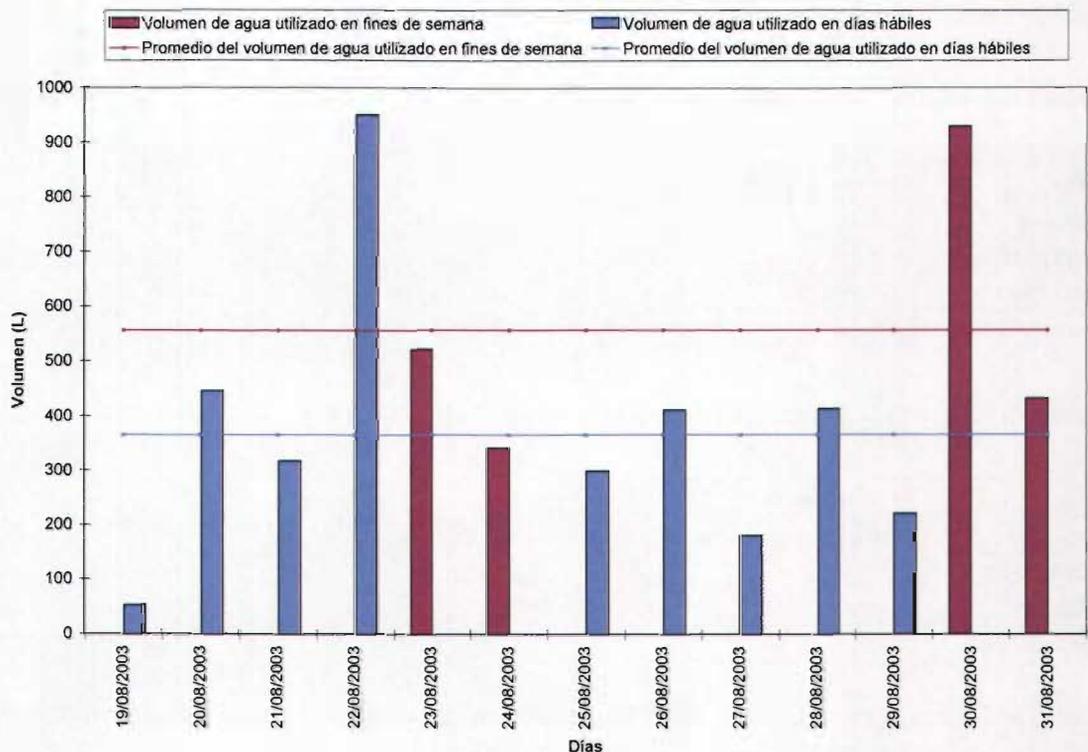


Ilustración 69. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Agosto.

En el mes de Septiembre destacan tres días en particular, los cuales pertenecen a los fines de semana 6, 13 y 27, tuvieron consumos superiores a 900 L/día, el mayor tiene 1171.09 L/día, equivale a 585.55 L/hab/día, además los Sabados fueron los días que tuvieron mayores consumos. En la ilustración 70 se aprecia que los consumos diarios de los fines de semana son mayores que los consumos medios en días hábiles.

Tabla 62. Consumos diarios en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)399.71	(2)416.89	(3)391.60	(4)425.01	(5)325.64	(6)929.99
(7)431.73	(8)354.89	(9)68.72	(10)0.00	(11)21.45	(12)374.16	(13)1171.09
(14)203.86	(15)678.77	(16)512.89	(17)714.28	(18)105.11	(19)39.10	(20)159.06
(21)29.40	(22)74.93	(23)416.89	(24)336.36	(25)55.93	(26)612.81	(27)929.99
(28)471.71	(29)399.71	(30)605.92				

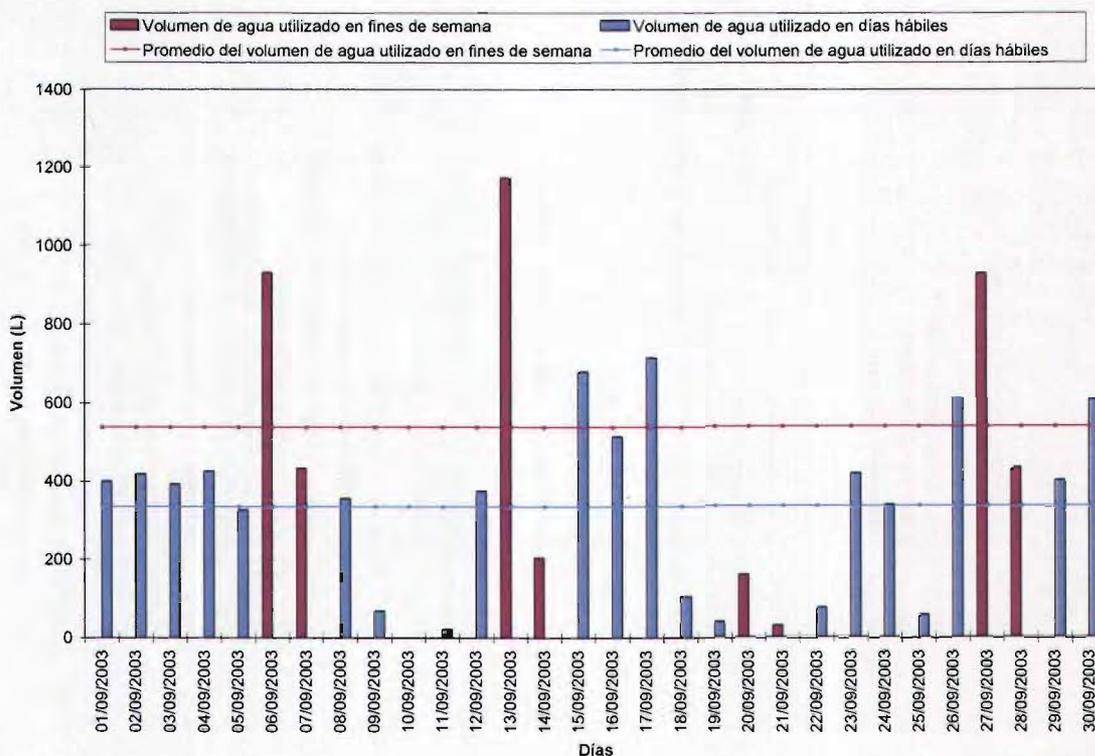


Ilustración 70. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Septiembre.

El mes de Octubre es notable debido a que el promedio del consumo en los fines de semana con el de los días hábiles es prácticamente el mismo 523 (L/día) lo que corresponde a 261.5 L/hab/día, los días 11 y 20 son los que presetaron mayor consumo, siendo el primero el mayor absoluto, lo anterior se observa en la ilustración 71.

Tabla 63. Consumos diarios en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)490.23	(2)320.65	(3)413.89	(4)382.98
(5)345.45	(6)668.52	(7)609.52	(8)668.62	(9)297.55	(10)325.64	(11)929.99
(12)431.73	(13)540.16	(14)452.62	(15)683.45	(16)447.52	(17)281.37	(18)527.89
(19)406.86	(20)866.99	(21)510.46	(22)724.84	(23)496.16	(24)637.79	(25)700.96
(26)459.24	(27)460.69	(28)342.31	(29)662.84	(30)525.23	(31)606.72	

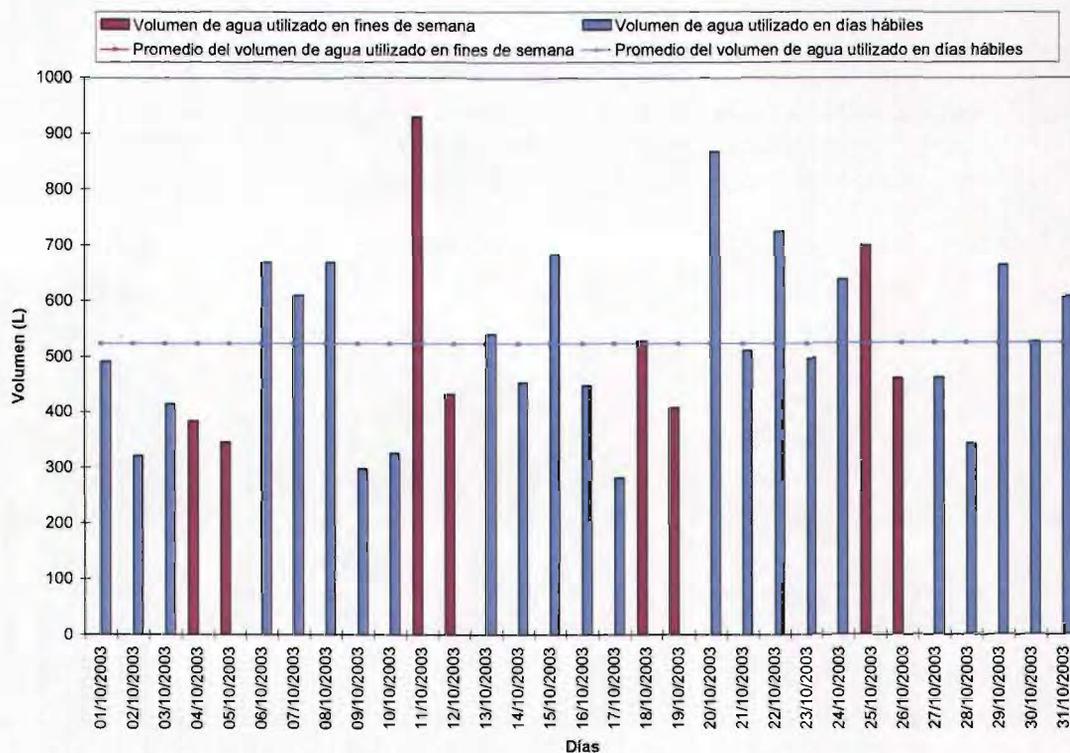


Ilustración 71. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Octubre.

En el último mes de monitoreo en la vivienda del Nevado de Toluca, se tiene un valor mayor de consumo de 929.99 L/día, equivale a 465 L/hab/día, vale la pena mencionar que el día 17 se presentó el menor valor de consumo de 62.55 L/día que, correspondiendo a 31.28 L/hab/día. En la ilustración 72 se aprecia que el promedio del consumo diario en fines de semana en relación con el promedio del consumo diario de los días hábiles.

Tabla 64. Consumos diarios en Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)109.15
(2)659.80	(3)373.16	(4)309.29	(5)399.20	(6)363.00	(7)263.37	(8)396.63
(9)966.07	(10)388.97	(11)416.89	(12)391.60	(13)460.57	(14)919.39	(15)929.99
(16)431.73	(17)62.55	(18)416.89	(19)391.60	(20)425.23	(21)325.64	(22)929.99
(23)471.73	(24)338.63	(25)70.42	(26)71.38	(27)425.23	(28)325.64	

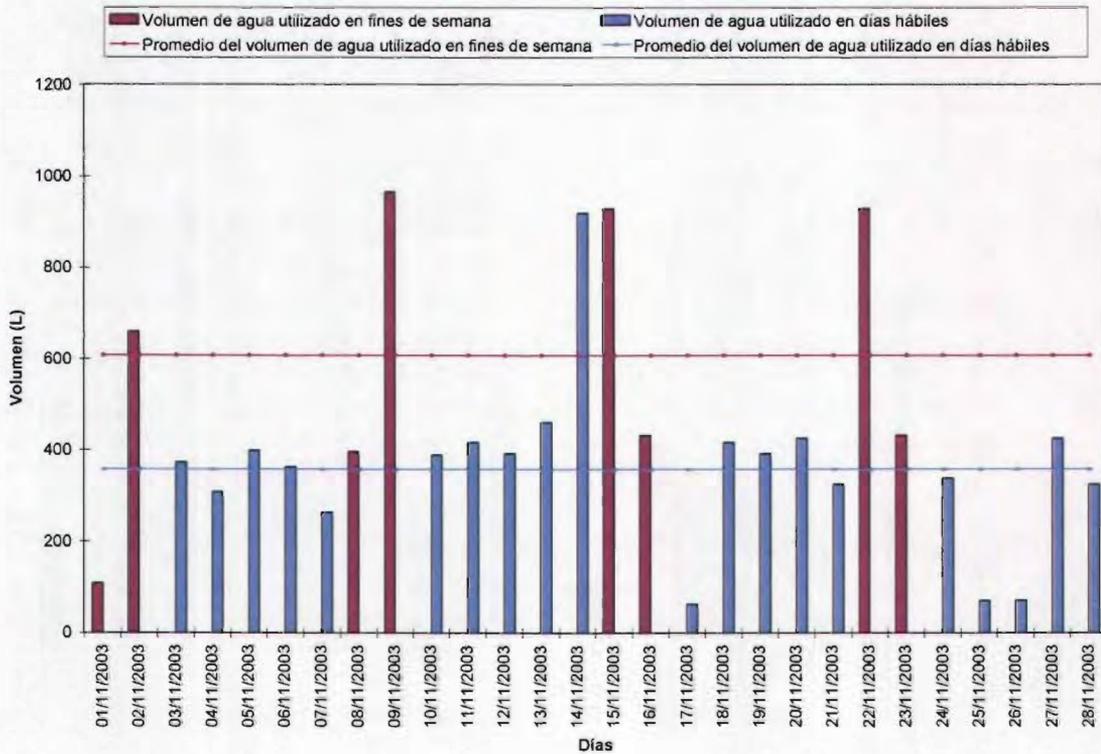


Ilustración 72. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Noviembre.

La vivienda de la virtud y Mz es ocupada por cinco habitantes, de los cuales dos son adultos y tres niños.

El mes de Agosto no es representativo, debido a que solo se midió durante 13 días, el día 29 (Viernes) presentó el mayor consumo medio diario de 679.29 L/día, equivalente a 135.86 L/hab/día. En la ilustración 73 se puede ver como el promedio del consumo diario en los fines de semana fue menor al de los días hábiles.

Tabla 65. Consumos diarios en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)32.97	(20)516.82	(21)293.55	(22)231.81	(23)265.52
(24)137.04	(25)424.25	(26)176.44	(27)555.39	(28)284.29	(29)679.29	(30)456.28
(31)370.61						

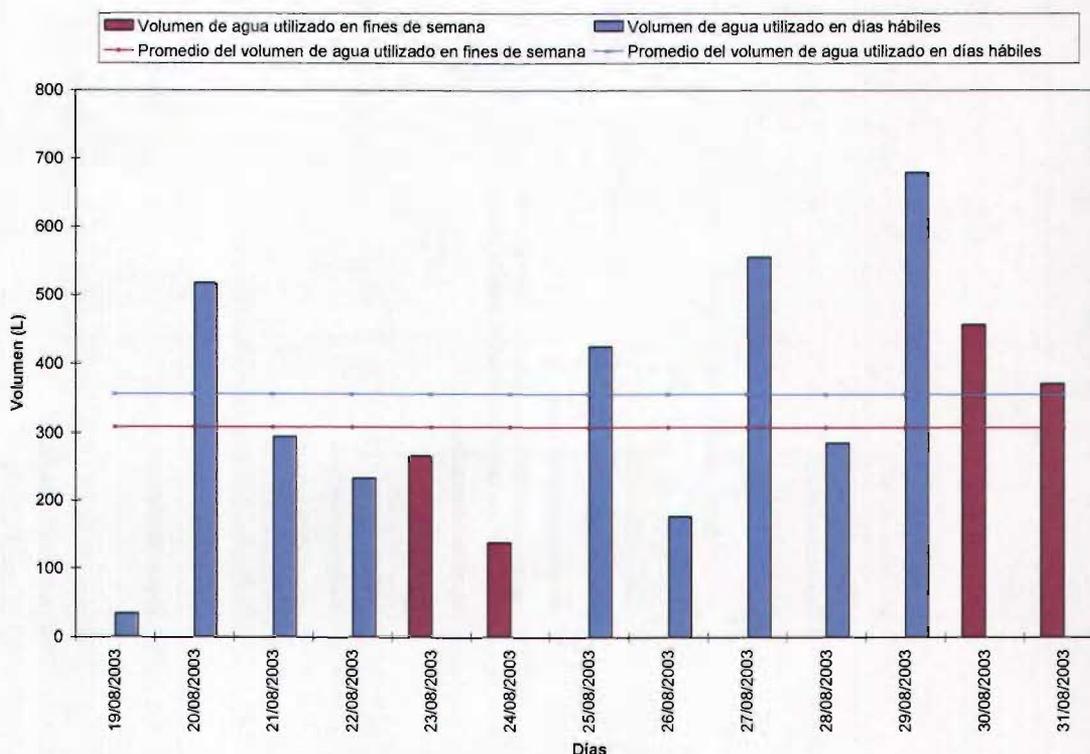


Ilustración 73. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Agosto.

En Septiembre el valor máximo se presentó el día 9 (Martes), que equivale a 146.14 L/hab/día. En la ilustración 74 se observa que el promedio del consumo diario es mayor en relación con el consumo de los días hábiles. Es importante mencionar que la mayoría de los valores pasan de 400 Litros por día.

Tabla 66. Consumos diarios en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)299.02	(2)390.46	(3)172.33	(4)592.97	(5)43.96	(6)456.28
(7)370.61	(8)309.81	(9)730.72	(10)216.78	(11)680.94	(12)162.07	(13)582.94
(14)323.22	(15)156.93	(16)359.65	(17)115.02	(18)429.99	(19)122.38	(20)427.97
(21)163.47	(22)650.17	(23)390.46	(24)233.28	(25)156.33	(26)199.75	(27)456.28
(28)370.61	(29)299.02	(30)215.13				

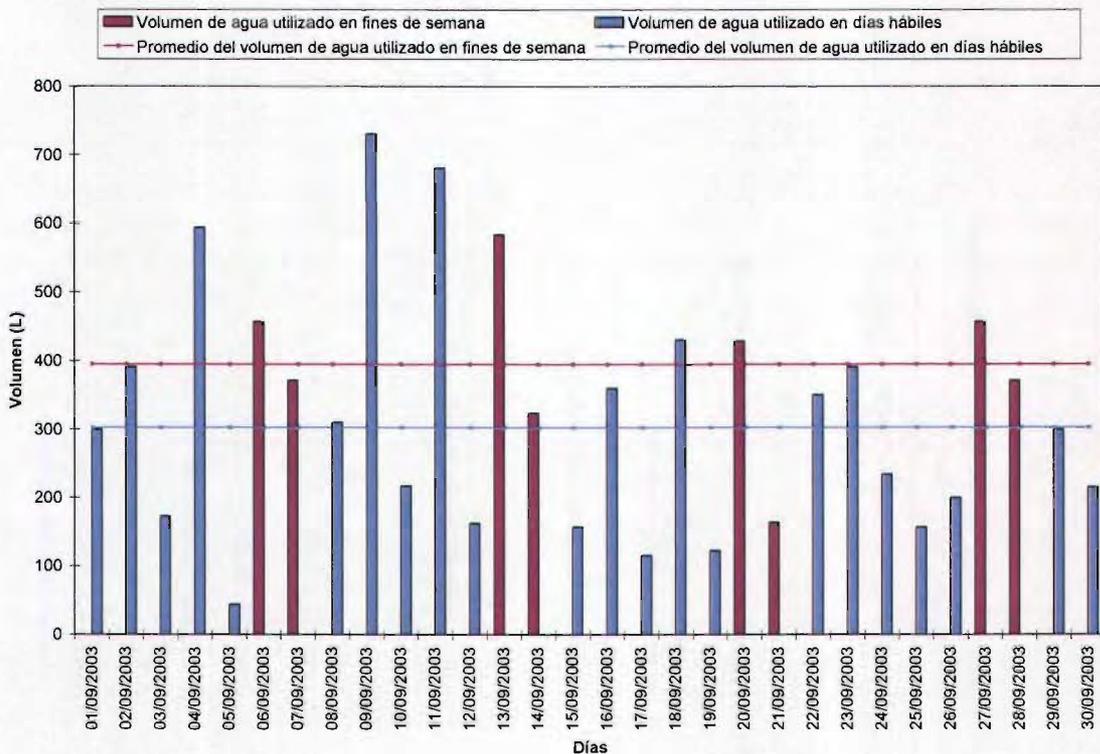


Ilustración 74. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Septiembre.

En mes de Octubre al igual que el mes pasado el valor máximo se presentó en día hábil, teniendo un valor de 599.51 L/día. En la ilustración 75 se observa claramente como el promedio del consumo diario en fines de semana en relación con los días hábiles es mayor. Una vez mas el registro mayor se presentó en día hábil, el jueves dos se registraron 599.51 L/día lo que equiva a 119.90 L/hab/día.

Tabla 67. Consumos diarios en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)266.72	(2)599.51	(3)309.52	(4)551.46
(5)405.18	(6)428.21	(7)107.54	(8)0.00	(9)564.87	(10)43.96	(11)456.28
(12)370.61	(13)100.07	(14)399.24	(15)82.74	(16)96.44	(17)42.63	(18)382.52
(19)88.81	(20)76.26	(21)72.41	(22)200.49	(23)95.73	(24)208.43	(25)6.38
(26)292.82	(27)40.71	(28)6.27	(29)306.81	(30)384.52	(31)43.96	

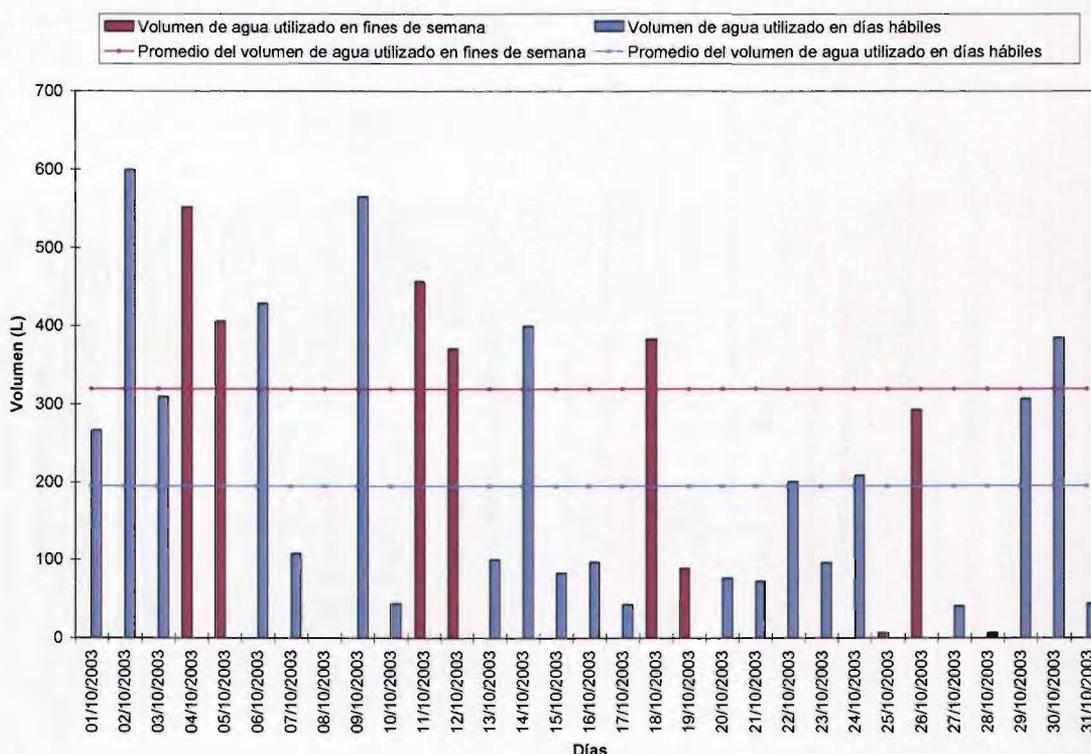


Ilustración 75. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Octubre.

En el último mes de monitoreo se presentó un valor máximo de 592.97 Litros en día hábil, es importante mencionar que todos los valores maximos se tuvieron en días hábiles, ademas ni uno fue superior a los 600 L/día. En la ilustración 76 una vez mas resultó ser mayor el consumo diario en fin de semana comparado con el de los días hábiles.

Tabla 68. Consumos diarios en Noviembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)558.20
(2)425.74	(3)338.71	(4)314.97	(5)172.33	(6)592.97	(7)115.08	(8)456.28
(9)71.92	(10)461.25	(11)56.82	(12)55.33	(13)103.36	(14)84.96	(15)456.28
(16)370.61	(17)299.02	(18)390.46	(19)172.33	(20)592.97	(21)43.96	(22)546.28
(23)370.61	(24)281.14	(25)390.46	(26)256.48	(27)118.38	(28)43.96	

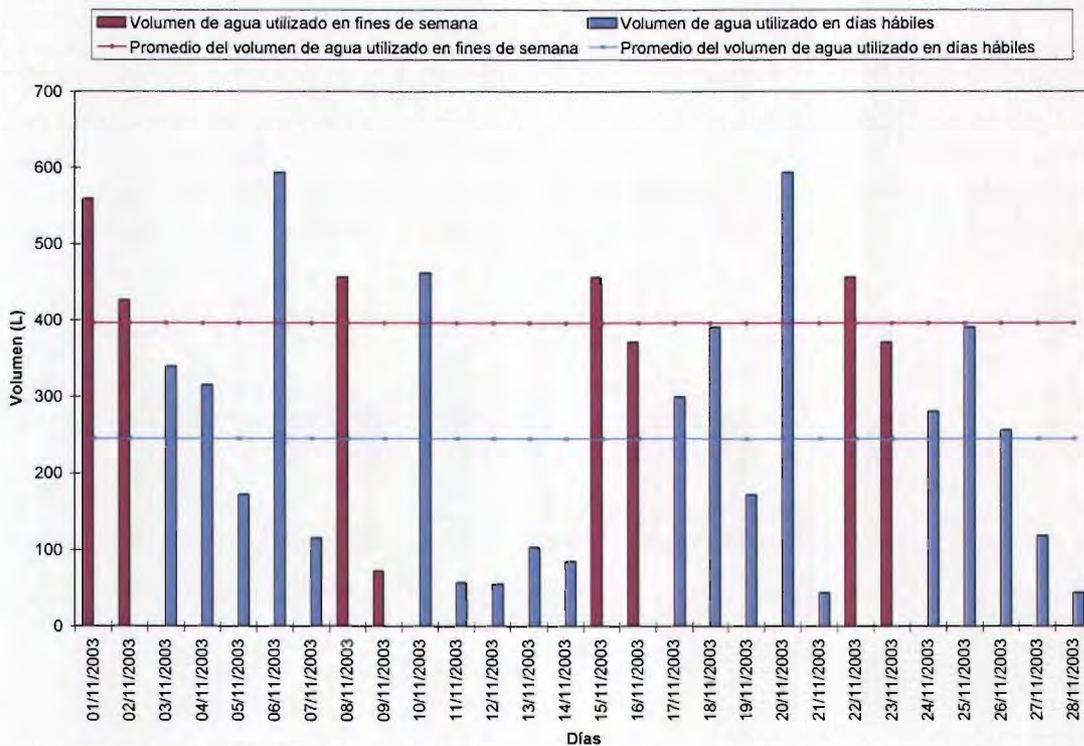


Ilustración 76. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Virtud y Mz" en Noviembre.

La casa en Internacional tiene tres habitantes, de los cuales son dos adultos y un niño. El mes de Agosto se registró un rango de 171.75 L/día – 952.50 L/día, por tanto se tiene 57.25 L/hab/día – 317.50 L/hab/día. El promedio de los consumos diarios de los fines de semana en relación con los días hábiles fue menor, ver ilustración 77, pero los resultados no son representativos del mes, debido a que solo me midió 12 días.

Tabla 69. Consumos diarios en Agosto 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)171.75	(21)1239.55	(22)397.31	(23)372.44
(24)952.50	(25)565.36	(26)521.45	(27)358.20	(28)819.98	(29)517.20	(30)563.38
(31)242.67						

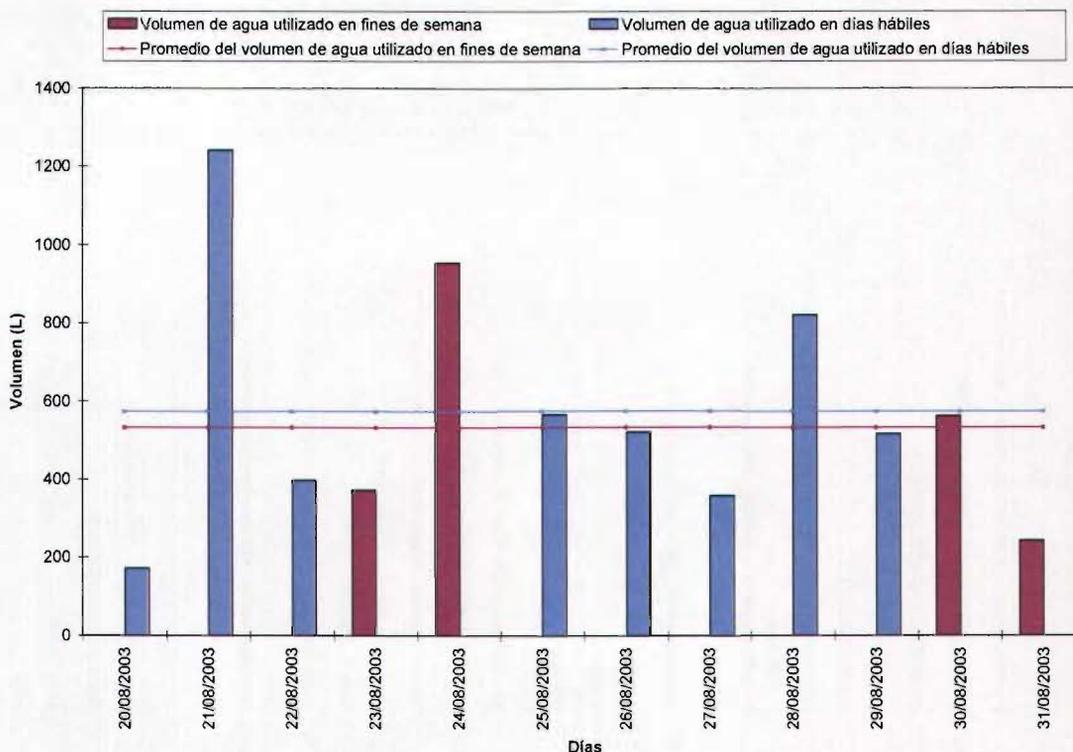


Ilustración 77. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Agosto.

En el mes de Septiembre destaca el día 13 debido a que fue cuando se registró el mayor consumo 1508.89 L/día, por tanto 502.96 L/hab/día y el menor fue 28.12 L/hab/día.

Tabla 70. Consumos diarios en Septiembre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)585.17	(2)145.09	(3)561.18	(4)84.36	(5)0.00	(6)1080.21
(7)936.22	(8)314.10	(9)145.09	(10)561.18	(11)84.36	(12)507.22	(13)1508.89
(14)651.64	(15)621.11	(16)891.06	(17)676.07	(18)508.89	(19)570.11	(20)563.38
(21)242.67	(22)585.17	(23)145.09	(24)354.32	(25)1066.56	(26)129.42	(27)1080.21
(28)936.22	(29)565.36	(30)200.00				

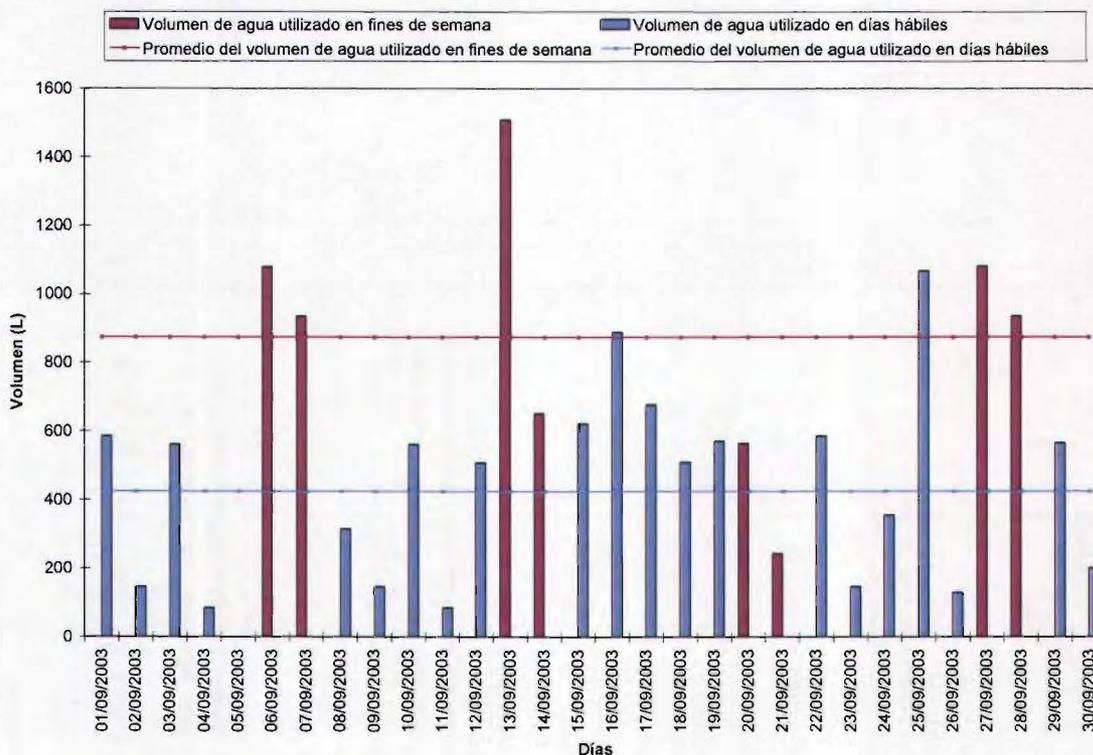


Ilustración 78. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

En el mes de Octubre los fines de semana presentan mayores consumos, por ejemplo el día 19 presentó 1250.68 L/día, siendo el mayor registro, corresponde a 416.89 L/hab/día. Al igual que el mes anterior el promedio en fines de semana en relacion con los días hábiles fue mayor aproximadamente cuatro veces. En la ilustración 79 se puede apreciar que los fines de semana tienen un consumo mayor a los 800 L/día.

Tabla 71. Consumos diarios en Octubre 2003.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)441.90	(2)391.75	(3)399.27	(4)879.10
(5)1059.40	(6)213.06	(7)609.40	(8)138.27	(9)118.20	(10)399.27	(11)1080.21
(12)936.22	(13)341.95	(14)266.35	(15)136.47	(16)492.99	(17)254.91	(18)1212.12
(19)1250.68	(20)244.94	(21)222.14	(22)564.55	(23)345.04	(24)328.23	(25)1152.11
(26)1063.44	(27)149.68	(28)0.00	(29)0.00	(30)0.00	(31)399.27	

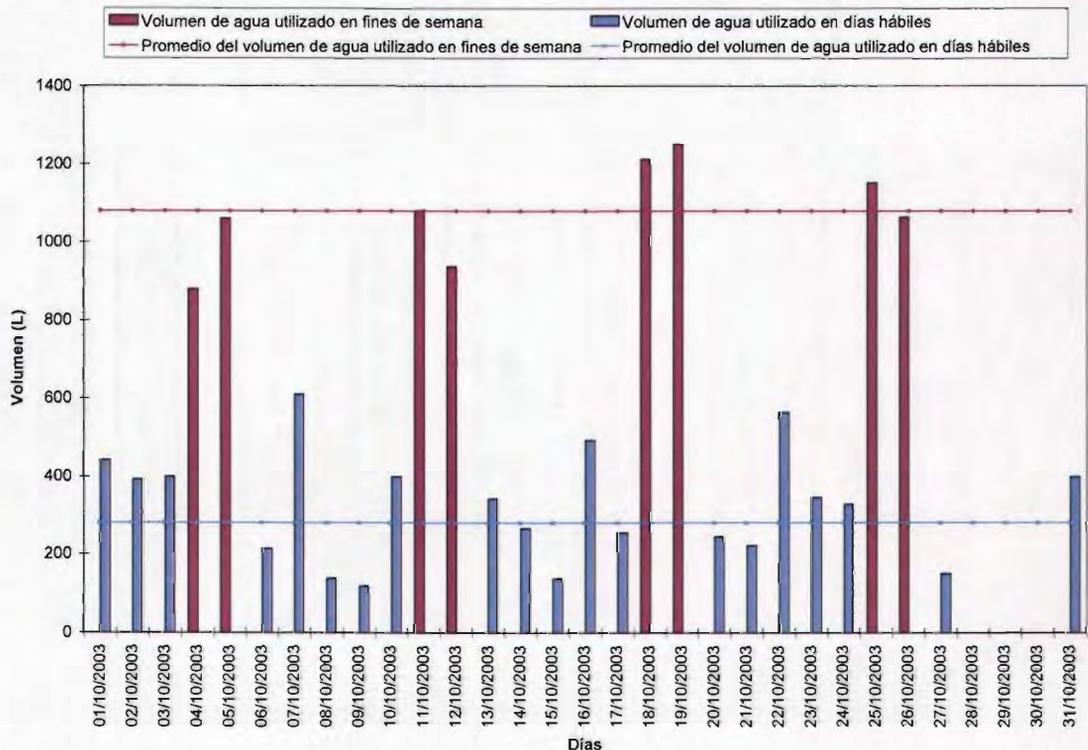


Ilustración 79. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Octubre.

En el último mes del monitoreo la vivienda tuvo un comportamiento similar a los meses anteriores, debido a que los fines de semana presentan mayores consumos que los días hábiles, así también el promedio. Esto se observa claramente en la ilustración 80.

Tabla 72. Consumos diarios en Noviembre.

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)432.58
(2)729.00	(3)565.36	(4)115.96	(5)570.92	(6)536.11	(7)209.40	(8)1080.21
(9)936.22	(10)410.90	(11)612.52	(12)572.84	(13)600.19	(14)277.09	(15)1098.27
(16)1191.39	(17)265.36	(18)0.00	(19)0.00	(20)0.00	(21)277.09	(22)1080.21
(23)936.22	(24)265.70	(25)587.12	(26)438.46	(27)584.98	(28)164.14	(29)

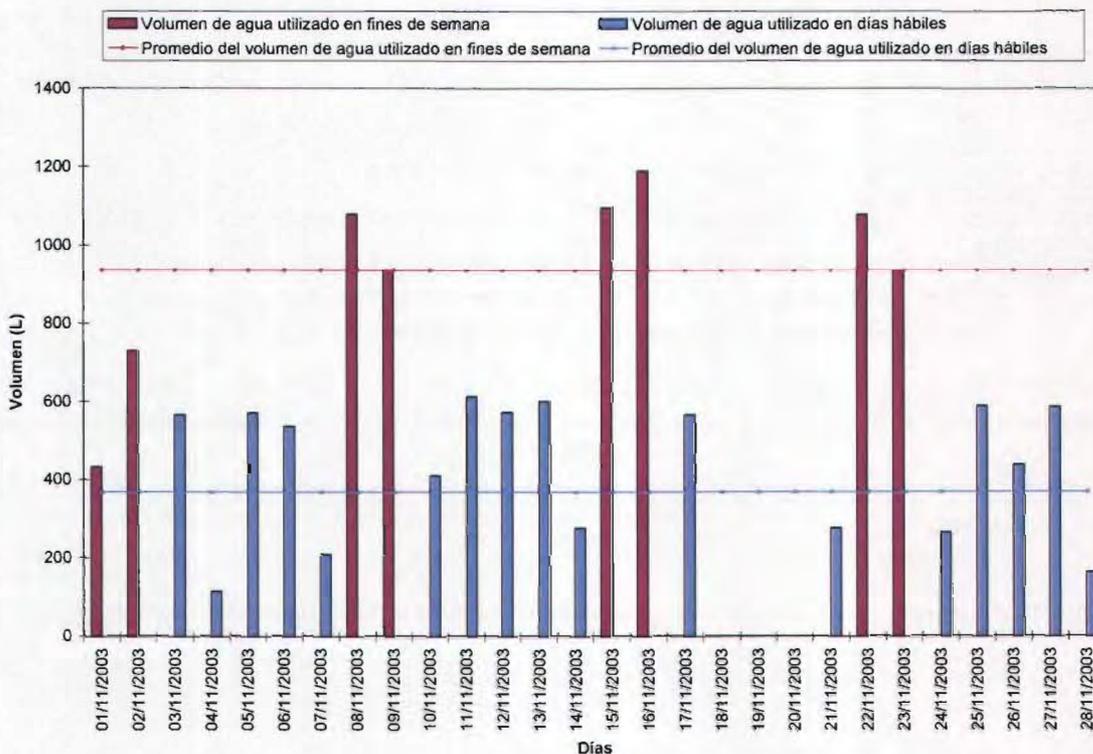


Ilustración 80. Variación del volumen de agua utilizado en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.

En la casa “Nevado de Toluca” se presenta un volumen constante durante todos los fines de semana en cada uno de los meses analizados. Si se considera que dentro del domicilio habitan dos personas, se tiene entonces un consumo aproximado de 277 L/hab/día durante el fin de semana. En los días hábiles, el volumen promedio diario fue de 394.84 litros y al igual que en los fines de semana, se presentó un valor constante en los meses de monitoreo, con excepción del mes de octubre con 523.20 litros en promedio diarios. Con lo anterior, se obtuvo un consumo de 197.42 L/hab/día durante los días hábiles.

Tabla 73. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	555.98	277.99
Septiembre	535.85	267.93
Octubre	523.14	261.57
Noviembre	606.89	303.45

Tabla 74. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	366.01	183.01
Septiembre	333.22	166.61
Octubre	523.20	261.60
Noviembre	356.93	178.47

De forma similar que en el caso anterior, la casa “Virtud y Mz” registró un comportamiento constante en los fines de semana durante todos los meses del monitoreo. El volumen promedio fue de 354.07 L/día, si se considera que en la vivienda habitan cinco personas (dos adultos y tres menores) resulta un consumo promedio diario por habitante de 70.814 litros en la casa

Tabla 75. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	307.36	61.47
Septiembre	393.92	78.78
Octubre	319.26	63.85
Noviembre	395.74	79.15

Tabla 76. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	354.98	71.00
Septiembre	301.24	60.25
Octubre	194.65	38.93
Noviembre	244.25	48.85

En los días hábiles, el volumen promedio diario fue de 273.78 L/día, esto resulta menor en comparativa al obtenido durante los fines de semana. Por lo anterior el consumo promedio diario por habitante es de 54.75 litros.

Tabla 77. Promedio del volumen de agua usada en fines de semana de la vivienda en “Internacional”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	532.75	177.58
Septiembre	874.93	291.64
Octubre	1079.16	359.72
Noviembre	935.51	311.84

Por último la casa “Internacional” presentó un volumen promedio diario de 855.58 litros por día. En esta vivienda habitan tres personas (dos adultos y un menor), por lo que el consumo promedio diario por habitante es de 285.20 litros. Lo anterior, resulta el valor con mayor orden de magnitud registrado durante el monitoreo de consumo.

Tabla 78. Promedio del volumen de agua usada en días hábiles de la vivienda en “Internacional”.

Mes	Promedio (L/día)	Promedio (L/hab/día)
Agosto	573.85	191.28
Septiembre	422.77	140.92
Octubre	280.77	93.59
Noviembre	367.71	122.57

Se concluye que la vivienda “Nevado de Toluca” registró consumos promedios diarios por habitante de 277 litros durante el fin de semana y de 197.42 en los días hábiles. La casa “Virtud y Mz” registró 70.814 L/hab/día en el fin de semana y 54.75 L/hab/día, de lunes a viernes. Un caso especial es la casa identificada como “Internacional”, en ésta se tuvieron los mayores consumos en los fines de semana. El consumo promedio diario por habitante resultó de 285.20 L/hab/día, esto es cuatro veces mayor con respecto al domicilio “Virtud y Mz”. Por su parte, en los días hábiles, el consumo promedio diario fue de 137.09 litros, esto es, 60 litros menor en relación con el obtenido en la casa “Nevado de Toluca”, pero tres veces mayor en comparación con “Virtud y Mz”.

6.7. Microfugas

Las microfugas son pulsos de intensidad y duración unitarias. En las mediciones preliminares se pensó que eran errores de medición o de programación, sin embargo de forma posterior se demostró que las microfugas eran el origen de estos impulsos. Un ejemplo son las goteras que tienen los accesorios por el uso a través del tiempo o por descuido de los usuarios. En la ilustración 81 se puede apreciar un conjunto de microfugas.

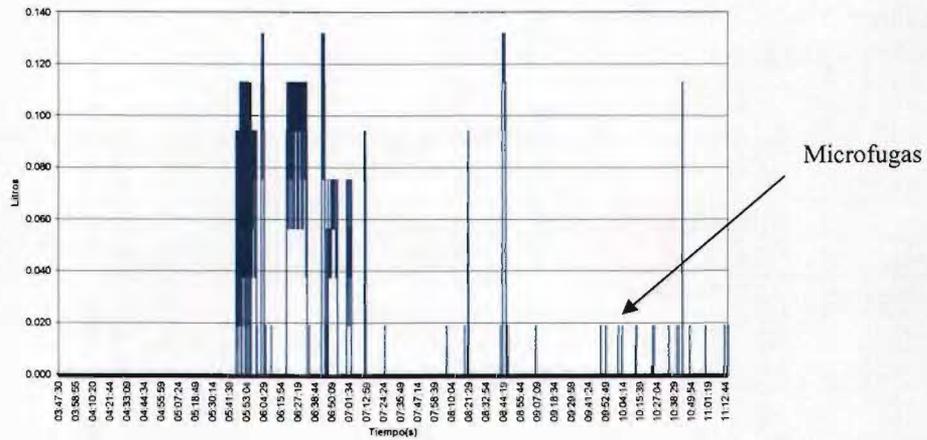


Ilustración 81. Microfugas en una casa habitación.

En las tablas siguientes se aprecia el volumen de microfugas de las viviendas monitoreadas⁴, una microfuga es aquel impulso con intensidad y duración unitaria.

En la vivienda de “Nevado de Toluca” se presentó un volumen promedio por microfuga de 7.96 litros por día para los fines de semana.

Tabla 79. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	7.13
Septiembre	8.36
Octubre	8.26
Noviembre	8.08

Para los días hábiles se obtuvo un valor de 8.24 litros por día, siendo mayor con relación al de los fines de semana.

⁴ En el anexo número cuatro se muestran las gráficas con las microfugas promedio diarias en cada una de las casas monitoreadas.

Tabla 80. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	12.10
Septiembre	5.42
Octubre	7.79
Noviembre	7.63

Para la vivienda denomina “Virtud y Mz” se obtuvo un promedio de 30.27 litros por día para los fines de semana y 26.77 litros por día para los días hábiles. Vale la pena mencionar que los meses de Septiembre y Noviembre tuvieron practicamente el mismo volumen de agua por microfuga y diferente pos consumo.

Tabla 81. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	26.19
Septiembre	30.30
Octubre	35.54
Noviembre	29.08

Tabla 82. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	23.32
Septiembre	27.78
Octubre	27.43
Noviembre	28.55

En la vivienda situada sobre la calle Internacional tiene un promedio de 11.47 litros por día para los fines de semana y 9.31 litros por día para los días hábiles. El mes de Noviembre de los fines de semana presentó el mayor volumen por microfugas para los fines de semana durante toda la medición.

Tabla 83. Promedio de microfugas en fines de semana de la vivienda de la “Internacional”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	5.80
Septiembre	13.60
Octubre	11.89
Noviembre	14.59

Tabla 84. Promedio de microfugas en días hábiles de la vivienda de la “Internacional”.

Mes	Promedio (L/día)
Agosto	10.26
Septiembre	8.63
Octubre	4.59
Noviembre	13.76

6.8. Intensidad α

La intensidad es un parámetro que en futuro podría definir el origen de los pulsos de acuerdo al tipo de accesorio. En un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua en 1989, se encontró que una llave de lavabo con sensor se tenían descargas de 1.5 L/min a una presión de 0.20 kg/cm², y de 5.9 L/s con una presión de 2.5 kg/cm², [García y Cortés, 1989].

Por lo anterior es importante mencionar que esta sección está directamente relacionada con la presión de suministro de la red⁵. De forma general se obtuvo una intensidad promedio que oscila entre los 4.56 y 7.42 litros por minuto [Tablas 85 a 90].

Para el caso de la vivienda identificada como “Nevado de Toluca”, la intensidad de los pulsos, mantuvo valores entre 5.18 y 7.54 L/min, situación que refleja el servicio continuo de la zona donde se monitoreo el estudio.

Tabla 85. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	7.54
Septiembre	6.69
Octubre	7.40
Noviembre	7.37

Tabla 86. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda de “Nevado de Toluca”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	6.11
Septiembre	6.84
Octubre	7.29
Noviembre	7.21

⁵ En el anexo número cinco, se muestran las gráficas con la intensidad promedio diaria en cada una de las viviendas monitoreadas.

En la casa “Virtud y Mz”, se presentó una situación similar al tener un promedio durante los cuatro meses en la intensidad entre 4.88 y 7.42 litros por minuto

Tabla 87. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	6.54
Septiembre	7.18
Octubre	5.18
Noviembre	7.42

Tabla 88. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda de la “Virtud y Mz”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	5.07
Septiembre	6.17
Octubre	4.88
Noviembre	5.87

Por último en la casa identificada como “Internacional”, el promedio de la intensidad de los pulsos oscila los 4.56 y los 6.14 litros por minuto.

Tabla 89. Promedio de la intensidad de los pulsos en fines de semana de la vivienda en “Internacional”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	5.70
Septiembre	5.87
Octubre	5.57
Noviembre	6.14

Tabla 90. Promedio de la intensidad de los pulsos en días hábiles de la vivienda en “Internacional”.

Mes	Promedio (L/min)
Agosto	5.87
Septiembre	5.04
Octubre	4.56
Noviembre	4.66

Proyecta lo difícil partiendo de donde aún es fácil

Lao-tse

CAPÍTULO 7. ESTUDIOS EN PROCESO Y FUTURO

Actualmente se está realizando un estudio para validar la metodología en una muestra representativa, [Alcocer y Tzatchkov, 2004] y [Alcocer y Tzatchkov, 2005].

A través de este estudio se conocerán los siguientes puntos

1. Estimación de las fugas dentro de la zona de estudio;
2. Conocer con mayor precisión la evolución del consumo en los domicilios;
3. Establecer patrones de consumo;
4. Generación de la variación estocástica del consumo en aquellos domicilios donde no fue posible realizar la medición;
5. Contrastar los resultados con la tradicional curva de la variación del consumo aplicado en los modelos de simulación hidráulica y de calidad del agua;
6. Determinar un intervalo de medición apropiado para este tipo de estudios.

Actualmente se realizan mediciones en un número estadísticamente representativo de casas. La zona “Humaya”, cuenta actualmente con 20353 tomas [JAPAC, 2003], por lo que el número de casas teniendo un intervalo de confianza del 85%, es de 100 aproximadamente [ilustración 82].

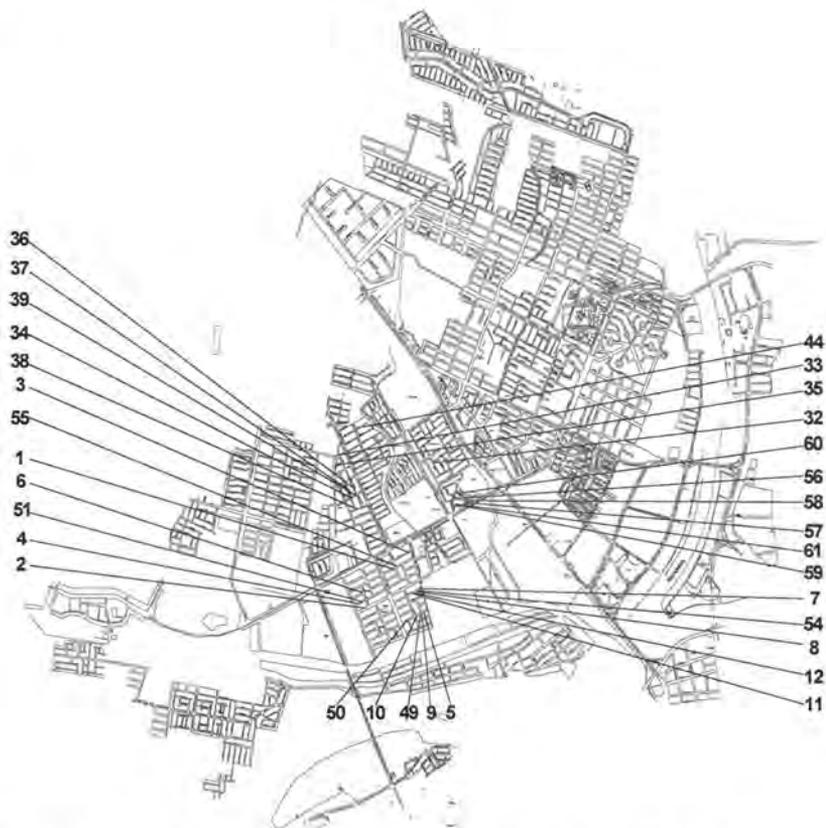


Ilustración 82. Ubicación de algunos micromedidores dentro de la zona “Humaya”.

Otro punto importante que se está analizando es el intervalo de registro de medición, en estos estudios se consideró de 10 minutos.

Teniendo los parámetros que se han descrito, se procederá a generar las series de consumo a través del modelo PRP y Watsup[®] desarrollado por Paul y Michael Murray.

La sabiduría es hija de la experiencia

Leonardo Da Vinci

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El conocimiento detallado de forma espacial y temporal de los consumos es una aportación realizada en el estudio. Con un intervalo de un solo segundo durante 101 días aproximadamente, se almacenaron registros de consumo, lo anterior representa más 26'000,000 de datos teniendo el banco de información más grande registrado en México y América Latina y uno de los más grandes a nivel internacional.

El factor de utilización fue de 5.26 por ciento del total del día se destinan a actividades de consumo de agua, por tanto aproximadamente un 95 por ciento del día los usuarios no realizan consumos de agua potable. También contribuye en la proposición de nuevos estudios sobre la curva de la variación de la demanda.

Se pudo observar que la demanda promedio en una casa, incrementa con el número de habitantes, pero también está influenciada por la estación del año.

El factor de utilización fue mayor en fines de semana comparados con los días hábiles, sin considerar el mes de Agosto, debido a que no es representativo porque solo se midieron 10 días del mes.

El mayor factor de utilización se presentó en la vivienda de Internacional con un valor promedio para los fines de semana de 10.74 por ciento, durante el mes de agosto y el valor menor se presentó en la vivienda de la "Virtud y Mz" de 2.36 por ciento.

Por otro lado el consumo promedio diario fue mayor en la casa del "Nevado de Toluca" con 303.45 L/hab/día durante el mes de noviembre, por otro lado el menor valor fue de 56.15 L/hab/día en el mes de Octubre en la vivienda de "Internacional", lo cual refleja que los valores contrastan con la normatividad a nivel nacional, en la ciudad de Culiacán predomina el clima cálido, (Ocha, 1994).

La duración promedio de los pulsos es aproximadamente de un minuto, presentándose un pulso cada 18 minutos en promedio, las mediciones se realizaron cada segundo debido a que el estudio pionero realizado por Steven G. Buchberger y las recomendaciones marcan el intervalo de un segundo, pero al tener una frecuencia de 18 minutos, para poder caracterizar la demanda es suficiente con el intervalo de 1 minuto.

Las fugas dentro de la casa habitación presentan en relación al consumo total, porcentajes menores al dos por ciento, salvo en la casa habitación número dos, con un 9.02 por ciento.

El modelo PRP, tiene diversas aplicaciones, por ejemplo se puede emplear en la determinación de fugas, en la generación de series de consumo para los fines de modelos dinámicos de las redes de agua potable, en calidad del agua se puede emplear para determinar la distribución de probabilidad del tiempo de viaje, la distribución de probabilidad de la concentración del desinfectante residual.

Es notorio que la intensidad y la duración del consumo para la zona Humaya, Culiacán, resulta ser dos ó tres veces menor que los valores obtenidos en un estudio similar en Milford, Ohio, EUA.

El análisis anterior marca un parte aguas sobre estudios de consumo y su inclusión a la modelación de las redes de agua potable será de relevancia nacional e internacional. En este último apartado presenta nuevos horizontes en el campo de la modelación en sistemas de distribución en los próximos años.

El hombre cauto jamás deplora el mal presente; emplea el presente en prevenir las aflicciones futuras

William Shakespeare

9. REFERENCIAS

- Alcocer V., Tzatchkov, V., Feliciano, G. D., Mejía E., Martínez E., (2002). *Implementación y calibración de un modelo de calidad del agua en sistemas de agua potable*. Informe final, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Comisión Nacional del Agua, Jiutepec, México, 219 páginas.
- Alcocer, V., Tzatchkov, V., Feliciano, G. D., Mejía, E., Martínez, E. (2003). *Modelo de transporte de sustancias en flujo no permanente en redes de agua potable*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Comisión Nacional del Agua. Informe final, 295 páginas.
- Alcocer, Y.V., Tzatchkov, V., Buchberger, S., Arreguín, C.F., Feliciano, G.D (2004). "Stochastic Residential Water Demand Characterization". World Water & Environmental Resources Congress- 6th. Annual Symposium on Water Distribution System Analysis, June 2004, Salt Lake City, Utah, USA.
- Alcocer, Y. V., Tzatchkov, V., Bourguett, V. (2004). "Variación estocástica de la demanda de agua potable". II Simposio Internacional: Gestión del Agua y Medio Ambiente. HIDROLARA-Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela. Septiembre 2004.
- Alcocer, V., Tzatchkov, V., Feliciano, G. D., (2004). *Estudio de la variación espacial y temporal de la demanda en redes de agua potable*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Informe Final, 300 páginas.
- Arreguín, C. F. (1994). "Uso eficiente del agua en ciudades e industrias". *Uso Eficiente del agua*.
- Billings, R. B. and Jones, C. V. (1996). "Forecasting Urban Water Demand." *American Water Works Association*, Denver, CO.
- Bowen, P. T., Harp, J. F., Baxter, J. W., y Shull, R. D. (1993). "Residential Water Use Patterns". *AWWA Research Foundation*, Denver, CO.
- Buchberger, S. G. and Wu, L. (1995). "Model for instantaneous residential water demands." *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(3): 232-246.
- Buchberger, S. G. and Wells, G. J. (1996). "Intensity, duration and frequency of residential water demands." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 122(1): 11-19.
- Buchberger, S. G. And Schade, T.G. (1997). "Poisson rectangular pulse model for residential water use". *Proceedings XXVII IAHR Congress*, San Francisco, California. Aug 10-15.

Buchberger, S. G., Carter, J.T., and Lee, Y.H. (1998) "Travel times in deadend mains". *Proceedings ASCE 25 Annual Conference on water resources planning and management*, Chicago, Illinois, June 6-10.

Buchberger, S.T. and Lee, Y. (1999). "Evidence supporting the Poisson pulse hypothesis for residential water demands". *Proceedings CCWI: International Conference on Computing and Control for the water Industry*. Exeter, United Kingdom, September 13-15.

Buchberger, S. G., Carter, J.T., and Lee, Y.H. (2003) "Random demands travel times and water quality in deadend". Cincinnati, OH.

DeOreo, W. B., Heaney, J. P., and Mayer, P. W. (1996). "Flow trace analysis to assess water use." *Journal AWWA*, 79-90.

Flack, J.E. (1982). *Urban water conservation: Increasing efficiency -in-use residential water demand*. ASCE. New York. N.Y.

García, B. A. Y Cortés, M. P.(1989) "valuación del funcionamiento hidraulico de una llave para lavabo automatica marca Watermatic". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Morelos.

García, C. V.(2003). "Modelación de la demanda de agua". *Tesis Doctoral*. Valencia España.

Gargano, R. y Pianese, D. (2000), "Reliability as tool for hydraulic network planning". *Journal Of Hydraulic Engineering*, 126(5), 354-364.

Gross, Donald,(1998) "Fundamentals of queueing theory cDonald Gross, Carl M. Harris", New York Wiley cop.

<http://www.sinaloa.gob.mx>

JAPAC, *Junta de agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, información proporcionada por las Gerencias de Planeación y Operación*. 2002. JAPAC, Jun

Kiya, F. and Murakawa, S. (1989). "Design Load for Water Supply in Buildings". A. A. Balkema, Rotterdam.

Linaweaver, F.P. Jr., Geyer, J.C., and Wolff, J. B. (1966). Residential water use. Johns Hopkins Univ. Baltimore. Md.

Mayer, P. W., DeOreo, W. B., Opitz, E. M., Kiefer, J. C., Davis, W. Y., Dziegielewski, B., and Nelson, J. O. (1999). *Residential End Uses of Water*. AWWA Research Foundation, USA.

Ochoa, L., Rangel, J., Rodríguez, J., Delgado, J., Vázquez, A. (1994). *Datos Básicos. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, MAPAS. Comisión Nacional del Agua.

Tzátchkov, V., Alcocer, Y. V., Arreguín, C. F., Feliciano, G. (2005). "Medición y caracterización estocástica de la demanda instantánea de agua potable". *Revista Ingeniería Hidráulica en México*, volumen XX, núm.1, enero-marzo de 2005.

Wells, G. J. (1994). "Statistical characteristics of residential water demands," Master's thesis, University of Cincinnati.

Xu, C. y Goulter, I. C. (1998). "Probabilistic model for water distribution reliability." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 124(4), 218–228.

La inspiración existe, pero debe encontrarse trabajando

Pablo Picasso

Ten el suficiente valor y coraje para realizar tus sueños, así como la suficiente calma y comprensión para los instantes en que pierdes el rumbo.

D.F. García

ANEXO I
REGISTROS DE CONSUMO

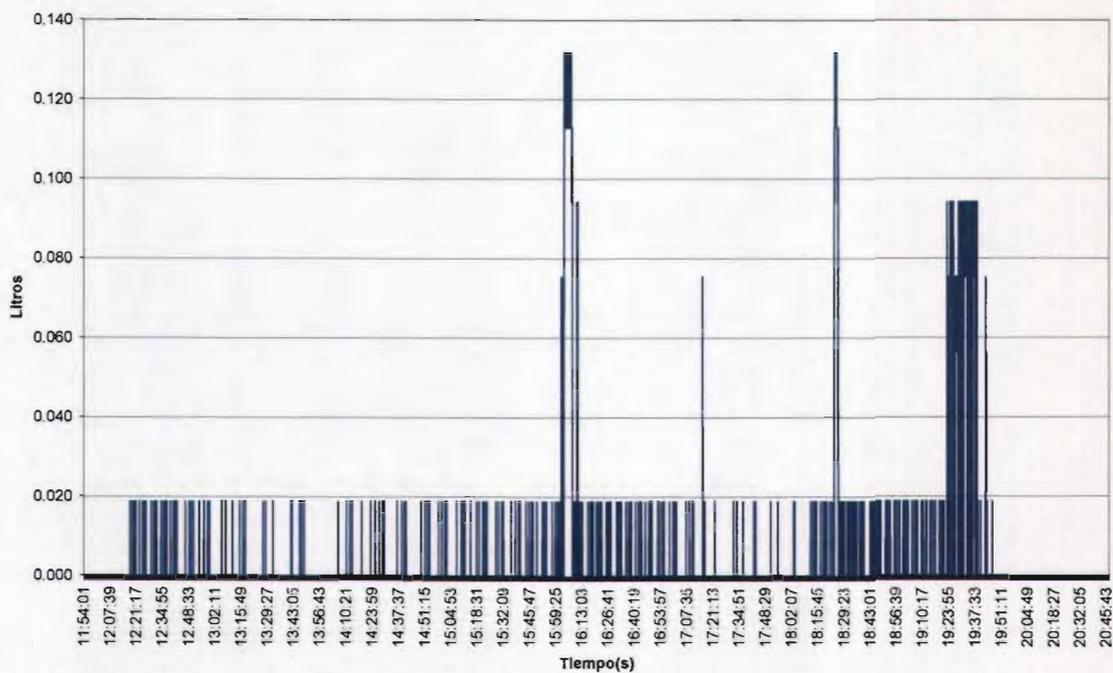


Ilustración I-1. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 8 de septiembre de 2003.

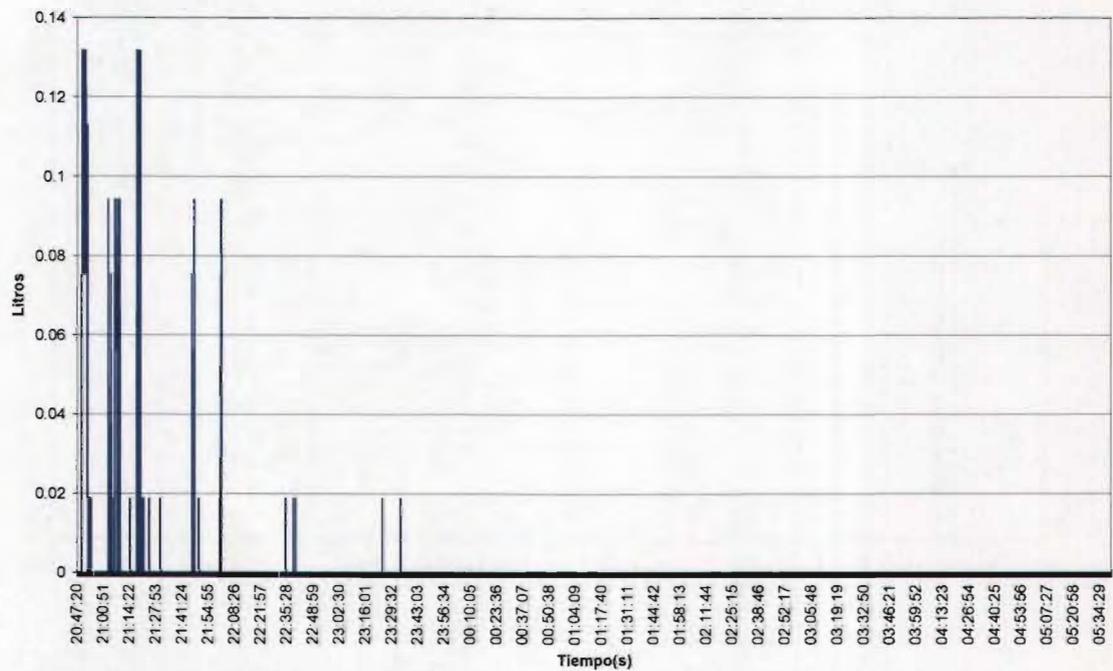


Ilustración I-2. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 8 y 9 de septiembre de 2003.

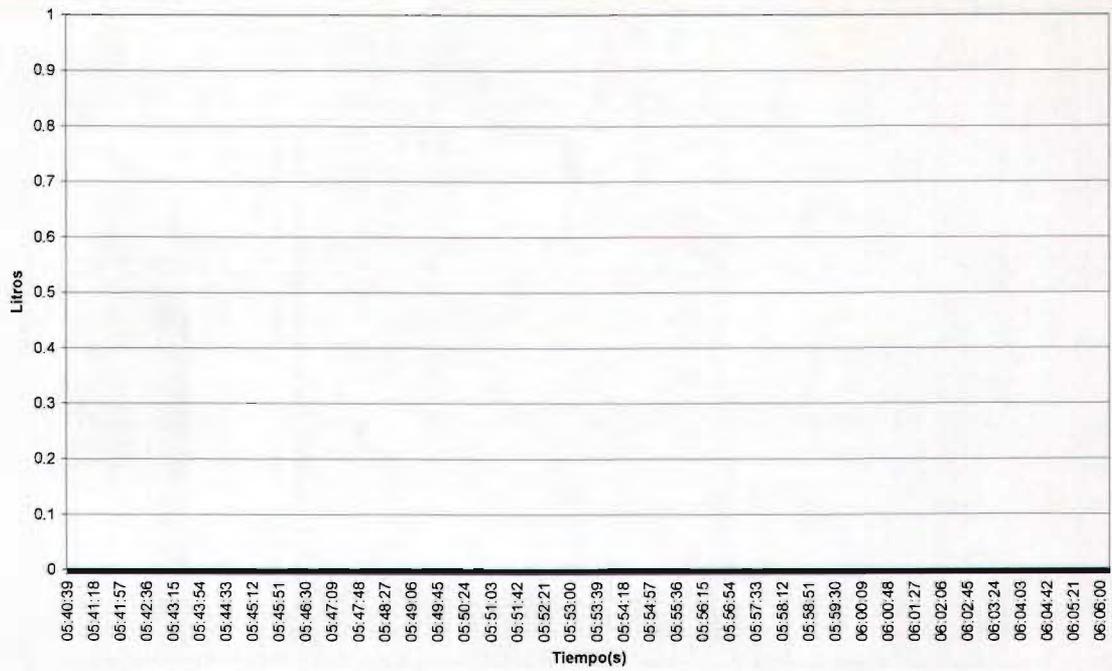


Ilustración I-3. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 9 de septiembre de 2003.

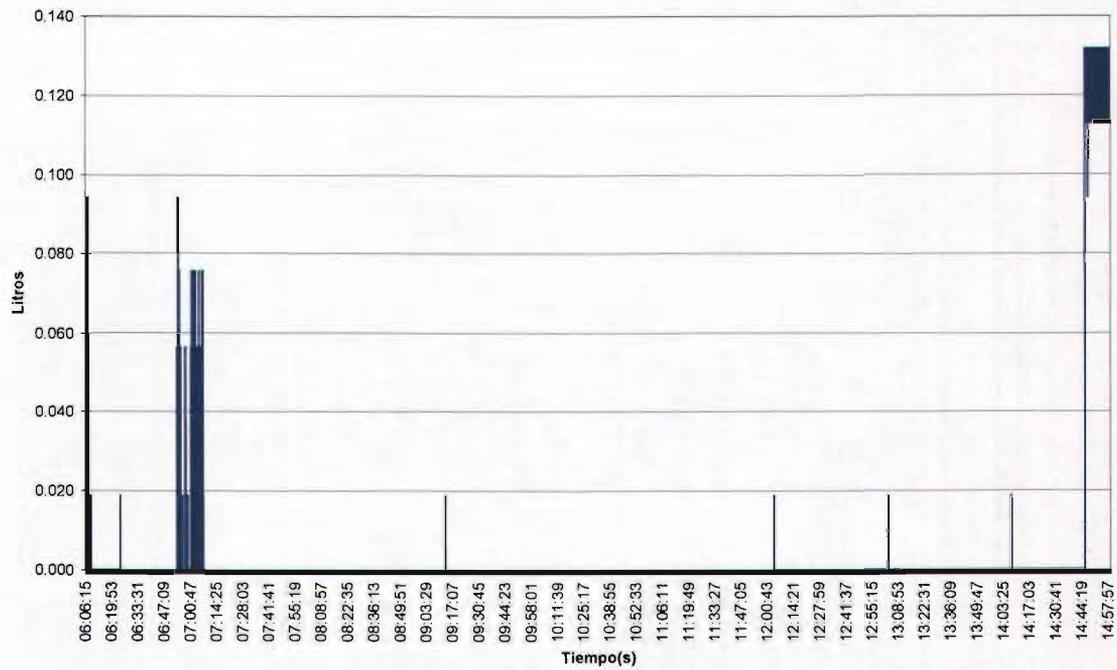


Ilustración I-4. Variación de consumo de la casa “Internacional”. Fecha 10 de septiembre de 2003.

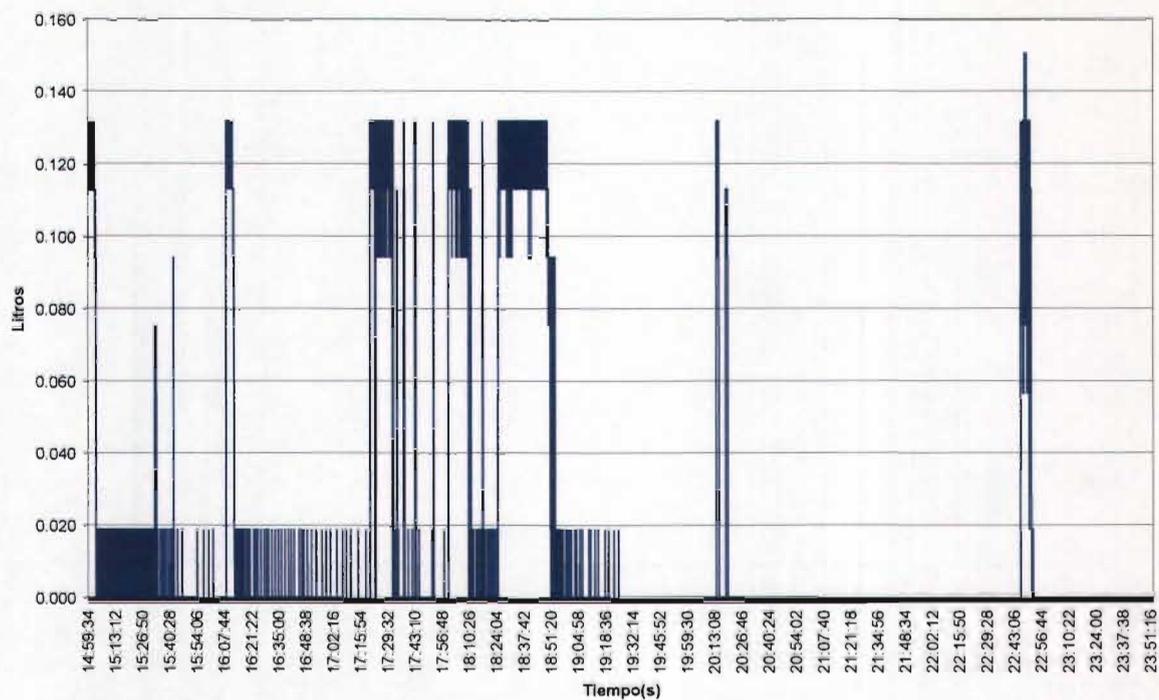


Ilustración I-5. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 10 de septiembre de 2003.

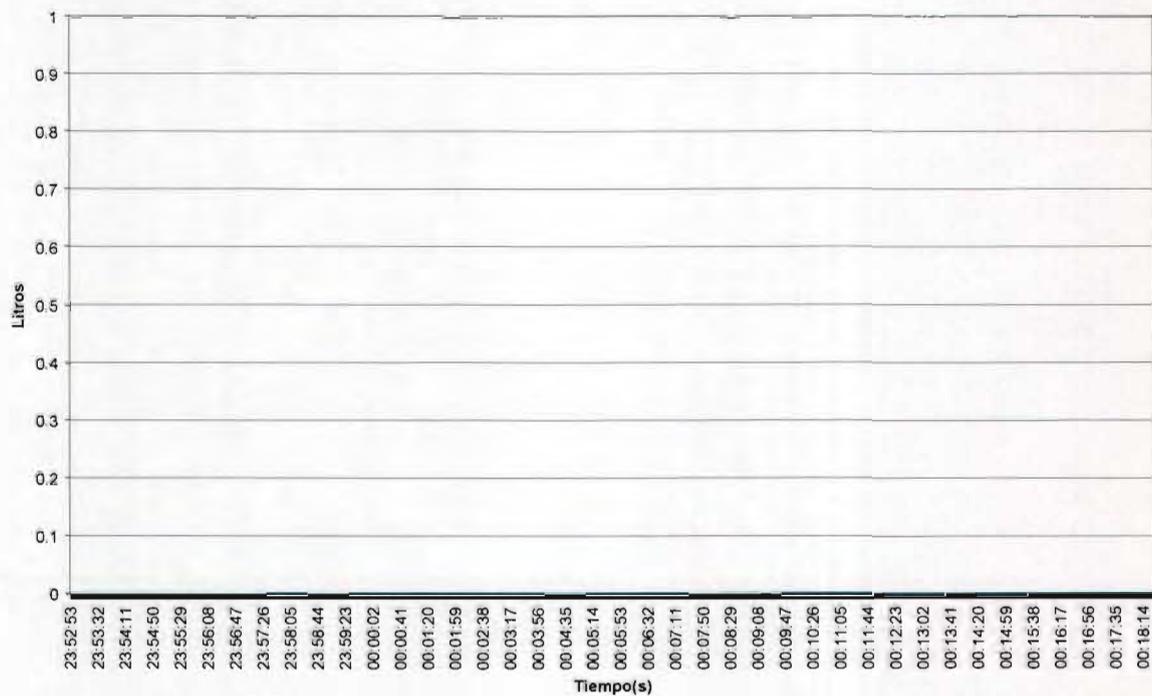


Ilustración I-6. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 10 y 11 de septiembre de 2003.

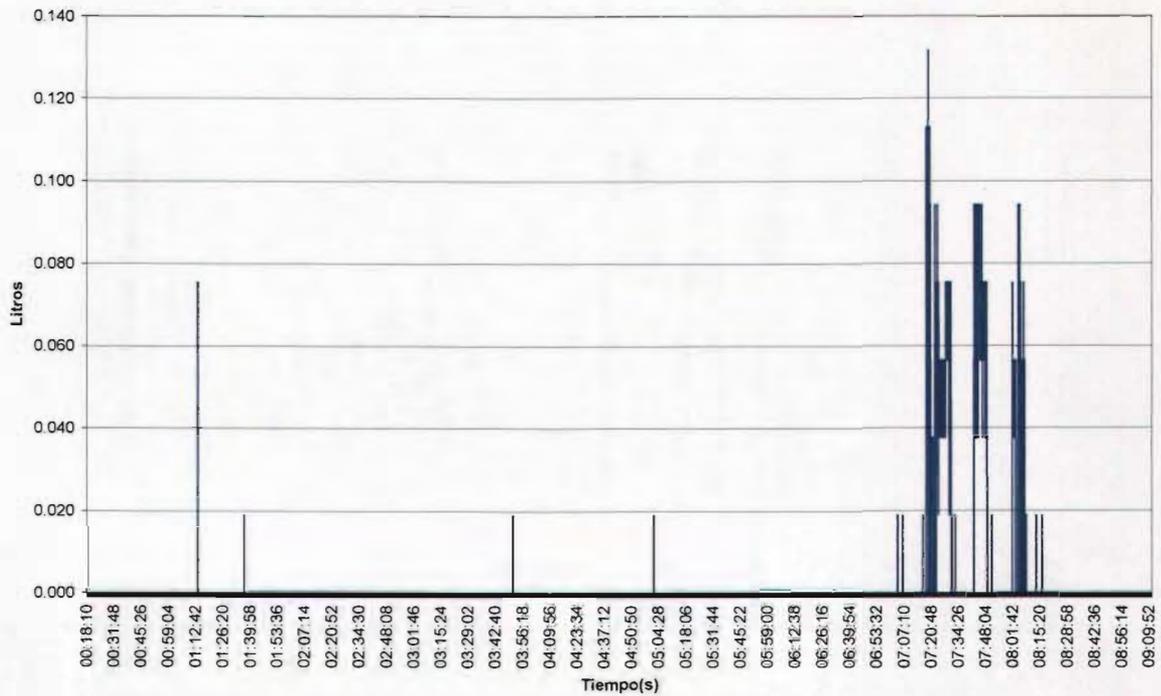


Ilustración I-7. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 11 de septiembre de 2003.

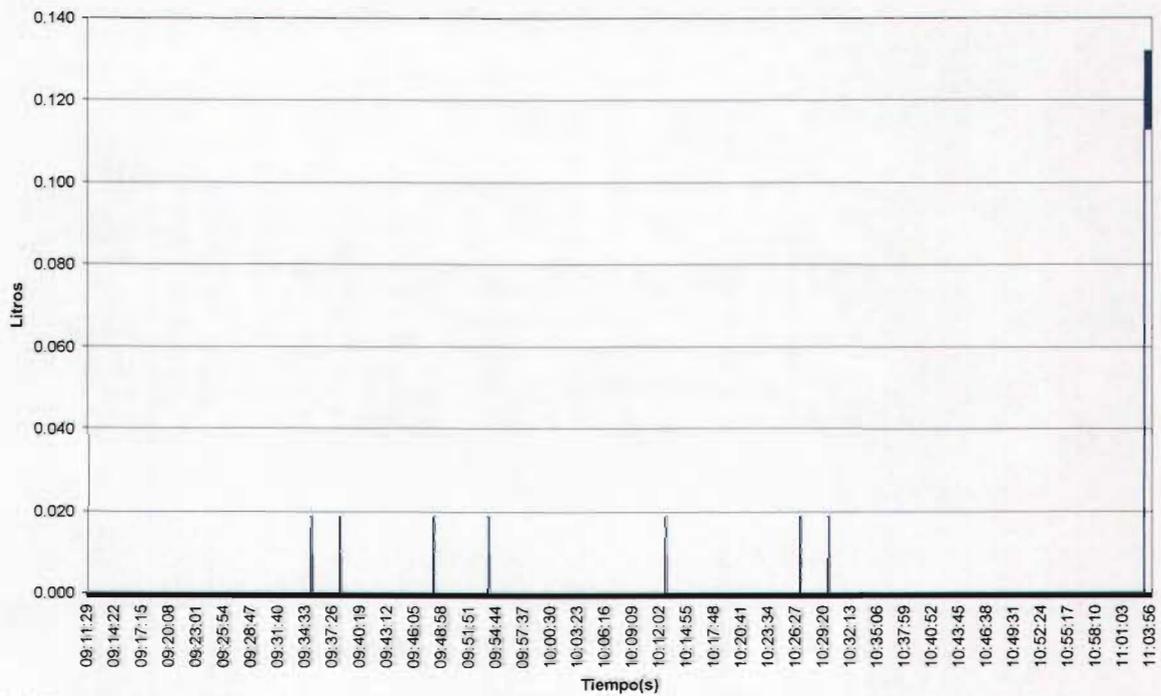


Ilustración I-8. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 11 de septiembre de 2003.

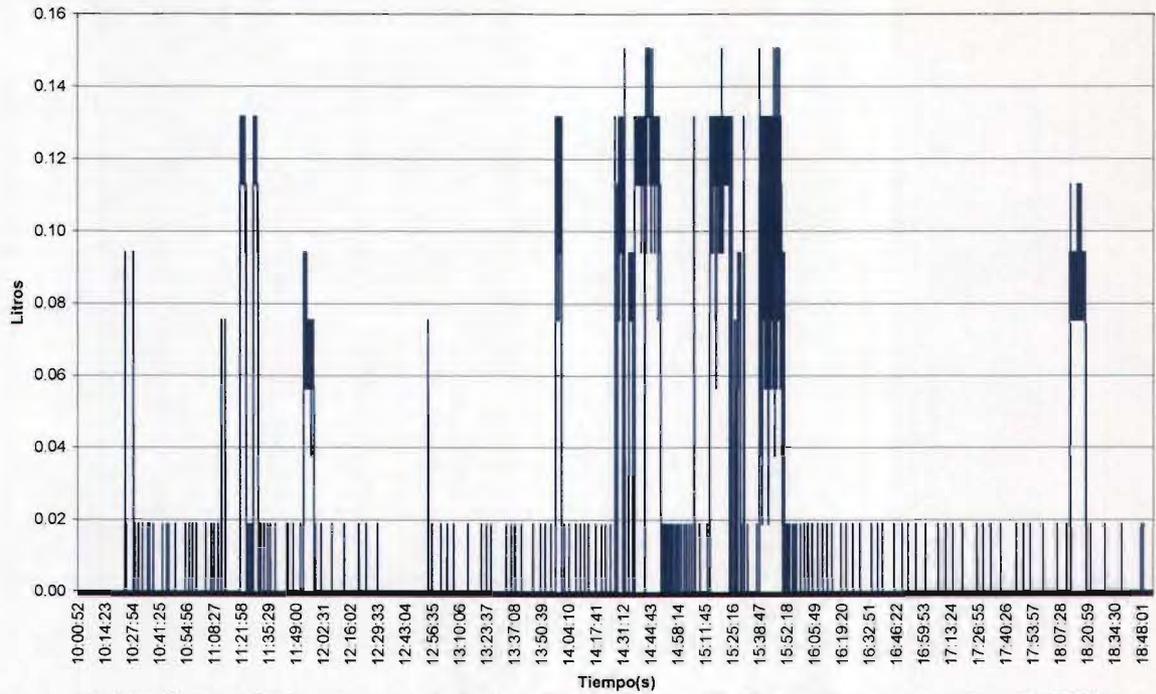


Ilustración I-9. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 12 de septiembre de 2003.

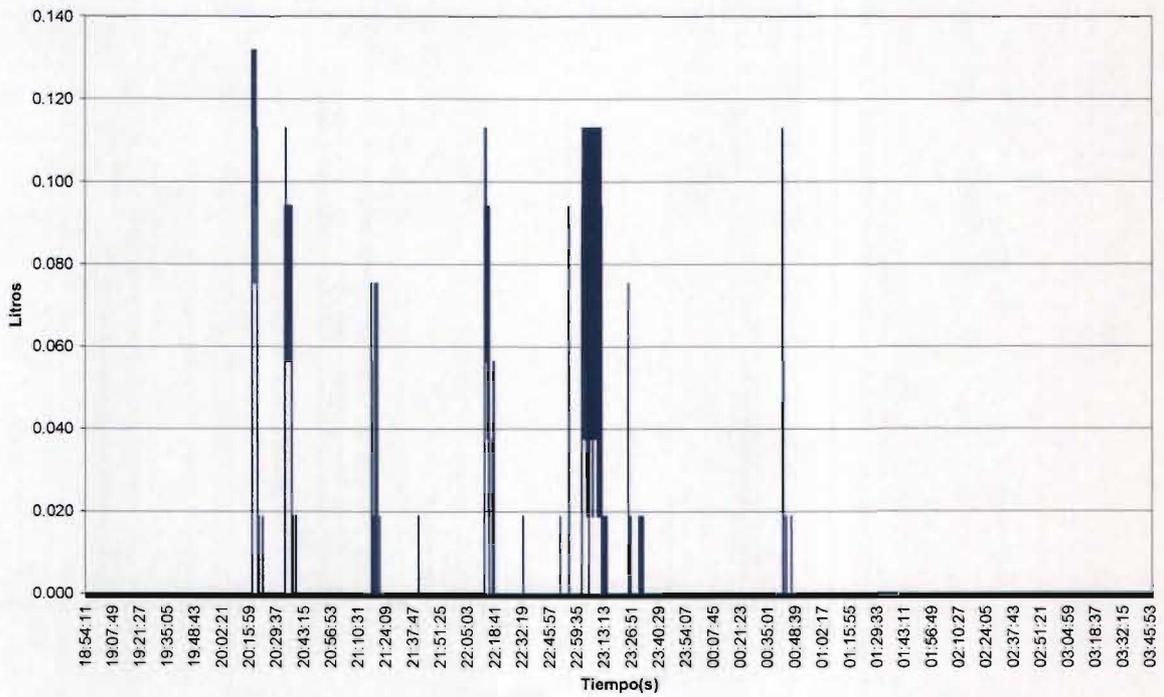


Ilustración I-10. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 12 y 13 de septiembre de 2003.

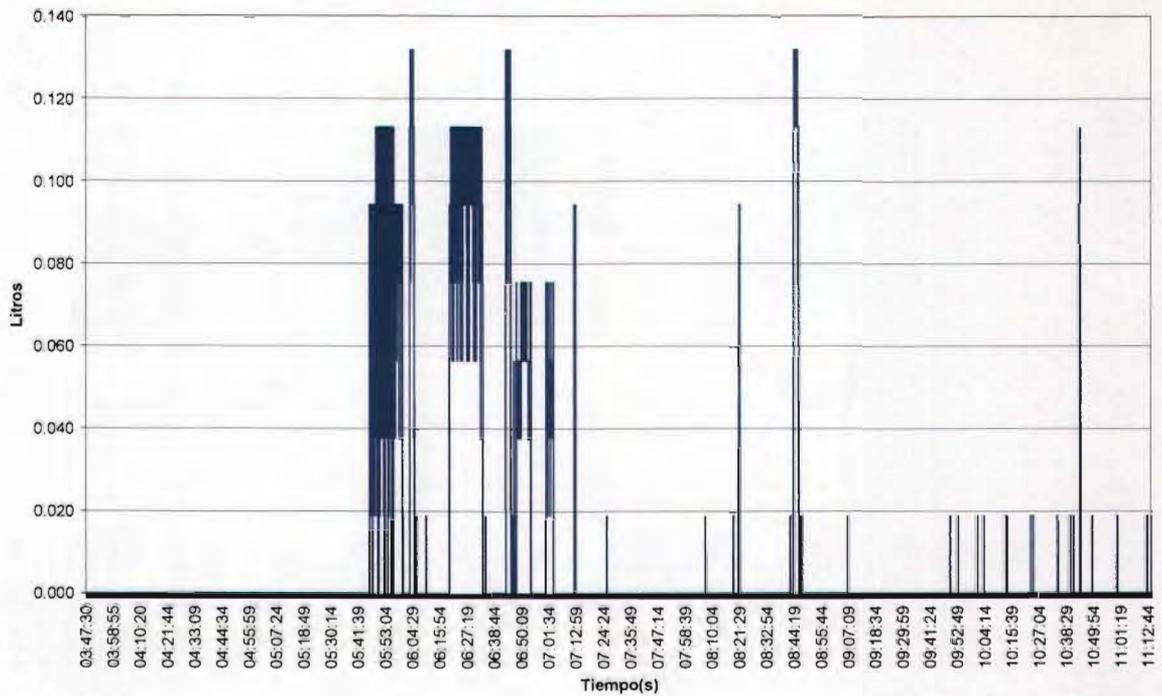


Ilustración I-11. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 13 de septiembre de 2003.

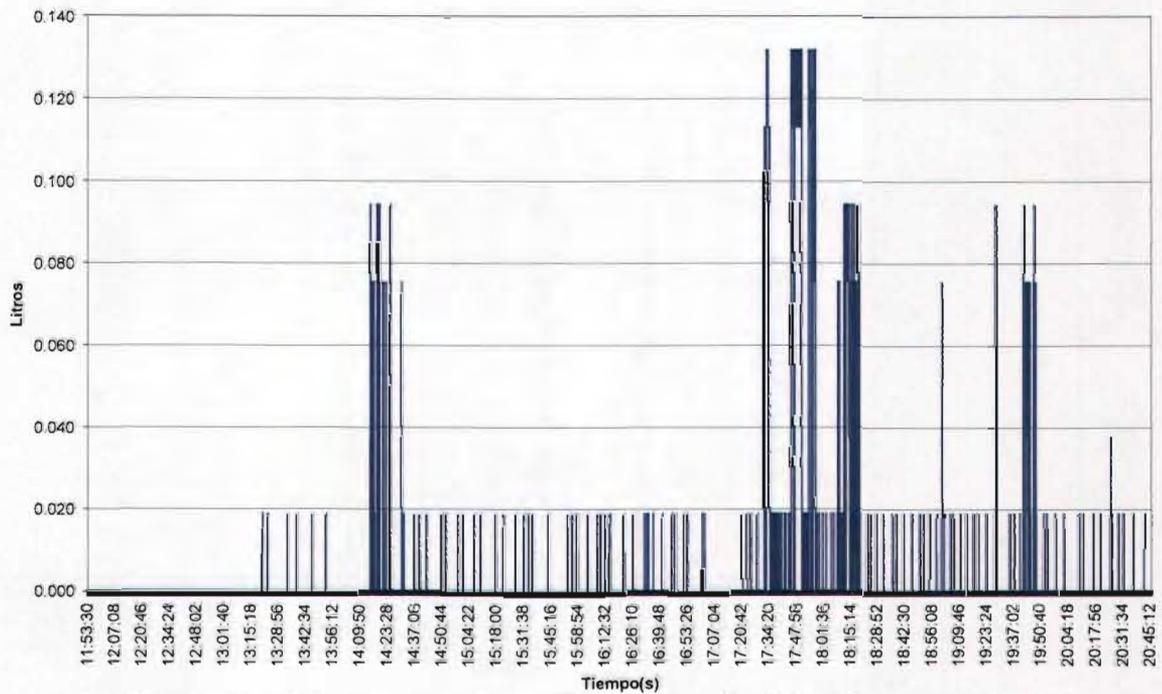


Ilustración I-12. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 15 de septiembre de 2003.

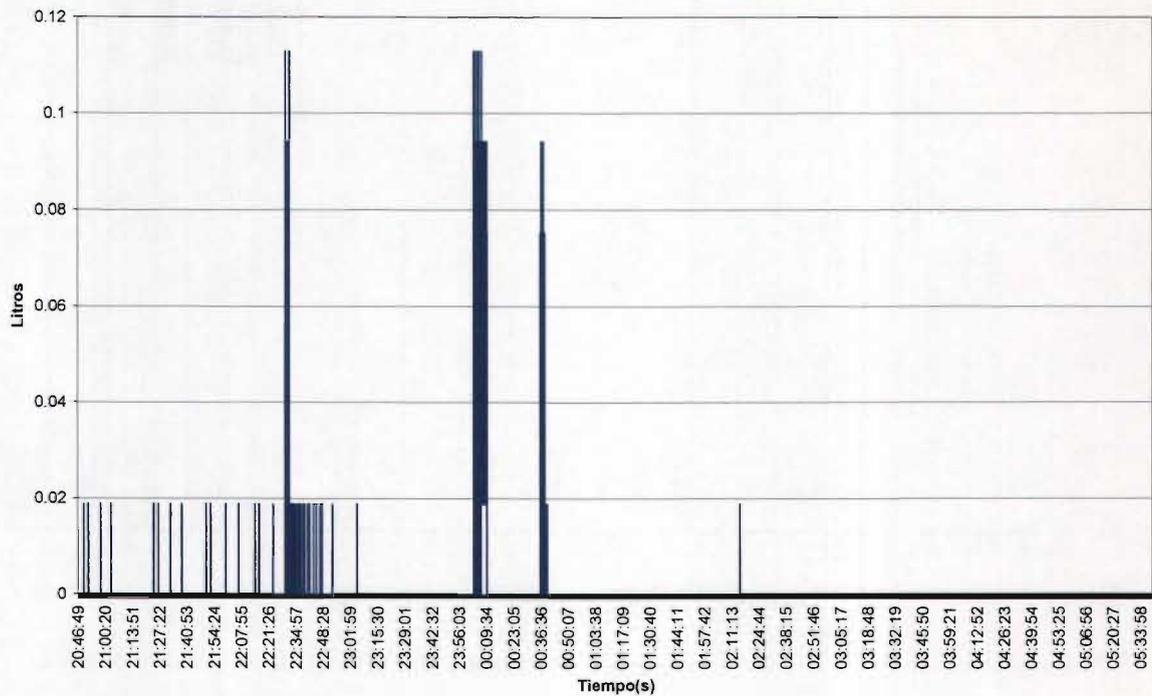


Ilustración I-13. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 15 y 16 de septiembre de 2003.

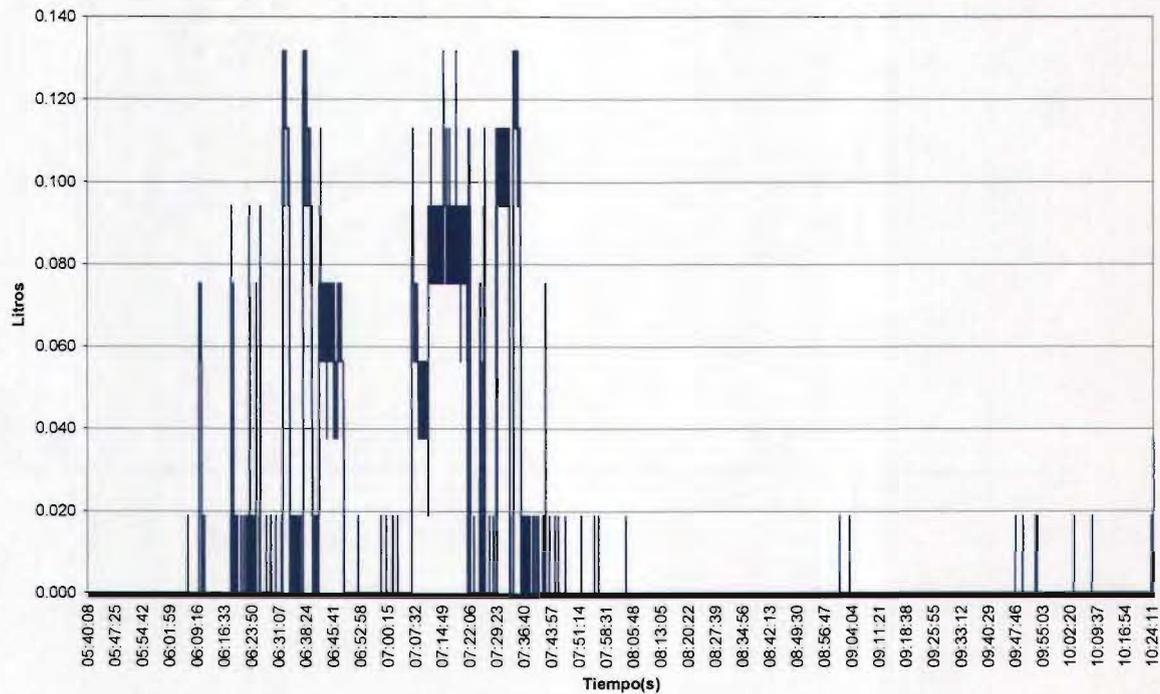


Ilustración I-14. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 16 de septiembre de 2003.

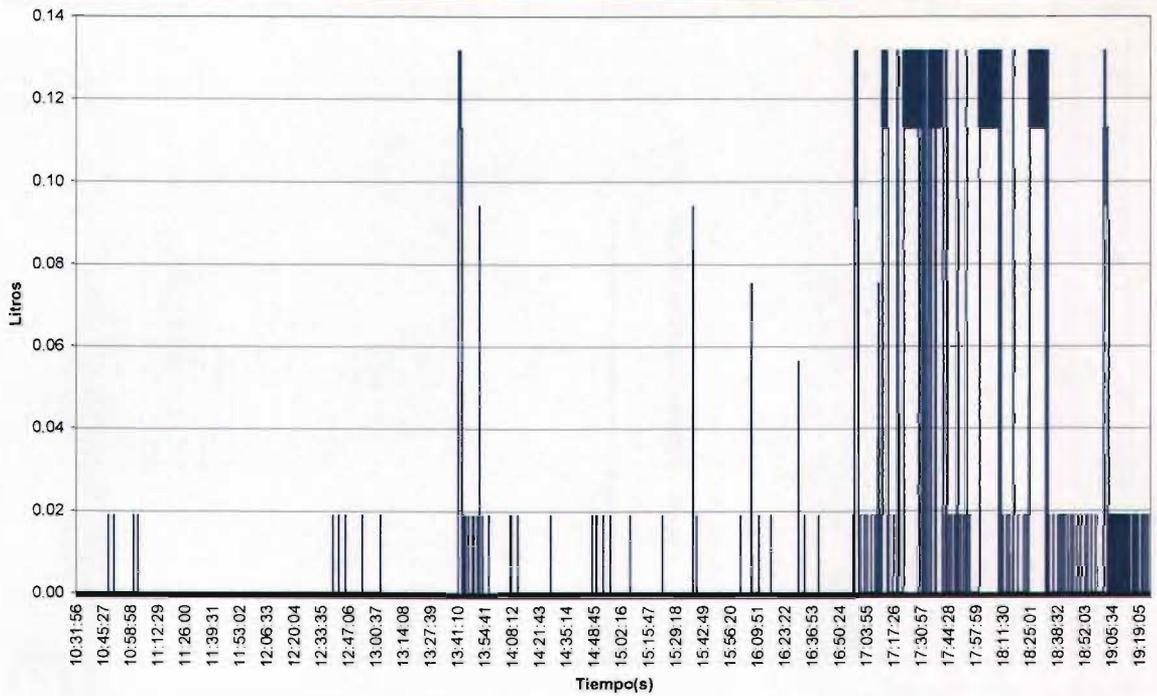


Ilustración I-15. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 16 de septiembre de 2003.

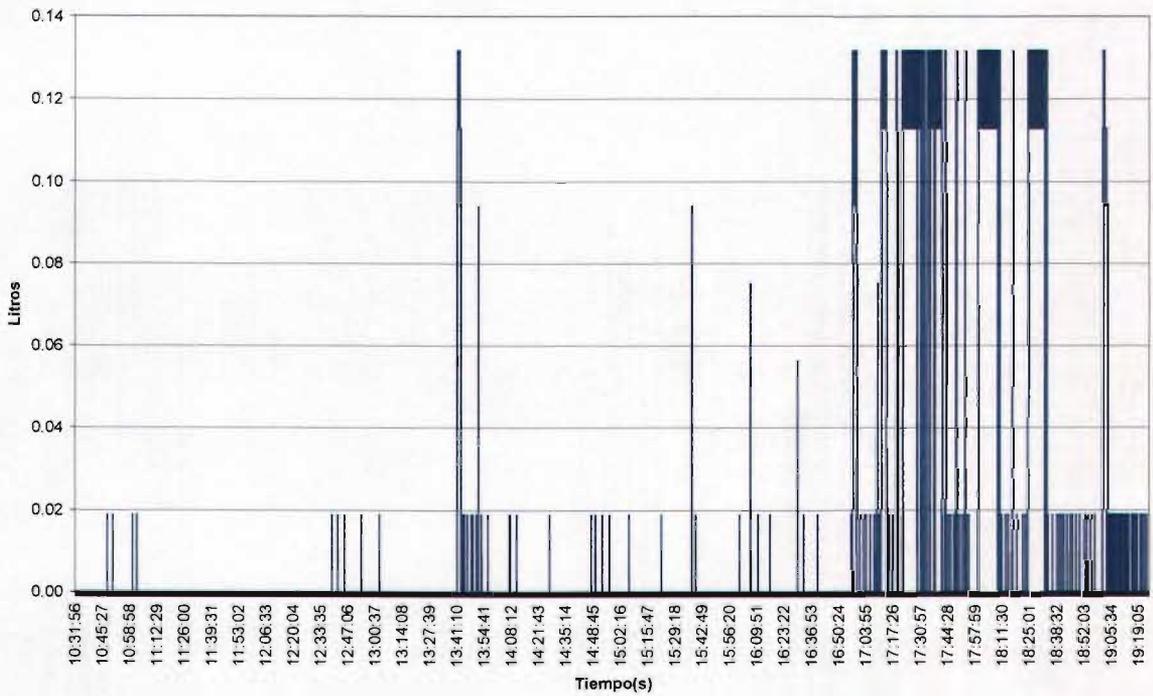


Ilustración I-16. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 17 de septiembre de 2003.

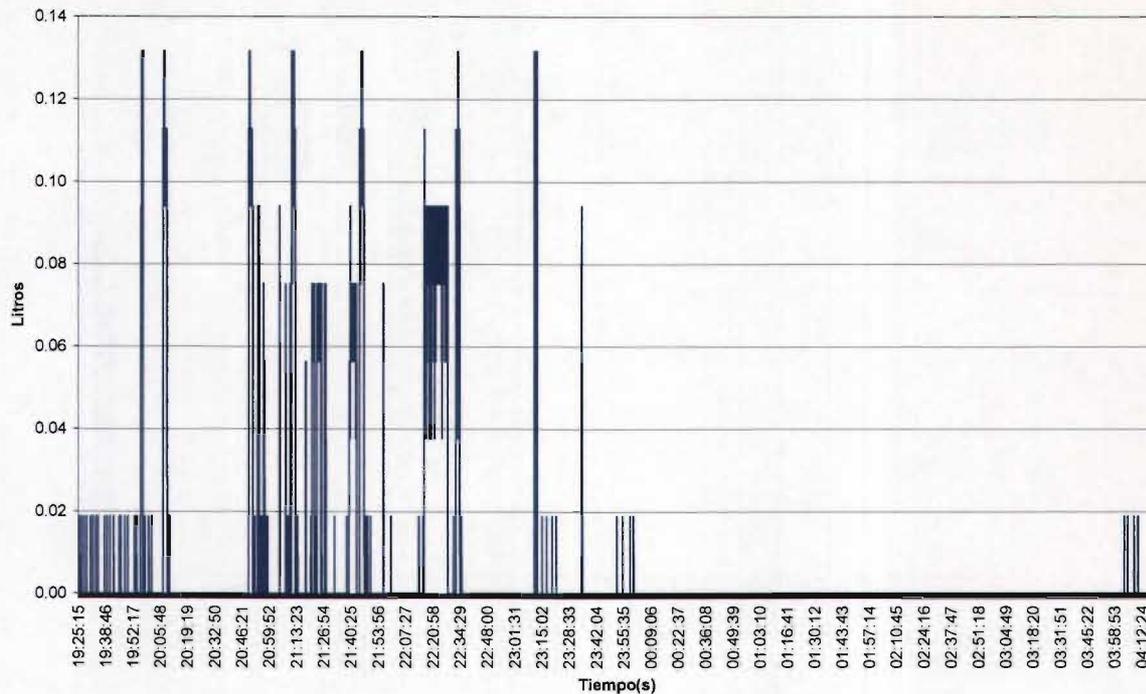


Ilustración I-17. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 17 y 18 de septiembre de 2003.

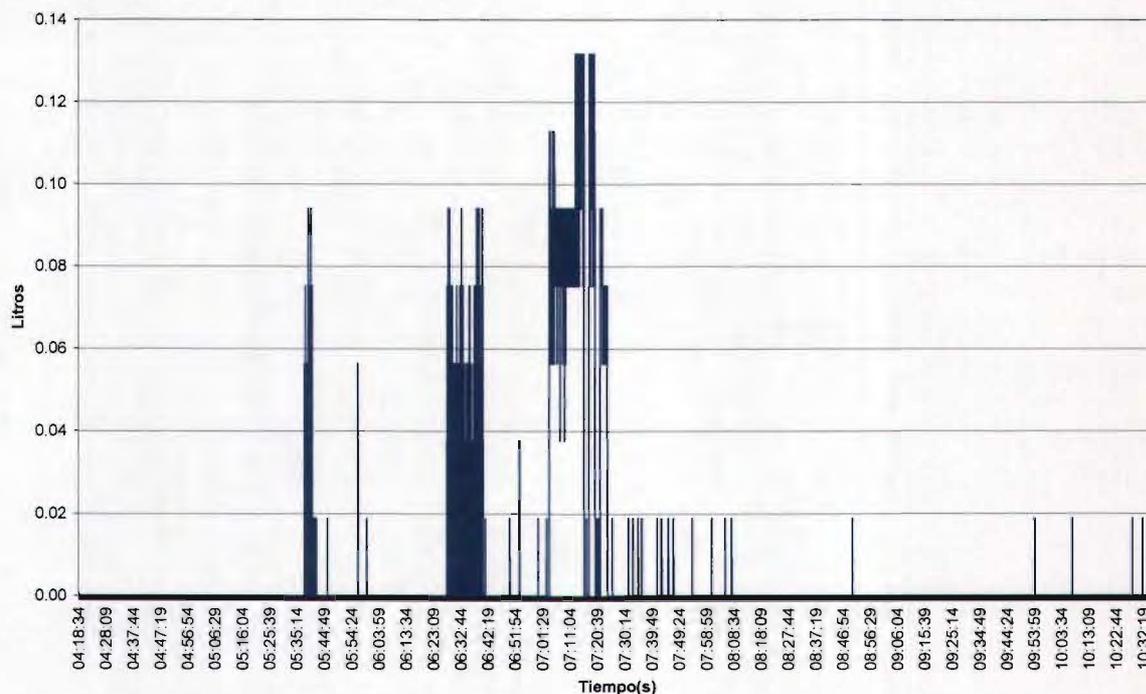


Ilustración I-18. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 18 de septiembre de 2003.

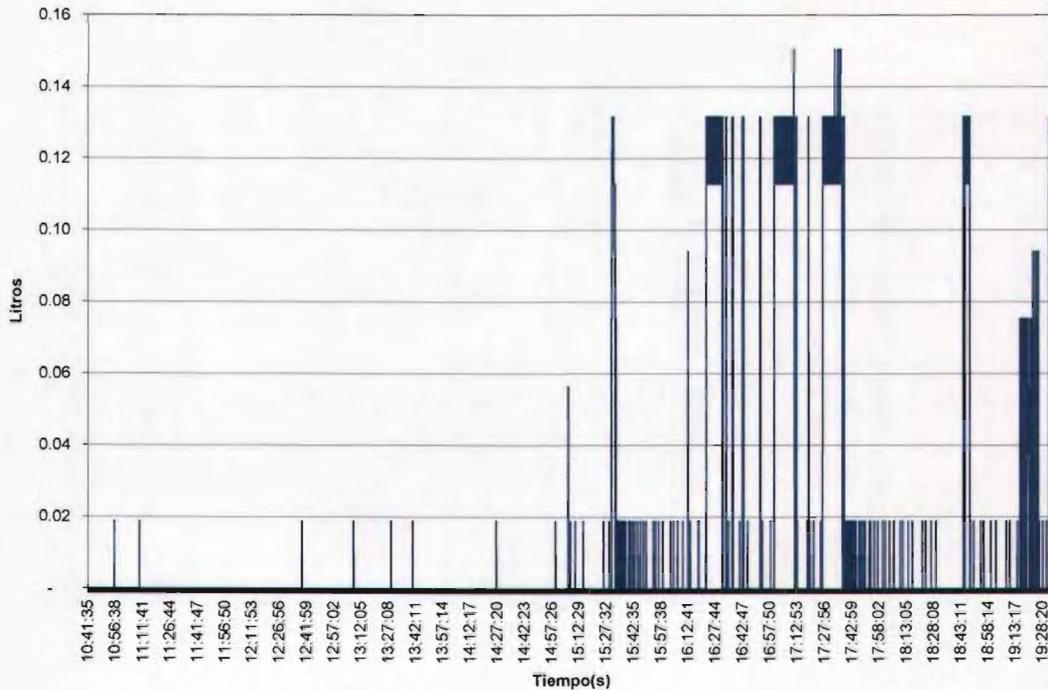


Ilustración I-19. Variación de consumo de la casa "Internacional". Fecha 18 de septiembre de 2003.

Los consumos de las viviendas analizadas se encuentran en el Informe final del proyecto IMTA "Modelo del transporte de sustancias en flujo no permanente en redes del agua potable" del 2003,

Para pedir informes sobre la base de datos, se pueden dirigir con los autores:

M.I. Víctor H. Alcocer Yamanaka
valcocer@tlaloc.imta.mx

Dr. Velitchko G. Tzatchkov
velitchk@tlaloc.imta.mx

Ing. Daniel Feliciano García
danfel@engineer.com

La matemática es la ciencia del orden y la medida, de bellas cadenas de razonamientos, todos sencillos y fáciles.

René Descartes

ANEXO II
DURACIÓN PROMEDIO DIARIA DE LOS PULSOS EN SEGUNDOS.

Tabla II-1. Duración promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)9.78	(20)44.15	(21)16.84	(22)70.98	(23)33.18
(24)70.43	(25)66.12	(26)30.44	(27)12.88	(28)22.14	(29)29.02	(30)72.99
(31)45.13						

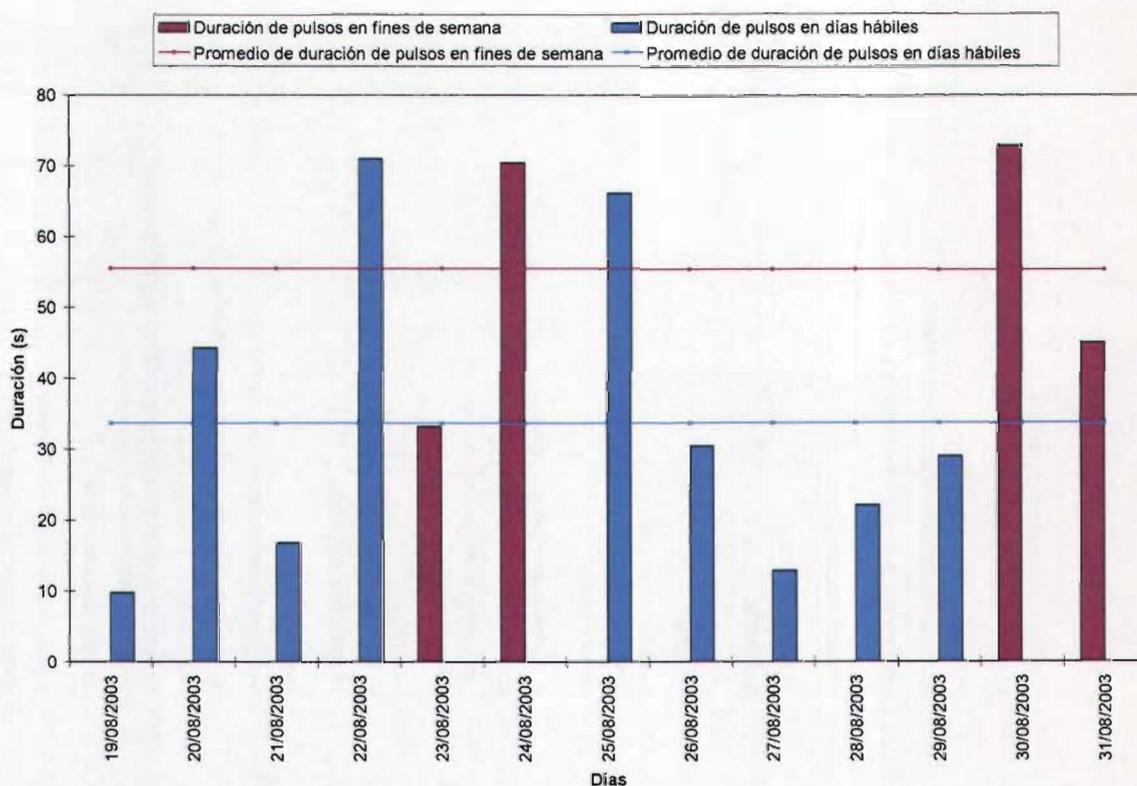


Ilustración II-1. Variación de la duración de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Agosto.

Tabla II-2. Duración promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)63.13	(2)79.05	(3)55.35	(4)83.70	(5)70.00	(6)72.24
(7)45.13	(8)32.59	(9)19.92	(10)0.00	(11)19.63	(12)52.06	(13)52.58
(14)27.03	(15)58.46	(16)72.12	(17)71.80	(18)34.45	(19)18.85	(20)32.11
(21)44.50	(22)22.42	(23)79.05	(24)86.75	(25)19.51	(26)111.88	(27)72.24
(28)45.12	(29)63.13	(30)57.72				

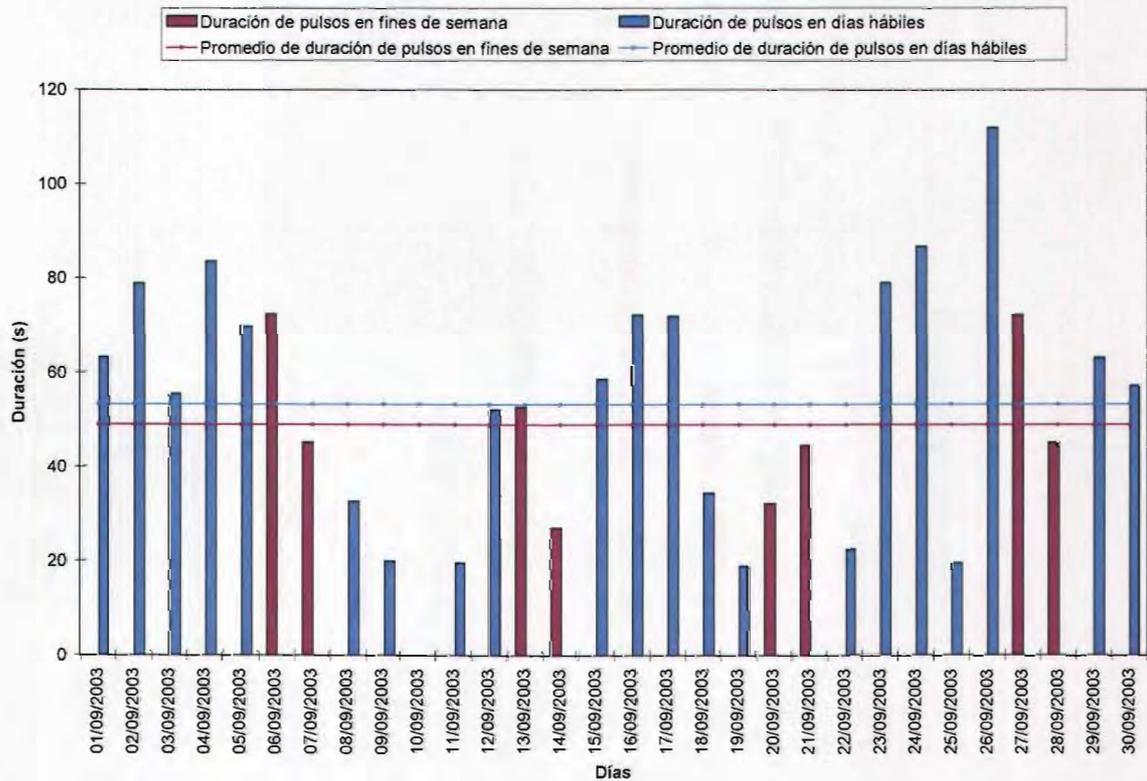


Ilustración II-2. Variación de la duración de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Septiembre.

Tabla II-3. Duración promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)63.57	(2)87.29	(3)51.10	(4)53.32
(5)76.76	(6)30.94	(7)77.05	(8)55.98	(9)42.57	(10)70.00	(11)72.24
(12)45.13	(13)77.44	(14)83.42	(15)88.47	(16)43.51	(17)50.77	(18)67.59
(19)66.07	(20)78.49	(21)91.88	(22)85.85	(23)68.63	(24)41.74	(25)101.24
(26)61.42	(27)67.06	(28)58.75	(29)74.12	(30)33.70	(31)43.95	

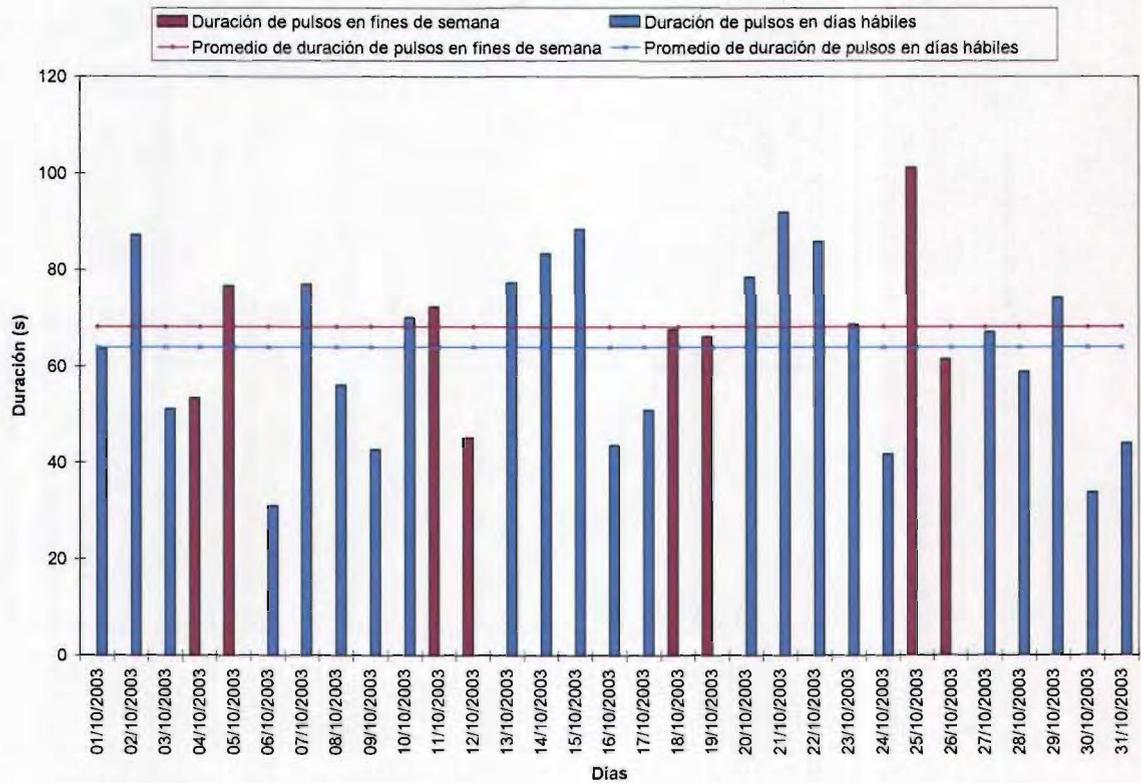


Ilustración II-3. Variación de la duración de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Octubre.

Tabla II-4. Duración promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)46.33
(2)102.73	(3)55.53	(4)41.30	(5)25.75	(6)26.37	(7)42.78	(8)40.68
(9)26.74	(10)61.76	(11)79.05	(12)55.35	(13)45.47	(14)66.65	(15)72.24
(16)45.13	(17)28.97	(18)79.05	(19)55.35	(20)84.07	(21)70.00	(22)72.24
(23)45.13	(24)116.43	(25)35.55	(26)27.67	(27)84.07	(28)70.00	(29)

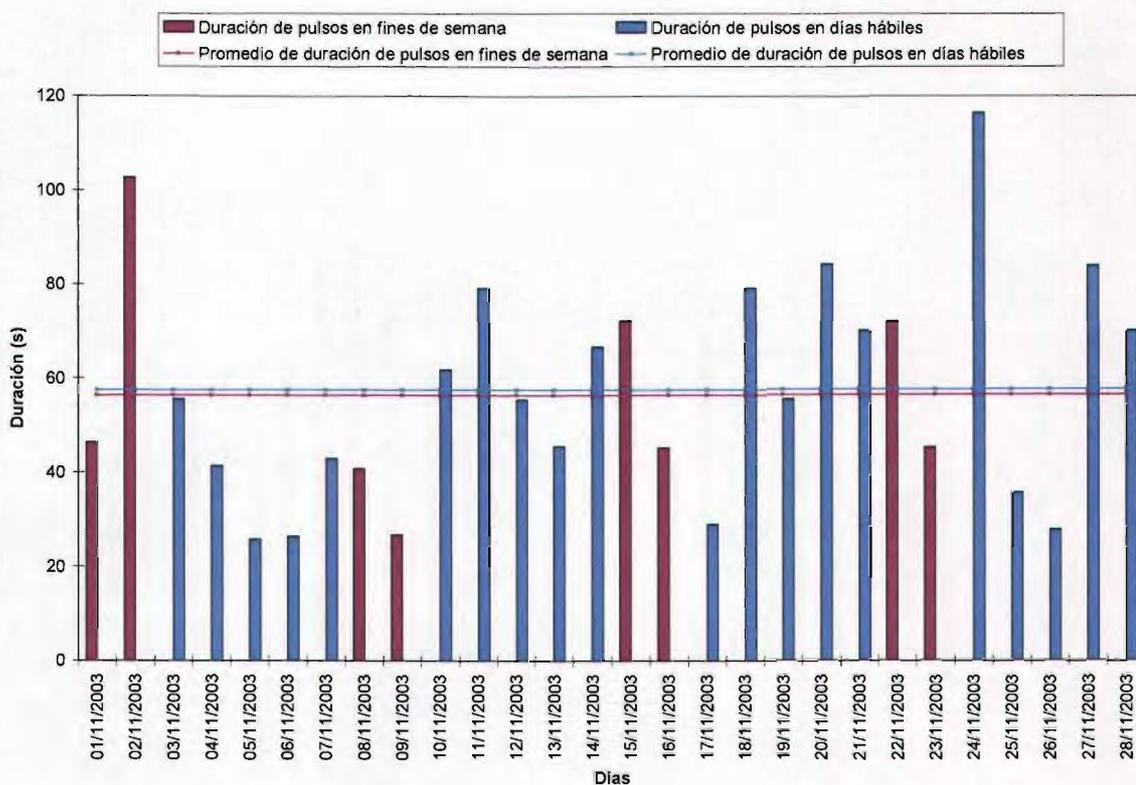


Ilustración II-4. Variación de la duración de pulsos en la vivienda del "Nevado de Toluca" en Noviembre.

Tabla II-5. Duración promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)27.44	(20)55.82	(21)41.26	(22)44.75	(23)69.91
(24)27.17	(25)64.91	(26)42.37	(27)15.19	(28)28.22	(29)72.60	(30)92.86
(31)42.08						

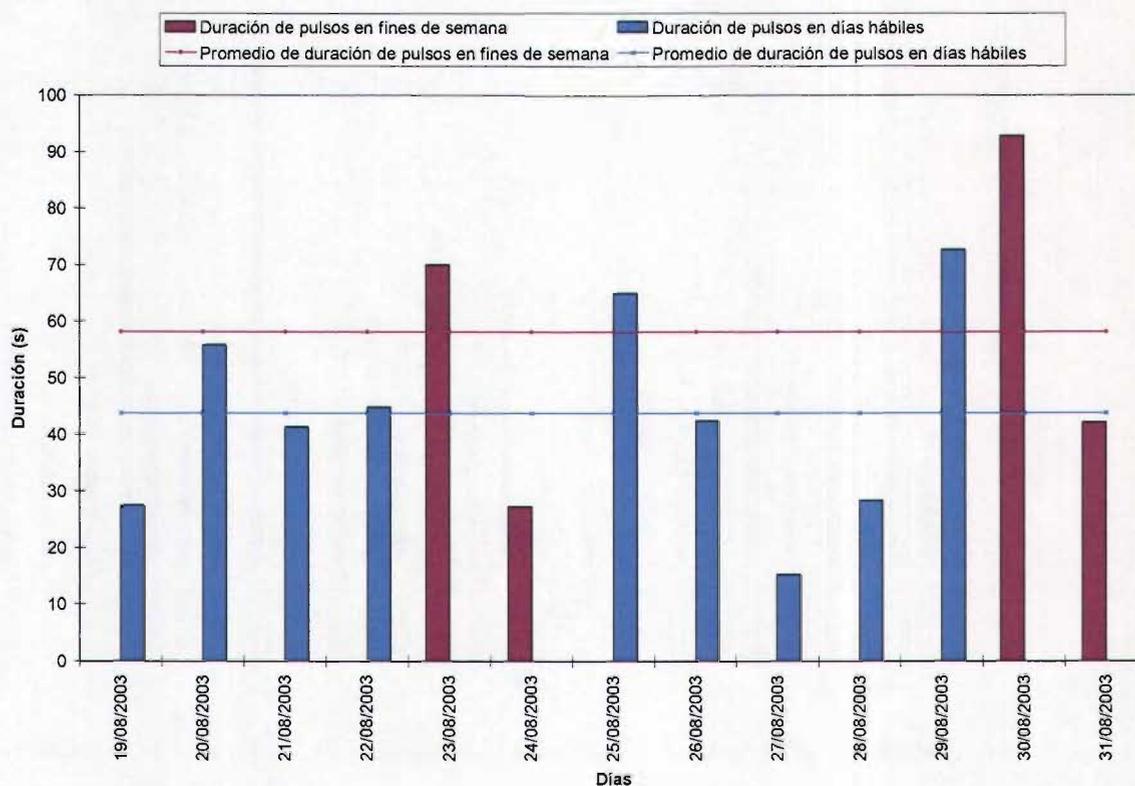


Ilustración II-5. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Agosto.

Tabla II-6. Duración promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)38.37	(2)115.31	(3)25.75	(4)28.09	(5)32.42	(6)92.86
(7)42.08	(8)45.57	(9)62.29	(10)35.98	(11)50.11	(12)36.67	(13)65.02
(14)33.57	(15)22.94	(16)58.56	(17)34.46	(18)71.38	(19)30.30	(20)55.65
(21)30.85	(22)37.11	(23)115.31	(24)31.30	(25)25.47	(26)39.51	(27)92.86
(28)42.08	(29)38.37	(30)50.35				

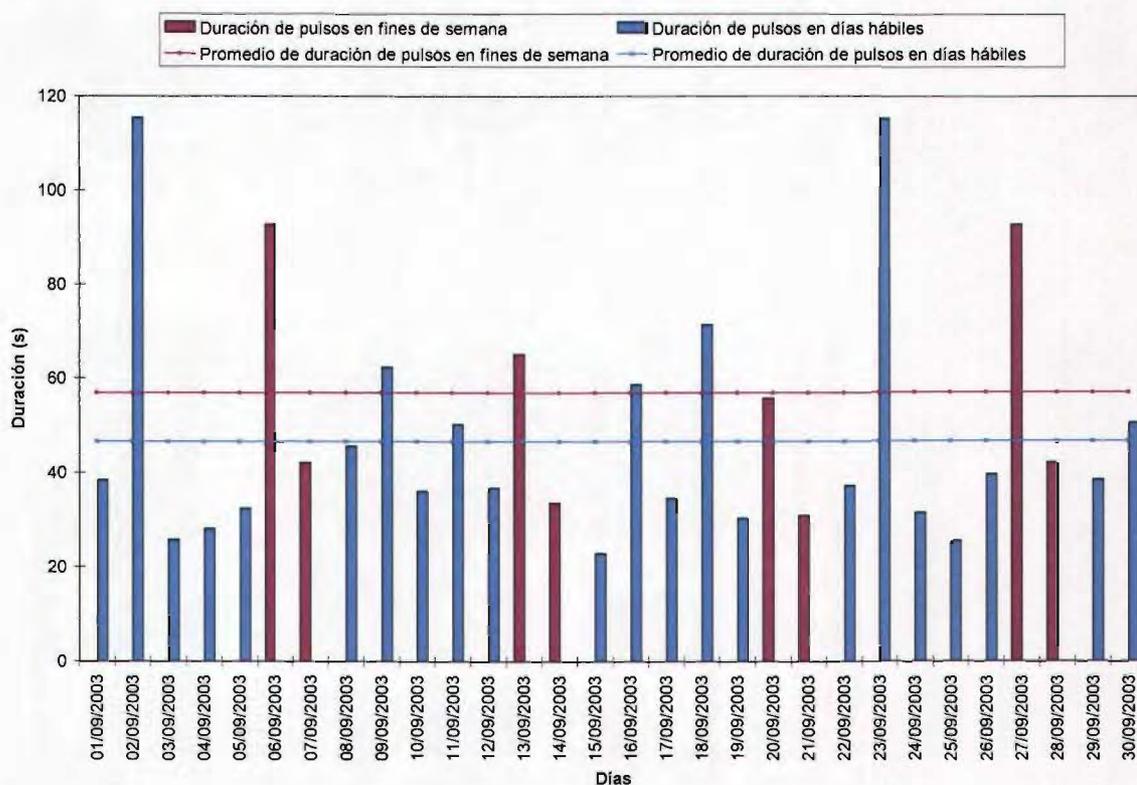


Ilustración II-6. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Septiembre

Tabla II-7. Duración promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)48.87	(2)75.29	(3)39.14	(4)67.47
(5)55.43	(6)37.79	(7)18.20	(8)0.00	(9)97.72	(10)32.42	(11)92.86
(12)42.08	(13)27.04	(14)70.00	(15)38.24	(16)34.80	(17)25.50	(18)47.77
(19)6.93	(20)26.34	(21)9.87	(22)15.96	(23)15.89	(24)41.40	(25)3.70
(26)10.58	(27)17.13	(28)4.36	(29)27.16	(30)41.03	(31)32.42	

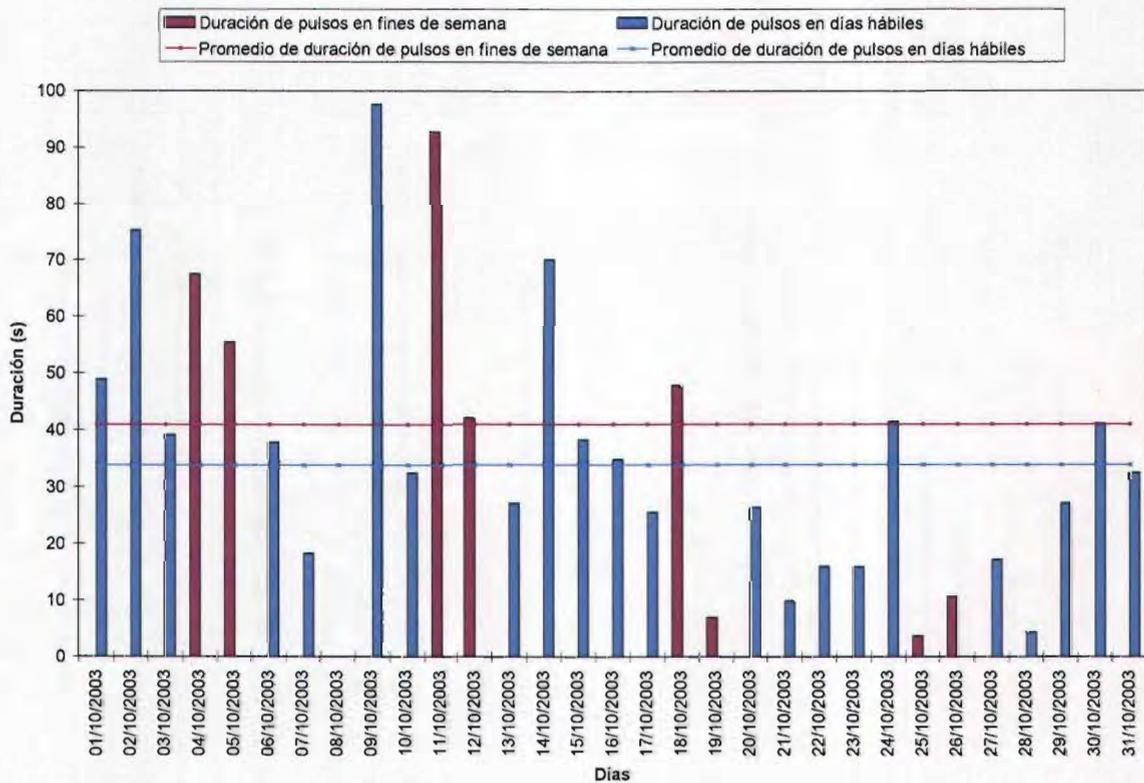


Ilustración II-7. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Octubre.

Tabla II-8. Duración promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)47.39
(2)57.46	(3)41.91	(4)54.59	(5)25.75	(6)28.09	(7)74.40	(8)92.86
(9)108.17	(10)35.49	(11)8.54	(12)5.36	(13)41.04	(14)44.00	(15)92.86
(16)42.08	(17)38.37	(18)115.31	(19)25.75	(20)28.09	(21)32.42	(22)92.86
(23)42.08	(24)107.35	(25)115.31	(26)85.24	(27)96.00	(28)32.42	(29)

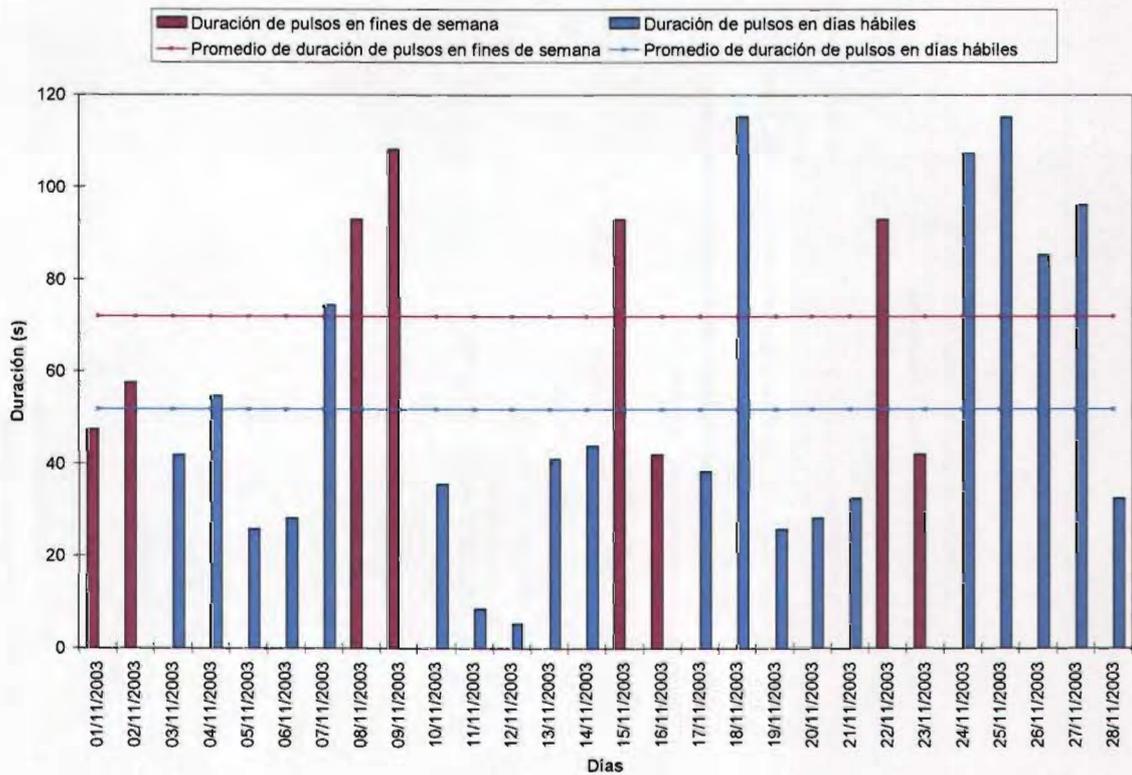


Ilustración II-8. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de la "Virtud y Mz" en Noviembre

Tabla II-9. Duración promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)77.73	(21)94.68	(22)101.81	(23)92.84
(24)101.75	(25)110.73	(26)80.36	(27)48.56	(28)99.52	(29)66.53	(30)69.30
(31)102.22						

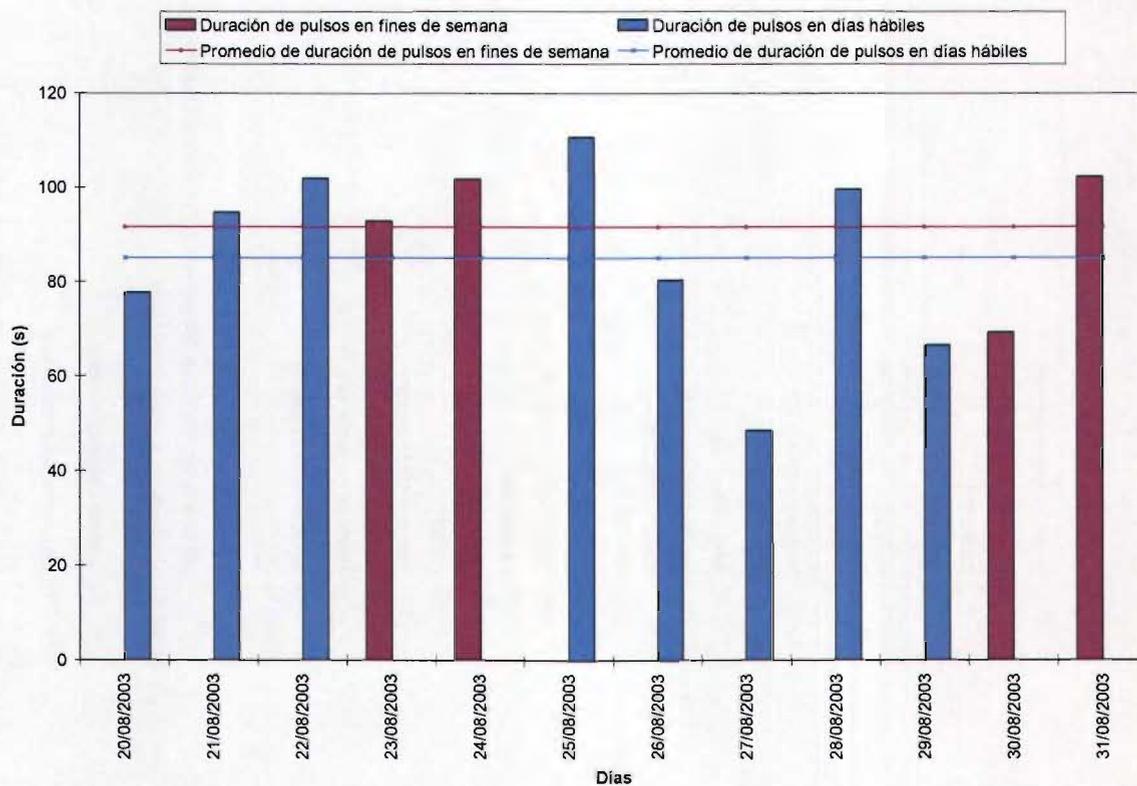


Ilustración II-9. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Agosto.

Tabla II-10. Duración promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)95.98	(2)13.19	(3)38.20	(4)95.50	(5)0.00	(6)88.72
(7)100.38	(8)58.40	(9)13.19	(10)38.20	(11)95.50	(12)124.88	(13)29.00
(14)57.70	(15)121.88	(16)44.99	(17)93.56	(18)24.86	(19)86.23	(20)69.30
(21)102.22	(22)95.98	(23)13.19	(24)109.52	(25)255.59	(26)131.50	(27)88.72
(28)100.38	(29)110.73	(30)4.72				

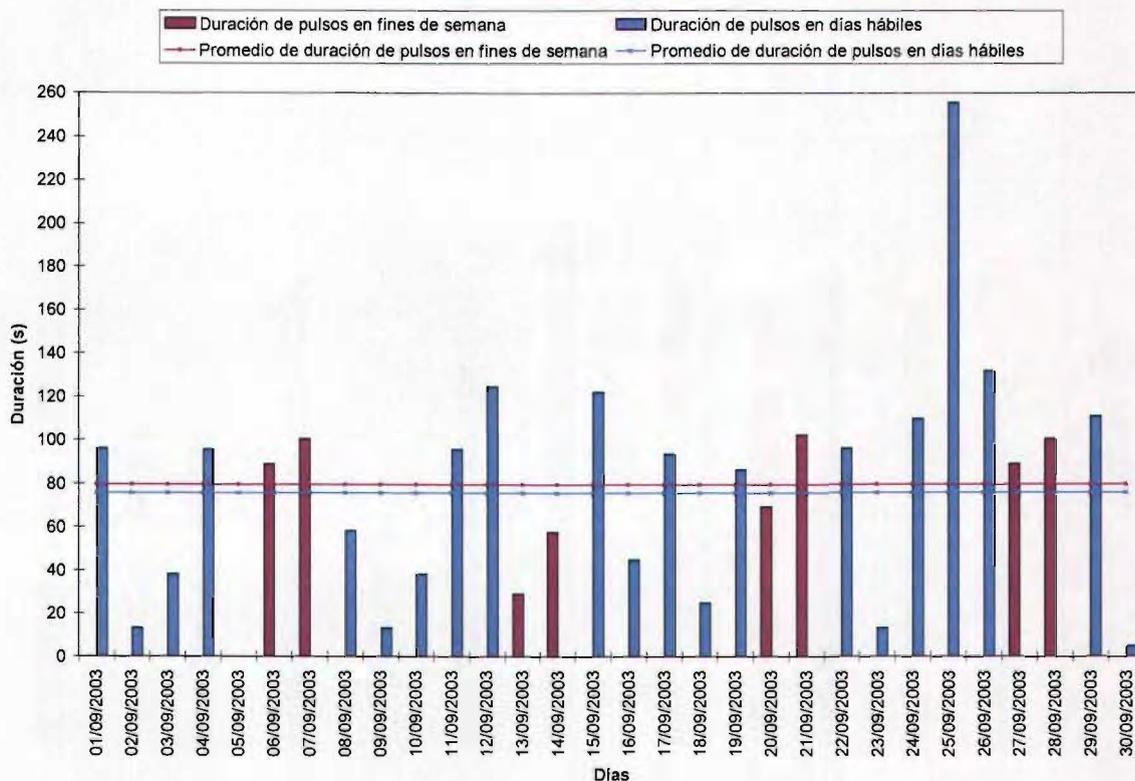


Ilustración II-10. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

Tabla II-11. Duración promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)148.16	(2)355.79	(3)87.97	(4)256.13
(5)215.49	(6)73.21	(7)72.53	(8)65.93	(9)185.13	(10)86.55	(11)88.72
(12)100.38	(13)58.60	(14)98.88	(15)51.03	(16)118.63	(17)50.55	(18)103.41
(19)113.23	(20)75.73	(21)80.00	(22)115.38	(23)80.66	(24)67.06	(25)101.18
(26)106.01	(27)91.67	(28)0.00	(29)0.00	(30)0.00	(31)86.55	

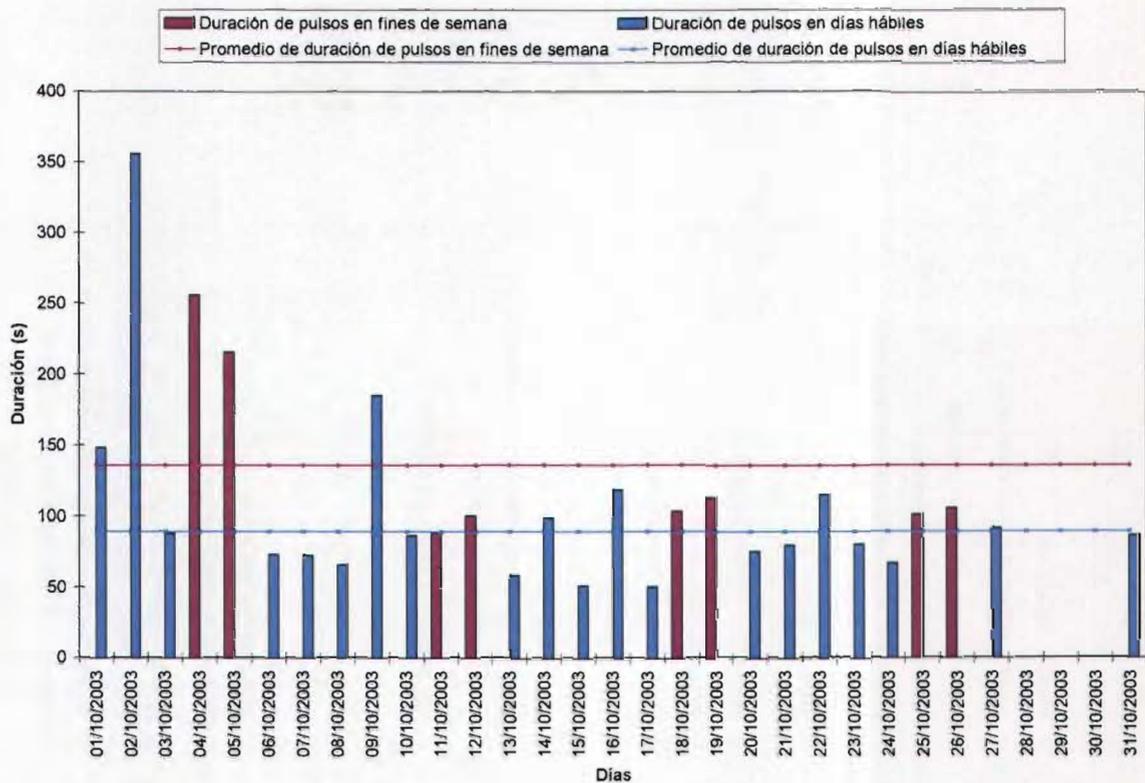


Ilustración II-11. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Octubre.

Tabla II-12. Duración promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)62.82
(2)107.56	(3)110.73	(4)103.33	(5)141.16	(6)135.23	(7)46.10	(8)88.72
(9)100.38	(10)78.13	(11)124.96	(12)88.96	(13)71.42	(14)62.64	(15)139.49
(16)119.25	(17)110.73	(18)0.00	(19)0.00	(20)0.00	(21)62.64	(22)88.72
(23)100.38	(24)64.60	(25)194.09	(26)163.94	(27)135.87	(28)96.89	(29)

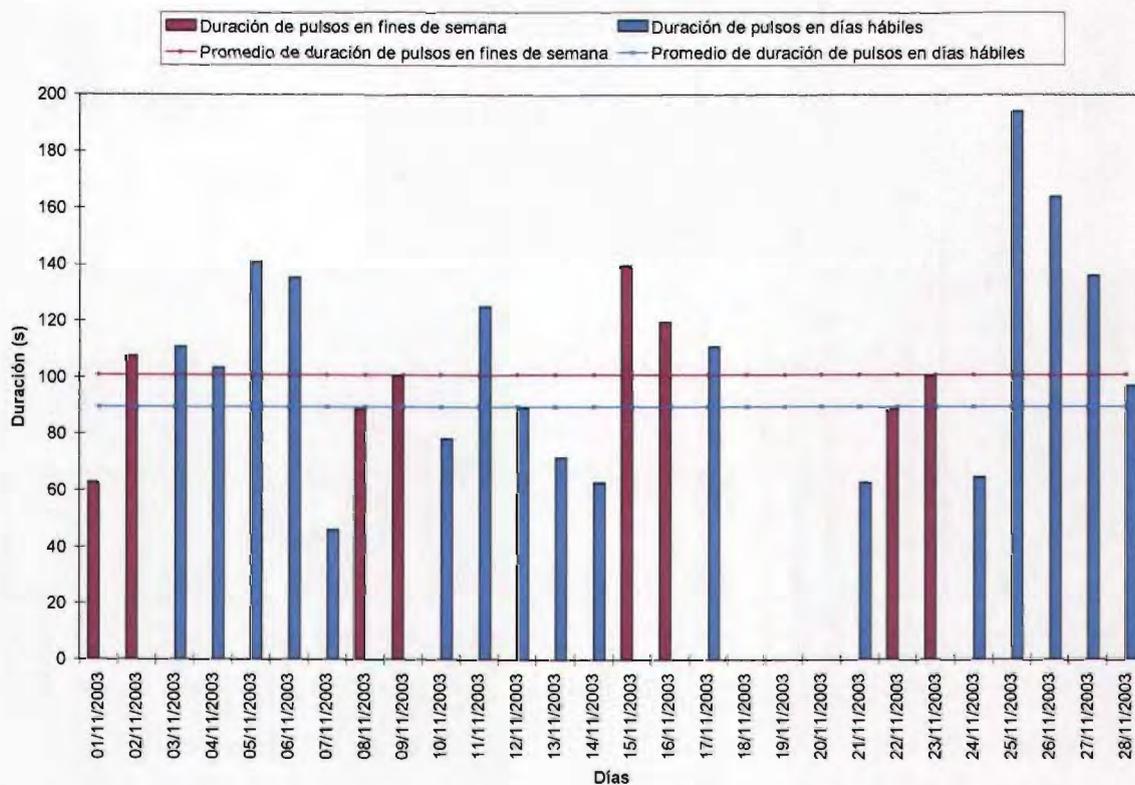


Ilustración II-12. Variación de la duración de pulsos en la vivienda de "Internacional" en Noviembre

ANEXO III
FRECUENCIA PROMEDIO DIARIA DE LOS PULSOS (MIN⁻¹)

Tabla III-1. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Nevado de Toluca” durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)0.0742	(20)0.0569	(21)0.1867	(22)0.0868	(23)0.1181
(24)0.0243	(25)0.0236	(26)0.0771	(27)0.1202	(28)0.1138	(29)0.0459	(30)0.0673
(31)0.0472						

Tabla III-2. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Nevado de Toluca” durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)0.0375	(2)0.0430	(3)0.0334	(4)0.0209	(5)0.0188	(6)0.0680
(7)0.0742	(8)0.0597	(9)0.0256	(10)0.0000	(11)0.0055	(12)0.0438	(13)0.1132
(14)0.0653	(15)0.0493	(16)0.0396	(17)0.0562	(18)0.0216	(19)0.0236	(20)0.0527
(21)0.0070	(22)0.0249	(23)0.0430	(24)0.0167	(25)0.0326	(26)0.0229	(27)0.0680
(28)0.0472	(29)0.0375	(30)0.0814				

Tabla III-3. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Nevado de Toluca” durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)0.0440	(2)0.0195	(3)0.0418	(4)0.0502
(5)0.0237	(6)0.1367	(7)0.0403	(8)0.0608	(9)0.0417	(10)0.0189	(11)0.0682
(12)0.0473	(13)0.0411	(14)0.0383	(15)0.0397	(16)0.0658	(17)0.0420	(18)0.0459
(19)0.0425	(20)0.0557	(21)0.0362	(22)0.0466	(23)0.0362	(24)0.0355	(25)0.0392
(26)0.0362	(27)0.0355	(28)0.0446	(29)0.0481	(30)0.1189	(31)0.0866	

Tabla III-4. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Nevado de Toluca” durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)0.0188
(2)0.0285	(3)0.0381	(4)0.0737	(5)0.1077	(6)0.0869	(7)0.0410	(8)0.0605
(9)0.2542	(10)0.0375	(11)0.0430	(12)0.0334	(13)0.0549	(14)0.0763	(15)0.0680
(16)0.0472	(17)0.0236	(18)0.0430	(19)0.0334	(20)0.0208	(21)0.0188	(22)0.0680
(23)0.0472	(24)0.0146	(25)0.0154	(26)0.208	(27)0.0208	(28)0.0188	(29)

Tabla III-5. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “La Virtud y Mz” durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)0.0112	(20)0.0646	(21)0.0570	(22)0.0465	(23)0.0319
(24)0.0479	(25)0.0528	(26)0.0409	(27)0.3950	(28)0.0799	(29)0.0437	(30)0.0243
(31)0.0438						

Tabla III-6. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “La Virtud y Mz” durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)0.0493	(2)0.0181	(3)0.0848	(4)0.1222	(5)0.0083	(6)0.0243
(7)0.0438	(8)0.0437	(9)0.0660	(10)0.0452	(11)0.0813	(12)0.0319	(13)0.0563
(14)0.0770	(15)0.0452	(16)0.0361	(17)0.0286	(18)0.0361	(19)0.0321	(20)0.0472
(21)0.0424	(22)0.0626	(23)0.0181	(24)0.0784	(25)0.0909	(26)0.0299	(27)0.0243
(28)0.0438	(29)0.0493	(30)0.0257				

Tabla III-7. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “La Virtud y Mz” durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)0.0368	(2)0.0451	(3)0.0500	(4)0.0542
(5)0.0486	(6)0.0772	(7)0.0772	(8)0.0597	(9)0.0000	(10)0.0083	(11)0.0243
(12)0.0438	(13)0.0388	(14)0.0320	(15)0.0235	(16)0.0284	(17)0.0195	(18)0.0889
(19)0.1991	(20)0.0285	(21)0.0997	(22)0.1338	(23)0.0819	(24)0.0542	(25)0.0422
(26)0.2643	(27)0.0263	(28)0.0344	(29)0.0848	(30)0.0480	(31)0.0076	

Tabla III-8. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “La Virtud y Mz” durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)0.0729
(2)0.0778	(3)0.0563	(4)0.0473	(5)0.0848	(6)0.1222	(7)0.0104	(8)0.0243
(9)0.0042	(10)0.0681	(11)0.0956	(12)0.1780	(13)0.0180	(14)0.0132	(15)0.0243
(16)0.0438	(17)0.0493	(18)0.0181	(19)0.0848	(20)0.1222	(21)0.0083	(22)0.0243
(23)0.0438	(24)0.0181	(25)0.0181	(26)0.0174	(27)0.0098	(28)0.0083	(29)

Tabla III-9. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Internacional” durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)0.0180	(21)0.0875	(22)0.0326	(23)0.0305
(24)0.0583	(25)0.0340	(26)0.0423	(27)0.0568	(28)0.0548	(29)0.0507	(30)0.0631
(31)0.0187						

Tabla III-10. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Internacional” durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)0.0409	(2)0.1110	(3)0.0950	(4)0.0097	(5)0.0000	(6)0.0805
(7)0.0659	(8)0.0396	(9)0.1110	(10)0.0950	(11)0.0097	(12)0.0278	(13)0.3637
(14)0.0784	(15)0.0361	(16)0.1347	(17)0.0507	(18)0.1528	(19)0.0430	(20)0.0631
(21)0.0187	(22)0.0409	(23)0.1110	(24)0.0229	(25)0.0410	(26)0.0152	(27)0.0805
(28)0.0659	(29)0.0340	(30)0.3559				

Tabla III-11. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Internacional” durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)0.0222	(2)0.0097	(3)0.0424	(4)0.0430
(5)0.0535	(6)0.0229	(7)0.0541	(8)0.0187	(9)0.0055	(10)0.0431	(11)0.0805
(12)0.0659	(13)0.0430	(14)0.0174	(15)0.0215	(16)0.0319	(17)0.0368	(18)0.0771
(19)0.0729	(20)0.0277	(21)0.0229	(22)0.0333	(23)0.0326	(24)0.0438	(25)0.0770
(26)0.0653	(27)0.0124	(28)0.0000	(29)0.0000	(30)0.0000	(31)0.0431	

Tabla III-12. Frecuencia promedio diaria en la vivienda “Internacional” durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)0.0463
(2)0.0458	(3)0.0340	(4)0.0083	(5)0.0264	(6)0.0271	(7)0.0409	(8)0.0805
(9)0.0659	(10)0.0416	(11)0.0354	(12)0.0465	(13)0.0624	(14)0.0368	(15)0.0542
(16)0.0722	(17)0.0340	(18)0.0000	(19)0.0000	(20)0.0000	(21)0.0368	(22)0.0805
(23)0.0659	(24)0.0333	(25)0.0243	(26)0.0215	(27)0.0375	(28)0.0132	(29)

No hay que confundir nunca el conocimiento con la sabiduría. El primero nos sirve para ganarnos la vida; la sabiduría nos ayuda a vivir.

Sorcha Carey

ANEXO IV
MICROFUGA PROMEDIO DIARIA DE LOS PULSOS (L/DÍA)

Tabla IV-1. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)6.19	(20)7.23	(21)15.32	(22)10.19	(23)12.30
(24)2.53	(25)11.56	(26)9.13	(27)12.16	(28)32.73	(29)4.66	(30)7.76
(31)5.94						

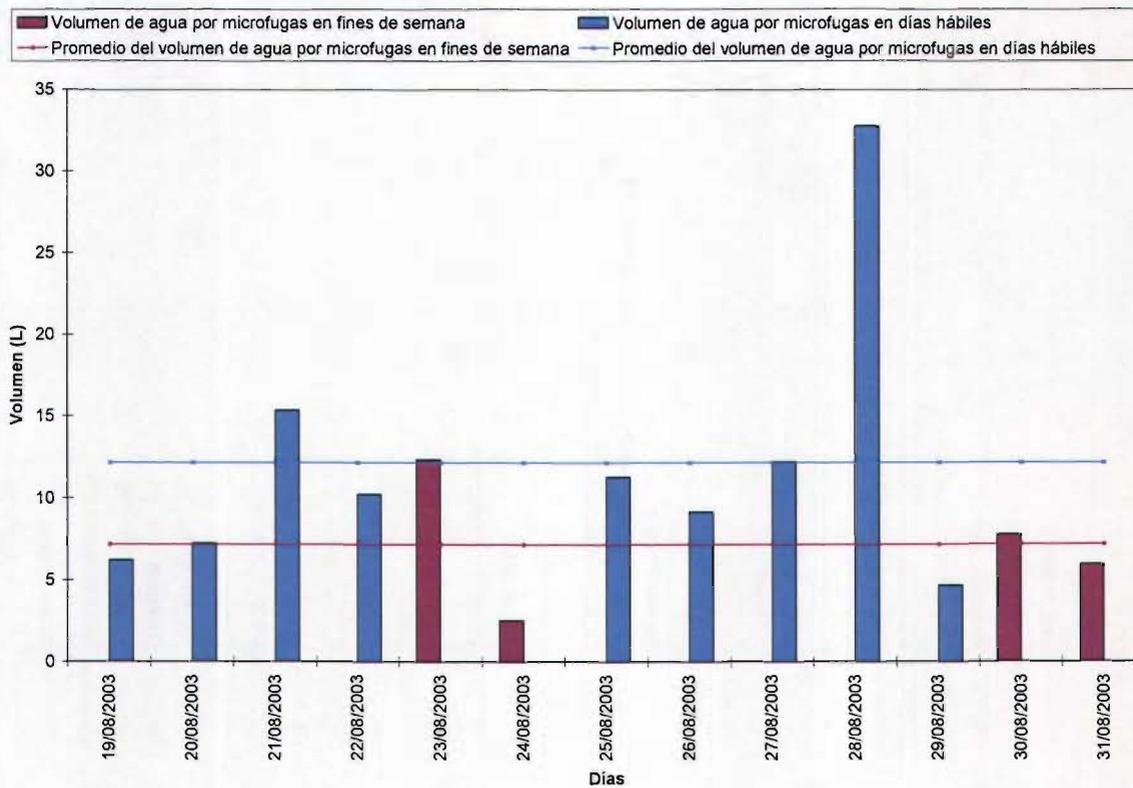


Ilustración IV-1. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Agosto.

Tabla IV-2. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)5.35	(2)6.17	(3)6.09	(4)10.81	(5)4.31	(6)7.76
(7)5.94	(8)7.86	(9)4.17	(10)0.16	(11)2.37	(12)6.19	(13)20.94
(14)14.87	(15)3.74	(16)4.96	(17)8.99	(18)3.62	(19)3.11	(20)3.27
(21)0.45	(22)3.68	(23)6.17	(24)4.39	(25)7.05	(26)3.72	(27)7.78
(28)5.94	(29)5.35	(30)11.03				

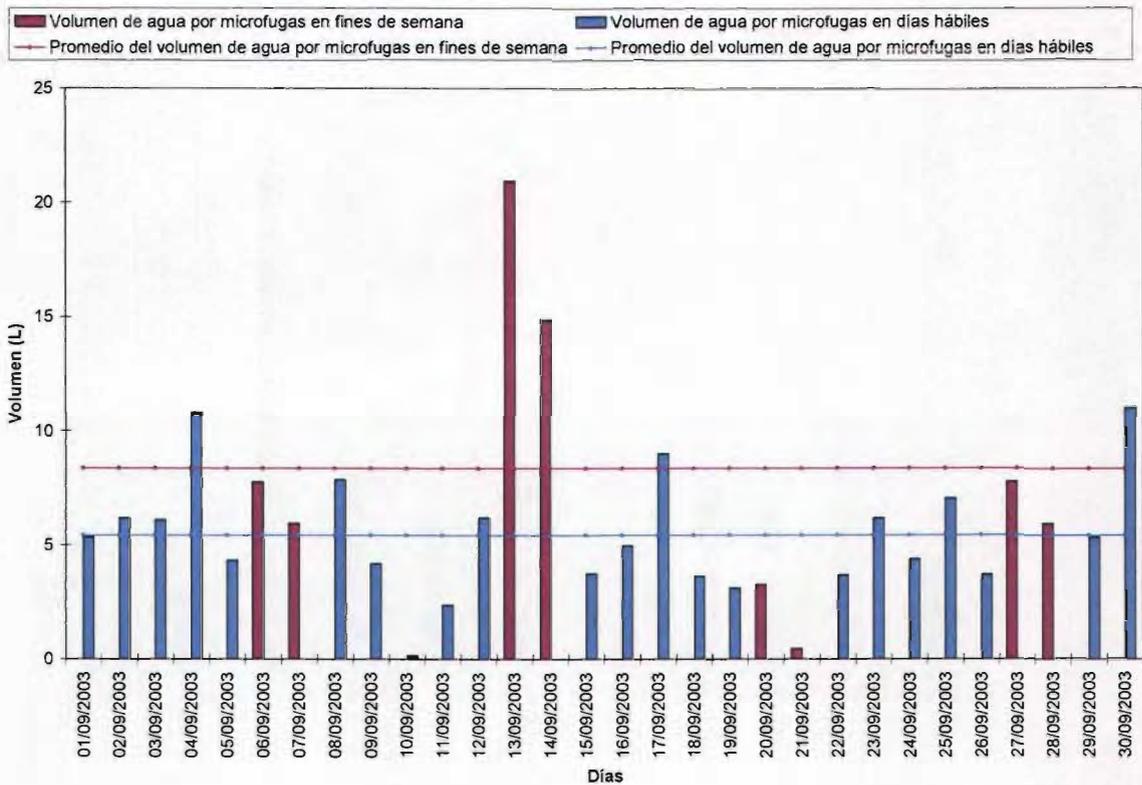


Ilustración IV-2. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Septiembre.

Tabla IV-3. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)6.41	(2)8.91	(3)6.72	(4)21.16
(5)9.56	(6)14.46	(7)4.78	(8)5.84	(9)5.05	(10)4.31	(11)7.76
(12)5.94	(13)6.66	(14)6.11	(15)6.39	(16)31.28	(17)5.78	(18)5.11
(19)8.36	(20)7.01	(21)6.19	(22)5.50	(23)7.21	(24)10.99	(25)4.02
(26)4.21	(27)3.94	(28)4.62	(29)5.62	(30)7.93	(31)7.40	

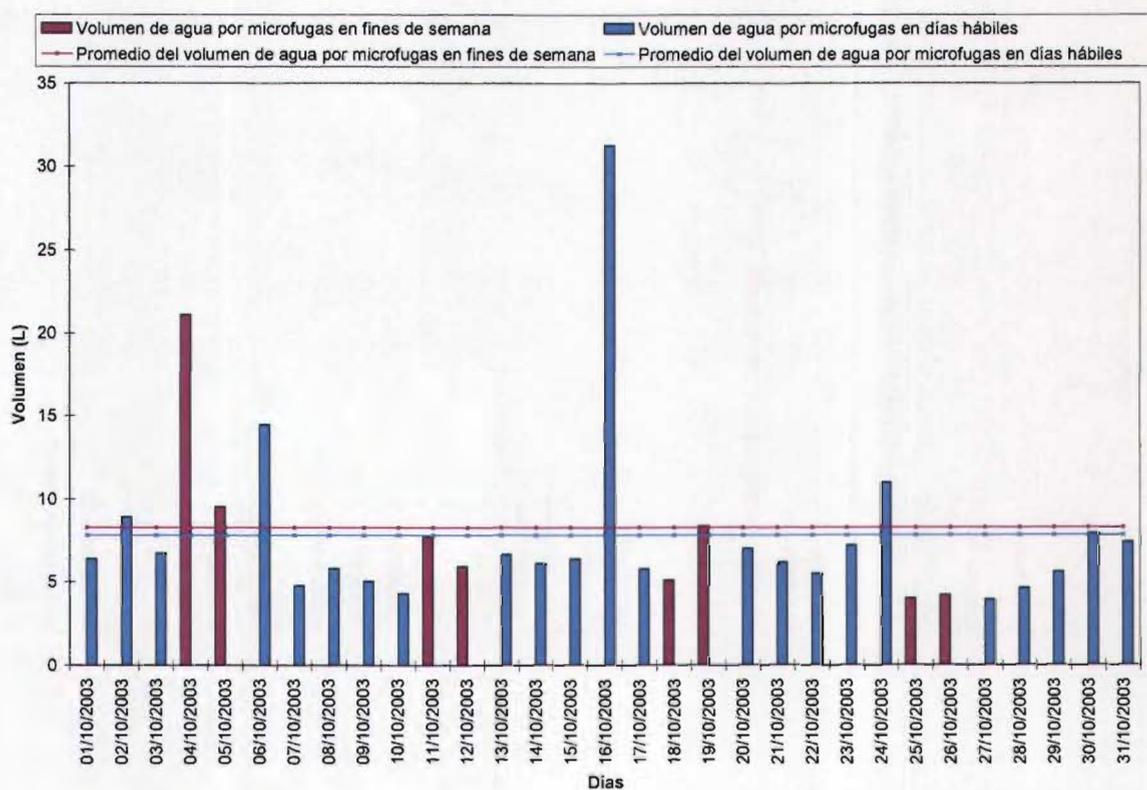


Ilustración IV-3. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Octubre.

Tabla IV-4. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)2.70
(2)6.37	(3)4.45	(4)6.44	(5)32.93	(6)5.74	(7)5.27	(8)5.29
(9)22.90	(10)5.43	(11)6.17	(12)6.09	(13)5.31	(14)10.34	(15)7.76
(16)5.94	(17)3.39	(18)6.17	(19)6.09	(20)10.81	(21)4.31	(22)7.76
(23)5.94	(24)3.41	(25)6.68	(26)8.46	(27)10.81	(28)4.31	(29)

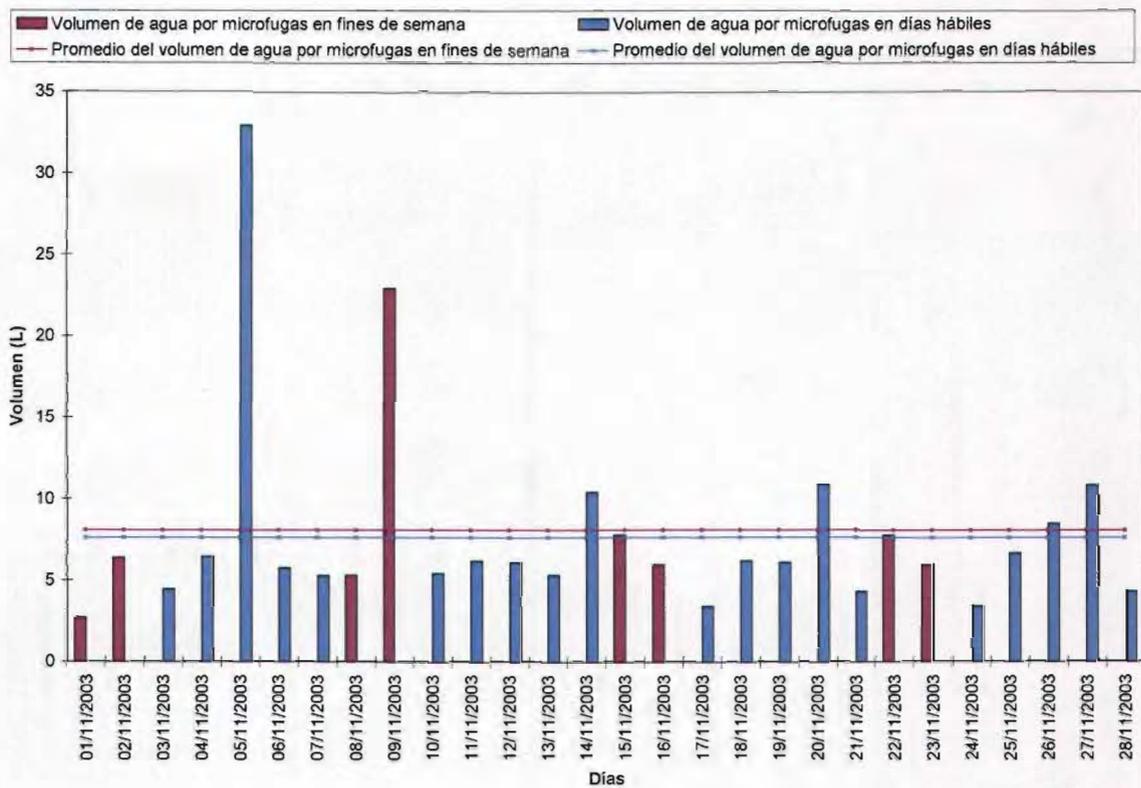


Ilustración IV-4. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Noviembre.

Tabla IV-5. Microfuga promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)3.60	(20)15.97	(21)25.05	(22)24.58	(23)19.35
(24)18.02	(25)20.35	(26)17.18	(27)62.65	(28)22.76	(29)18.17	(30)34.79
(31)32.62						

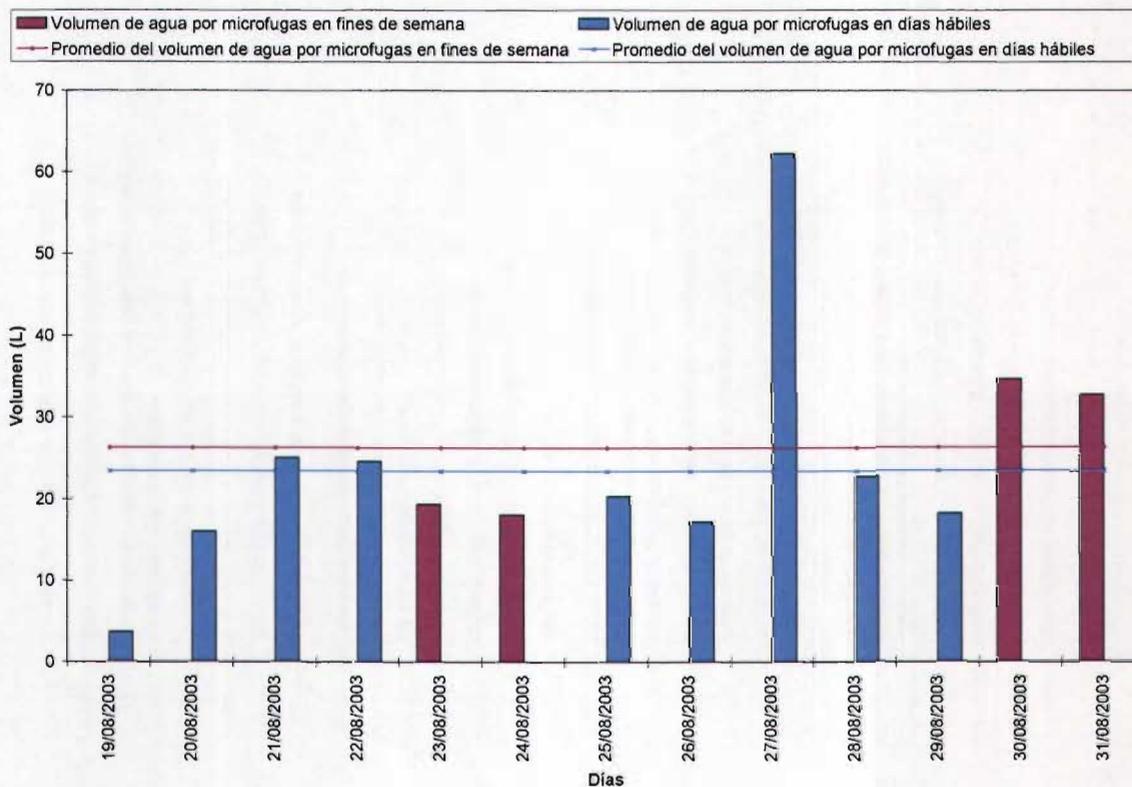


Ilustración IV-5. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "La virtud y Mz" en Agosto.

Tabla IV-6. Microfuga promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)29.86	(2)30.95	(3)28.52	(4)32.48	(5)19.96	(6)34.79
(7)32.62	(8)28.86	(9)29.48	(10)28.32	(11)31.15	(12)30.66	(13)27.56
(14)29.52	(15)27.41	(16)27.12	(17)26.56	(18)25.98	(19)22.58	(20)24.54
(21)25.99	(22)31.48	(23)30.95	(24)32.43	(25)25.21	(26)16.17	(27)34.79
(28)32.62	(29)29.86	(30)25.12				

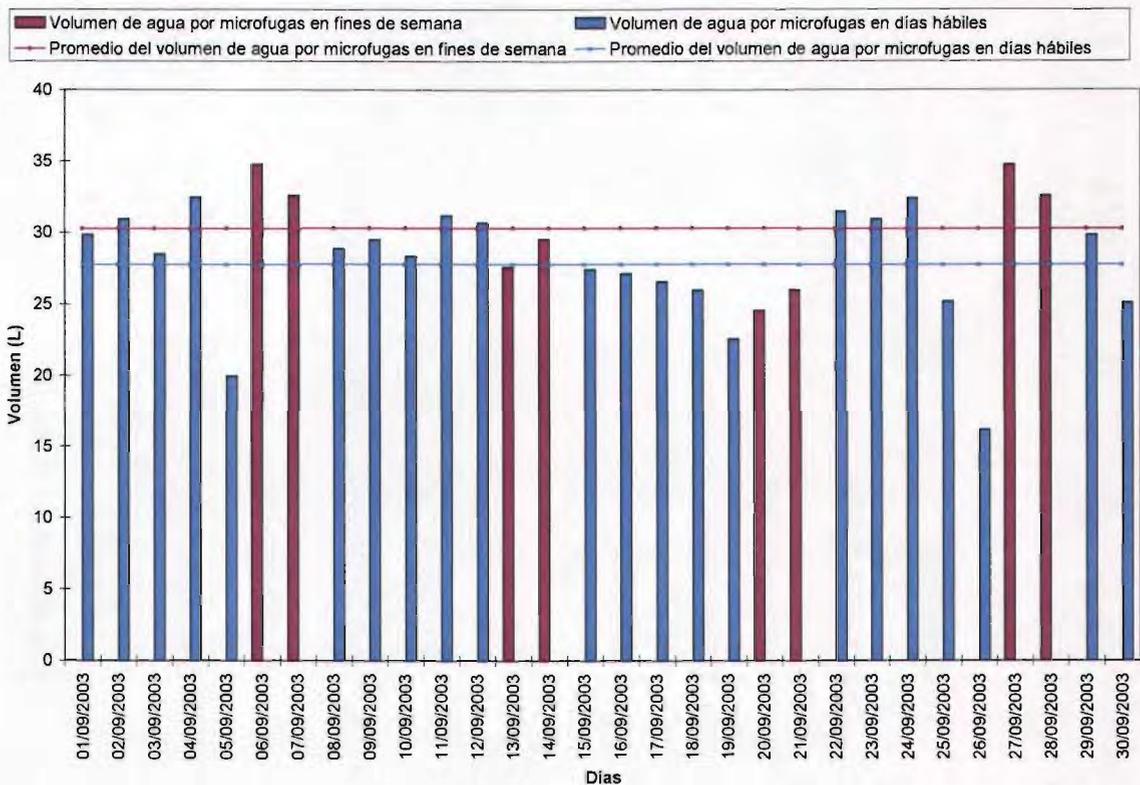


Ilustración IV-6. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "La virtud y Mz" en Septiembre.

Tabla IV-7. Microfuga promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)25.34	(2)29.63	(3)30.06	(4)29.12
(5)24.41	(6)29.55	(7)20.24	(8)0.00	(9)19.15	(10)19.96	(11)34.79
(12)32.62	(13)36.24	(14)33.22	(15)8.07	(16)30.81	(17)28.92	(18)30.99
(19)39.75	(20)28.03	(21)31.66	(22)39.31	(23)32.72	(24)31.10	(25)45.47
(26)47.19	(27)33.71	(28)34.31	(29)35.95	(30)32.90	(31)19.96	

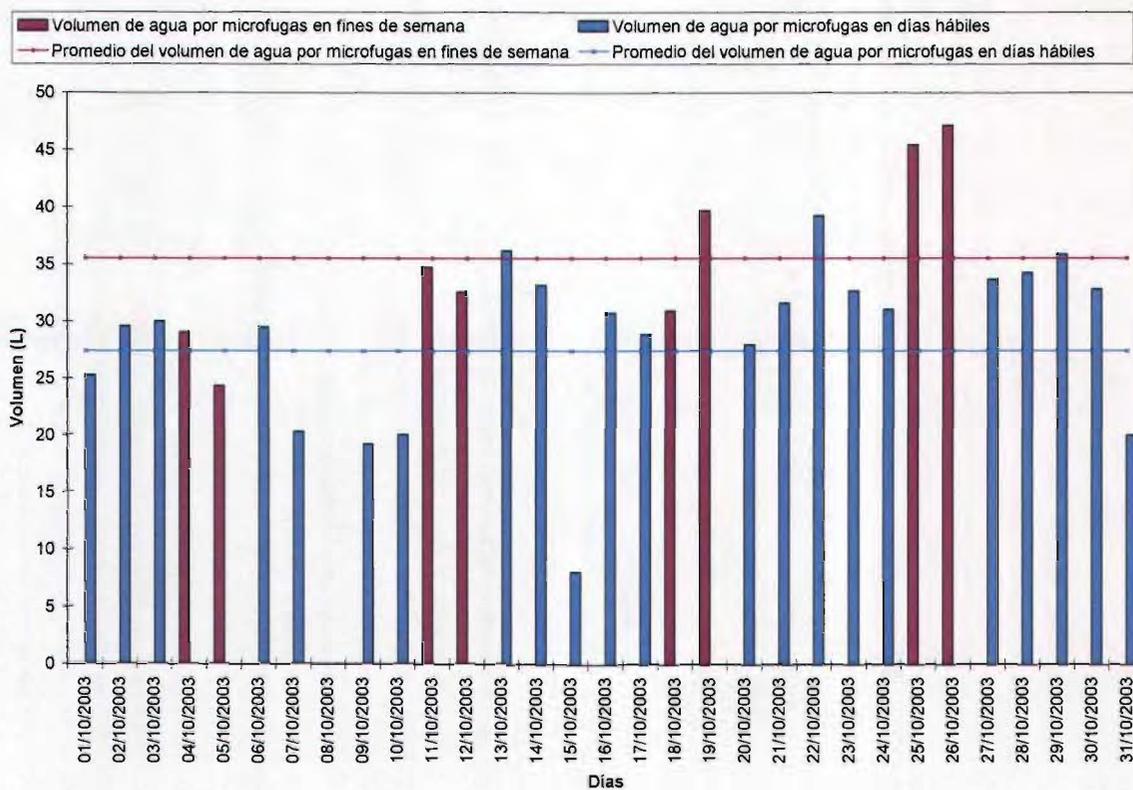


Ilustración IV-7. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "La virtud y Mz" en Octubre.

Tabla IV-8. Microfuga promedio diaria en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)28.97
(2)28.39	(3)29.65	(4)27.88	(5)28.52	(6)32.48	(7)21.04	(8)34.79
(9)5.05	(10)32.08	(11)19.73	(12)30.01	(13)26.21	(14)23.05	(15)34.79
(16)32.62	(17)29.86	(18)30.95	(19)28.52	(20)32.48	(21)19.96	(22)35.44
(23)32.62	(24)27.85	(25)30.95	(26)40.00	(27)39.91	(28)19.96	(29)

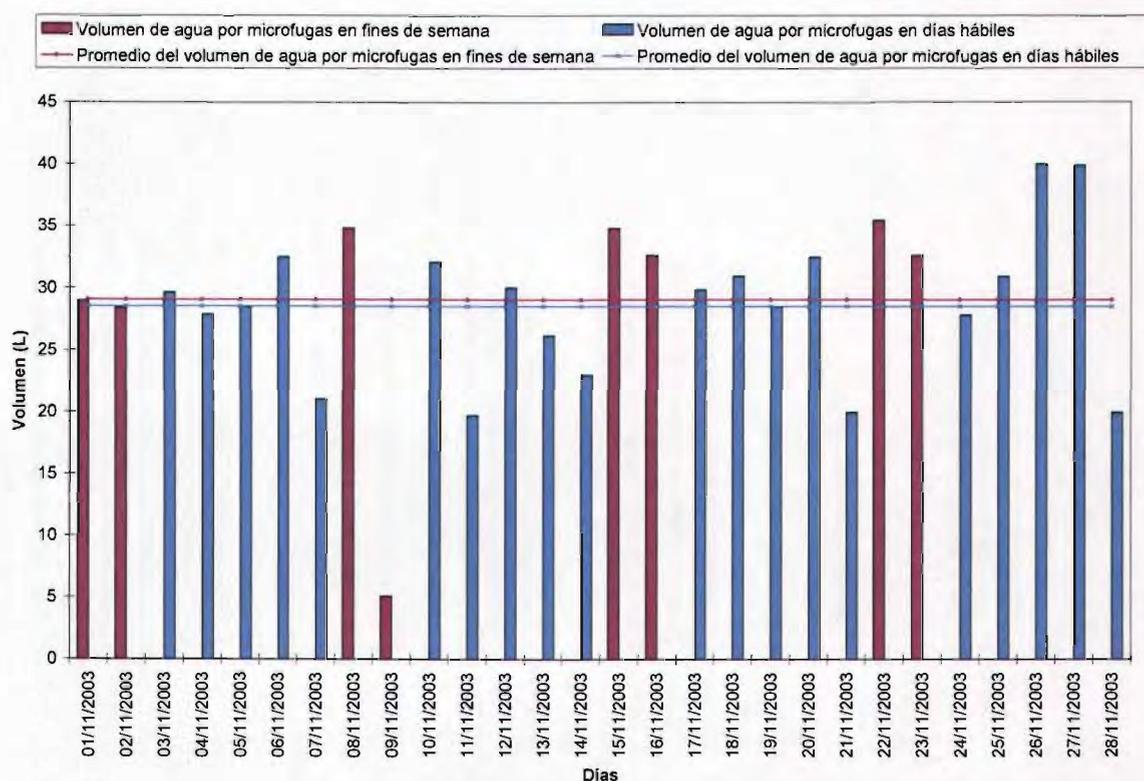


Ilustración IV-8. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "La virtud y Mz" en Noviembre.

Tabla IV-9. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)4.19	(21)20.51	(22)9.36	(23)6.58
(24)7.20	(25)8.68	(26)6.54	(27)11.41	(28)12.33	(29)9.08	(30)7.33
(31)2.11						

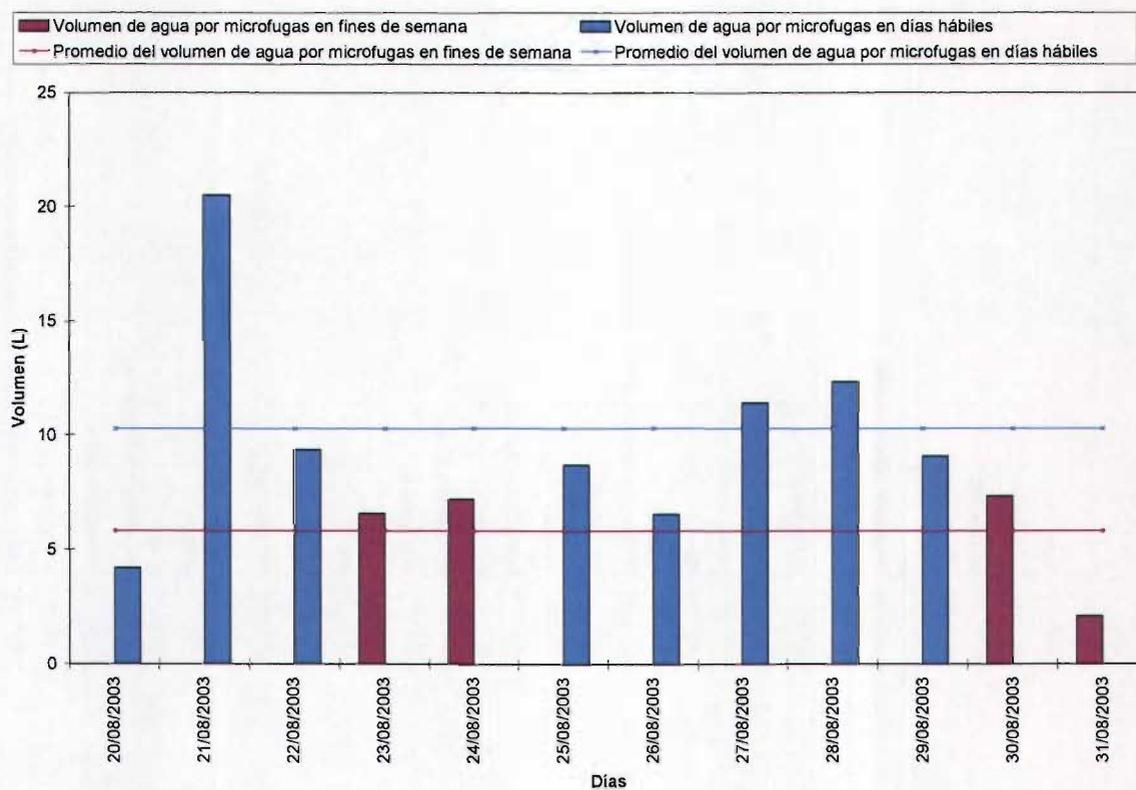


Ilustración IV-9. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Internacional" en Agosto.

Tabla IV-10. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)7.74	(2)8.35	(3)8.87	(4)1.80	(5)1.22	(6)16.99
(7)11.30	(8)11.60	(9)8.35	(10)8.87	(11)1.80	(12)5.36	(13)34.87
(14)7.33	(15)5.64	(16)15.06	(17)9.57	(18)11.75	(19)8.80	(20)7.33
(21)2.11	(22)7.74	(23)8.35	(24)2.46	(25)3.76	(26)3.87	(27)16.99
(28)11.56	(29)8.68	(30)40.11				

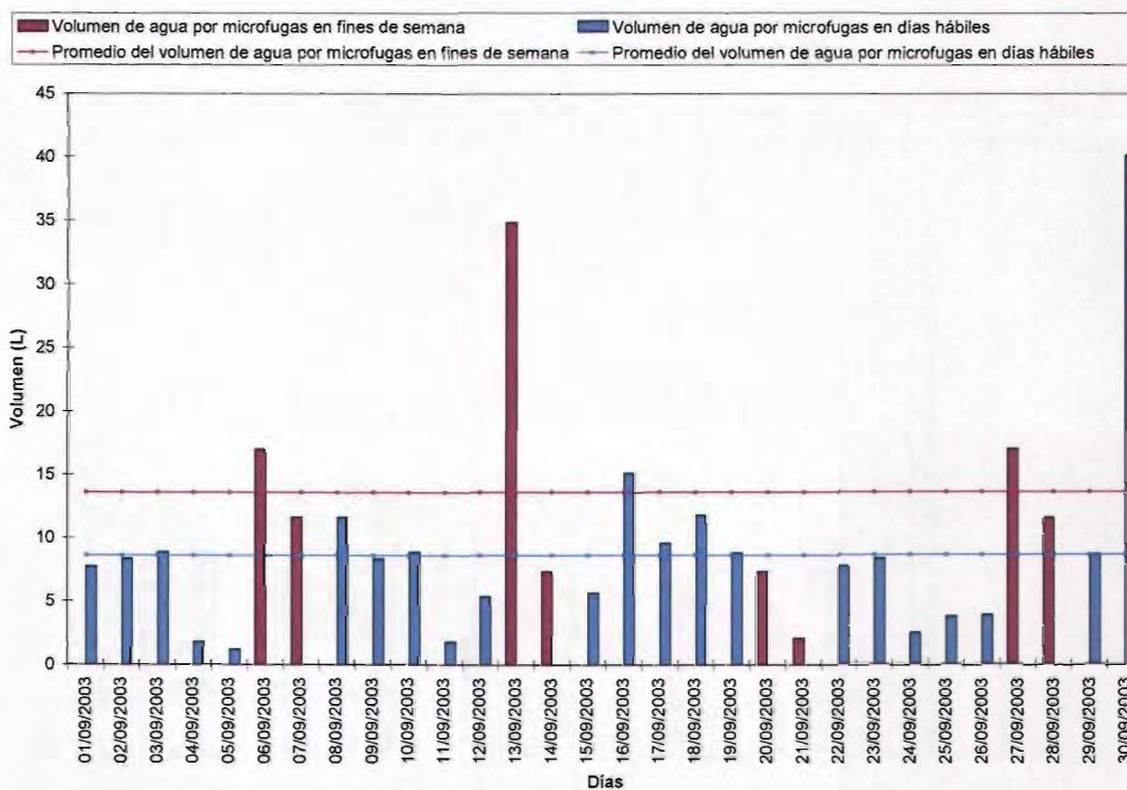


Ilustración IV-10. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

Tabla IV-11. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)2.50	(2)2.09	(3)7.95	(4)4.85
(5)6.67	(6)5.68	(7)5.36	(8)3.21	(9)1.69	(10)7.95	(11)16.99
(12)11.60	(13)10.02	(14)2.80	(15)4.51	(16)8.83	(17)5.15	(18)22.63
(19)11.26	(20)4.02	(21)3.14	(22)3.70	(23)3.95	(24)8.12	(25)11.92
(26)9.12	(27)2.95	(28)1.32	(29)1.43	(30)1.33	(31)7.95	

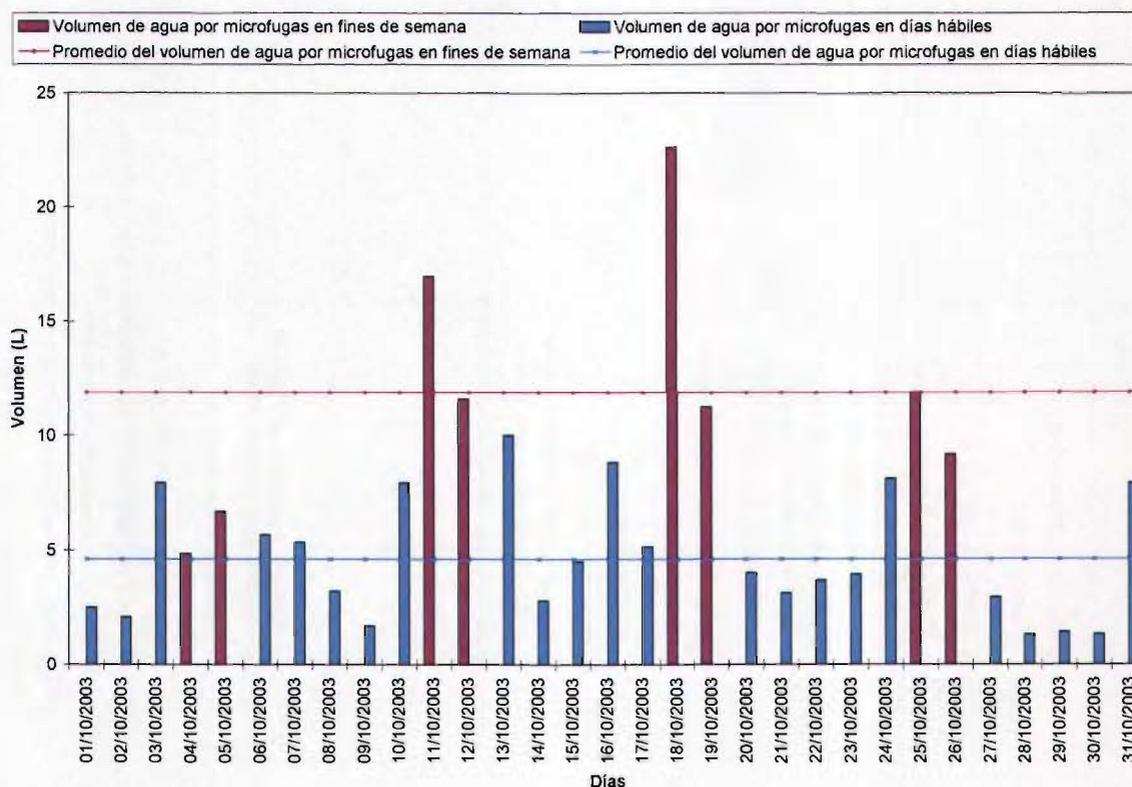


Ilustración IV-11. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Internacional" en Octubre.

Tabla IV-12. Microfuga promedio diaria en la vivienda "Internacional" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)13.27
(2)7.95	(3)8.68	(4)6.82	(5)4.44	(6)14.51	(7)19.53	(8)16.99
(9)11.60	(10)17.67	(11)15.00	(12)7.59	(13)14.72	(14)19.08	(15)17.05
(16)21.28	(17)8.68	(18)1.32	(19)1.43	(20)1.33	(21)19.08	(22)16.99
(23)11.60	(24)17.78	(25)31.17	(26)20.36	(27)26.07	(28)20.00	(29)

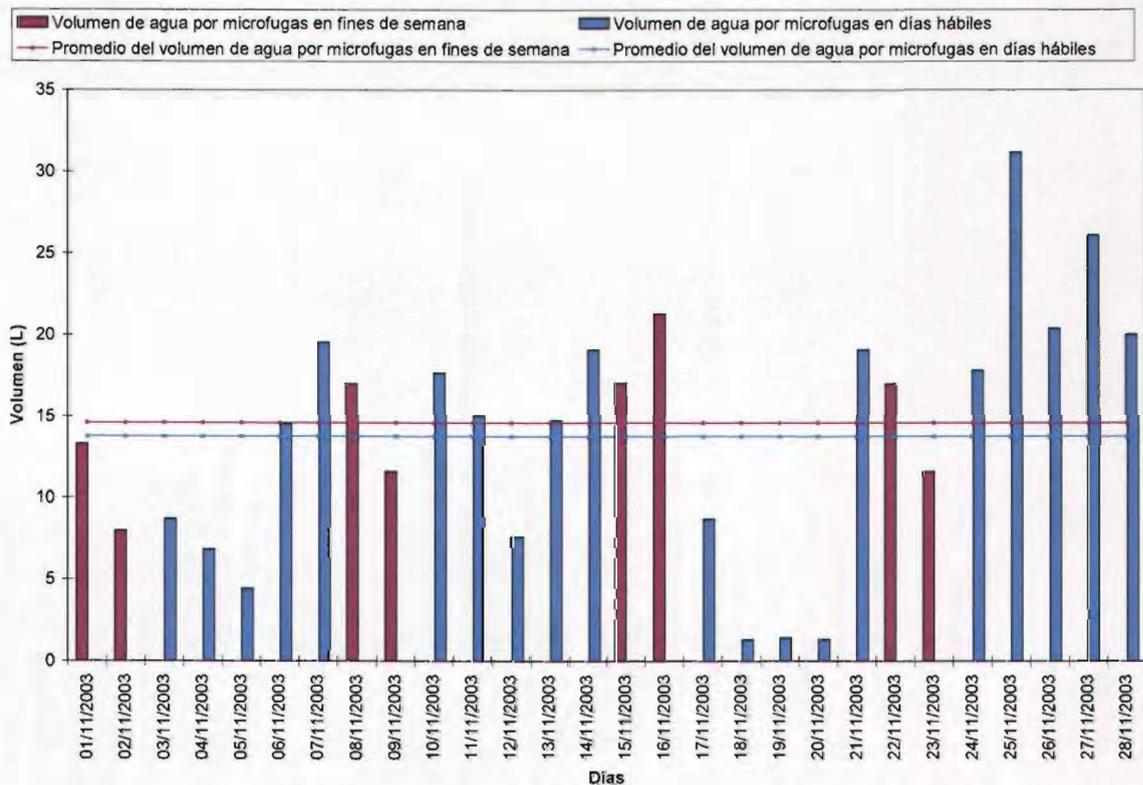


Ilustración IV-12. Variación del volumen de agua por microfugas en la vivienda de "Internacional" en Noviembre

La oscuridad nos envuelve a todos, pero mientras el sabio tropieza en alguna pared, el ignorante permanece tranquilo en el centro de la estancia.

Anatole France

**ANEXO V.
REGISTROS PROMEDIO DIARIOS DE LA INTENSIDAD DE
CONSUMO (L/MIN).**

Tabla V.1. Valores promedio diarios en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)3.06	(20)7.39	(21)4.21	(22)6.44	(23)5.54
(24)8.30	(25)7.98	(26)7.30	(27)4.86	(28)6.83	(29)6.93	(30)7.88
(31)8.44						

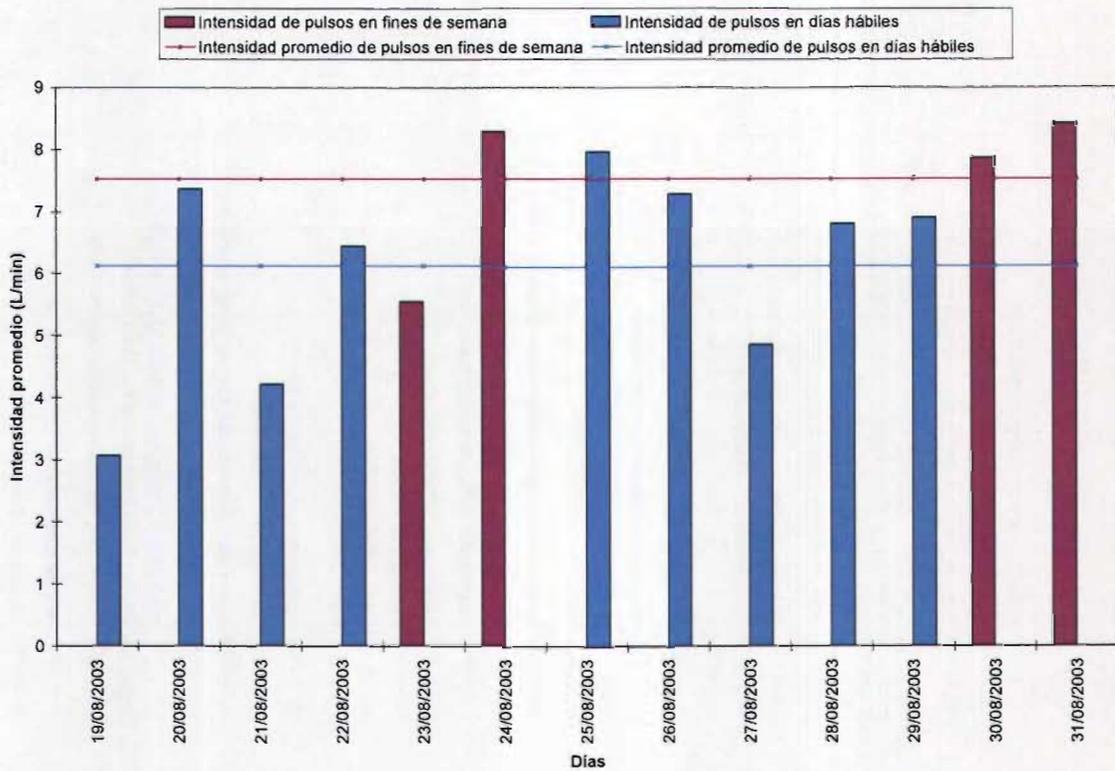


Ilustración V-1. Variación de la intensidad en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Agosto.

Tabla V.2. Valores promedio diarios en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)7.03	(2)5.10	(3)8.84	(4)10.16	(5)10.34	(6)7.88
(7)8.44	(8)7.60	(9)5.59	(10)0.00	(11)8.20	(12)6.84	(13)8.20
(14)4.81	(15)9.81	(16)7.49	(17)7.37	(18)5.91	(19)3.66	(20)3.91
(21)3.96	(22)5.57	(23)5.10	(24)9.69	(25)3.66	(26)9.96	(27)7.88
(28)8.44	(29)7.03	(30)5.49				

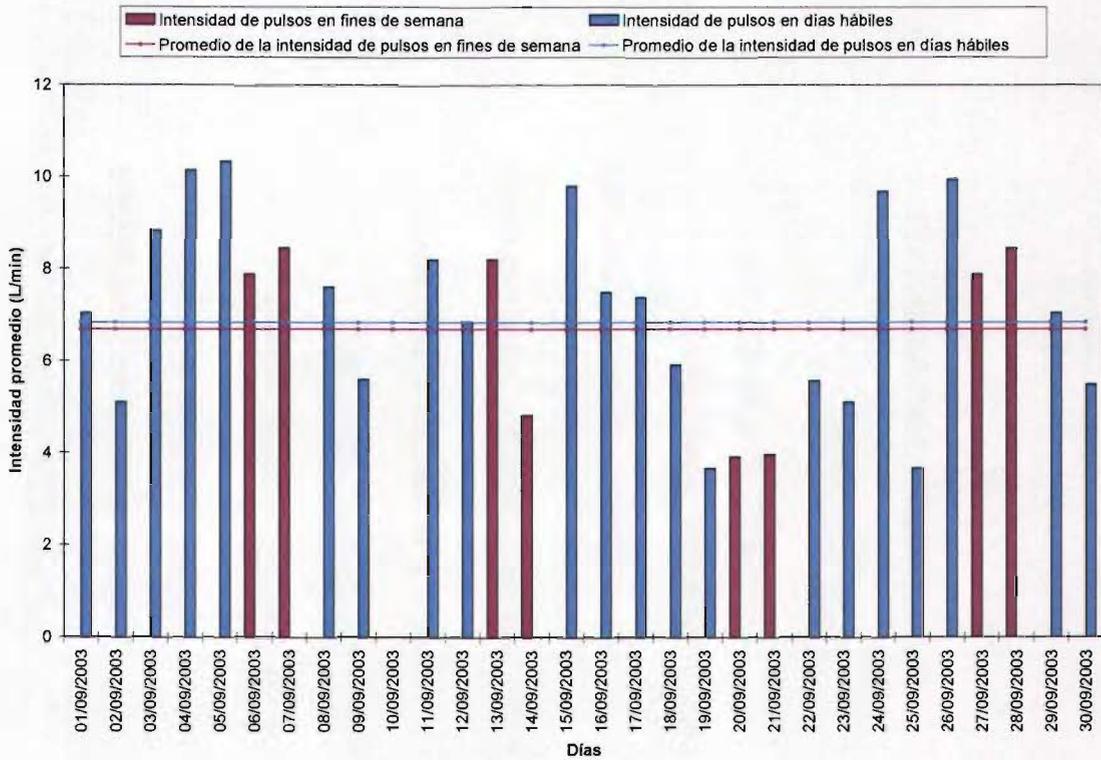


Ilustración V-2. Variación de la intensidad en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Septiembre.

Tabla V.3. Valores promedio diarios en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)7.34	(2)7.87	(3)8.10	(4)5.99
(5)7.94	(6)6.68	(7)8.18	(8)8.21	(9)6.99	(10)10.34	(11)7.88
(12)8.44	(13)7.09	(14)5.92	(15)8.13	(16)6.57	(17)5.54	(18)7.10
(19)6.06	(20)8.28	(21)6.41	(22)7.56	(23)8.34	(24)6.69	(25)7.16
(26)8.63	(27)8.08	(28)5.46	(29)8.63	(30)5.47	(31)6.68	

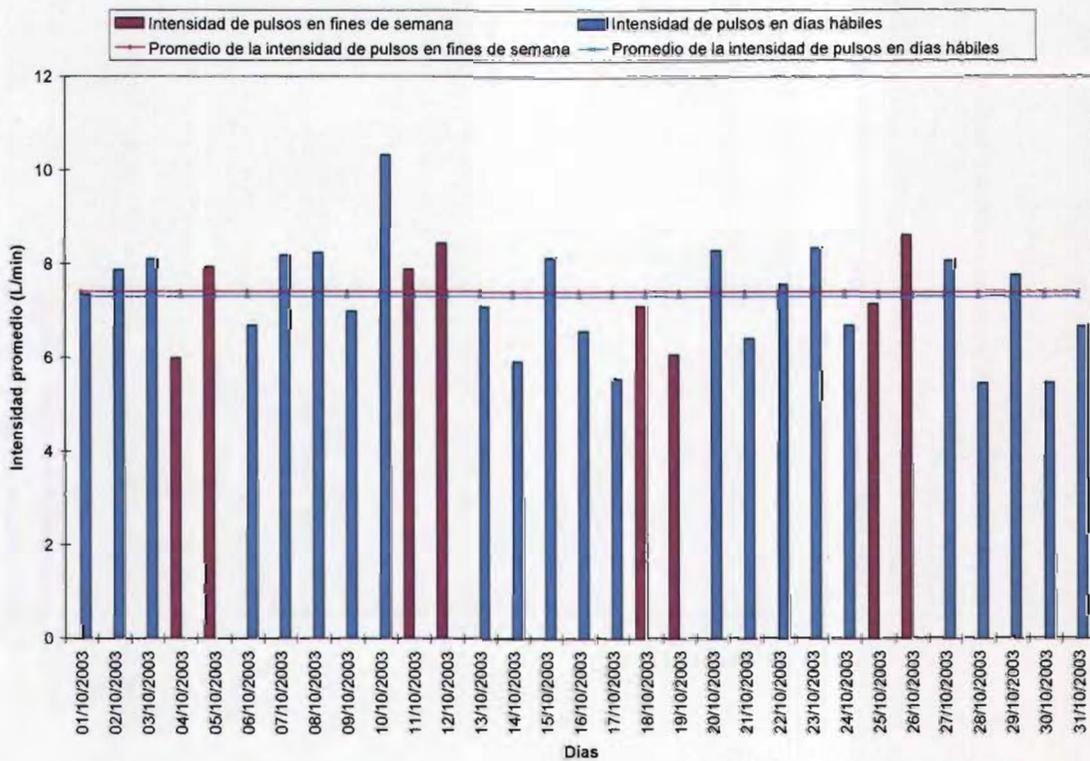


Ilustración V-3. Variación de la intensidad en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Octubre.

Tabla V.4. Valores promedio diarios en la vivienda "Nevado de Toluca" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)8.98
(2)23.55	(3)7.33	(4)4.24	(5)6.00	(6)6.61	(7)6.26	(8)3.14
(9)0.43	(10)7.00	(11)5.10	(12)8.84	(13)7.69	(14)7.52	(15)5.81
(16)5.60	(17)3.81	(18)5.10	(19)8.84	(20)10.12	(21)10.34	(22)5.81
(23)5.60	(24)8.31	(25)5.40	(26)5.16	(27)10.12	(28)10.34	

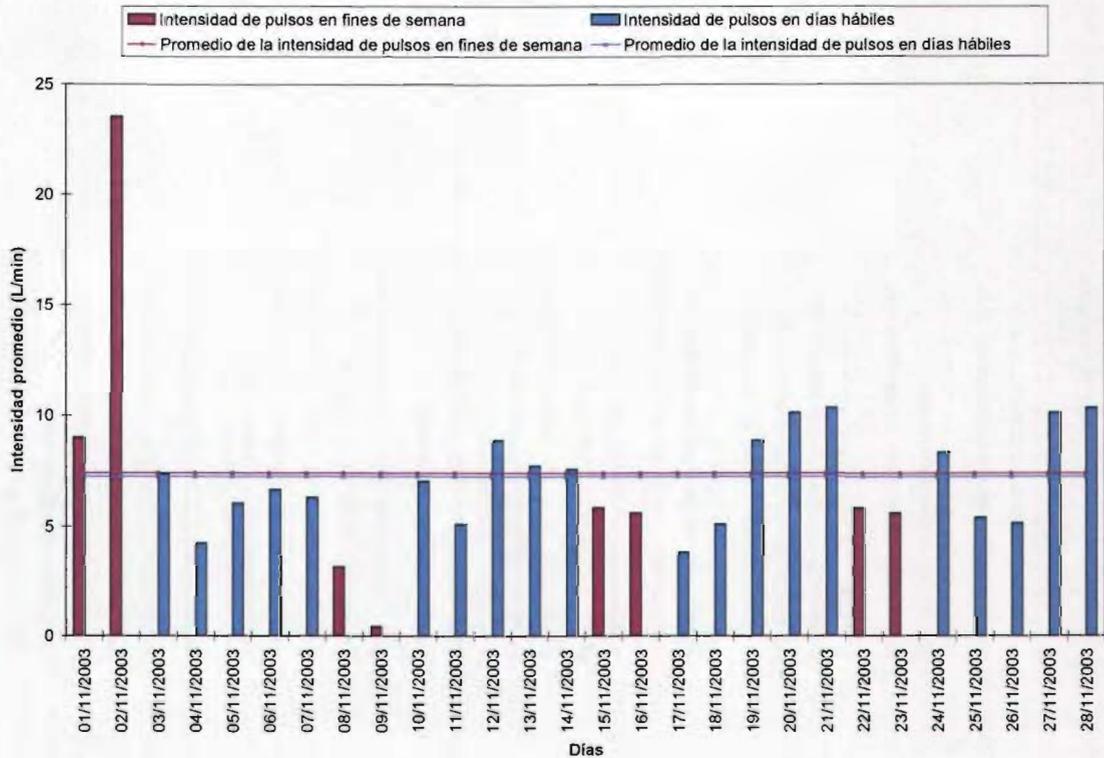


Ilustración V-4. Variación de la intensidad en la vivienda de "Nevado de Toluca" en Noviembre.

Tabla V.5. Valores promedio diarios en la vivienda “La Virtud y Mz” durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)4.51	(20)5.97	(21)5.21	(22)4.64	(23)4.95
(24)4.39	(25)5.16	(26)4.23	(27)3.86	(28)5.26	(29)6.76	(30)8.42
(31)8.39						

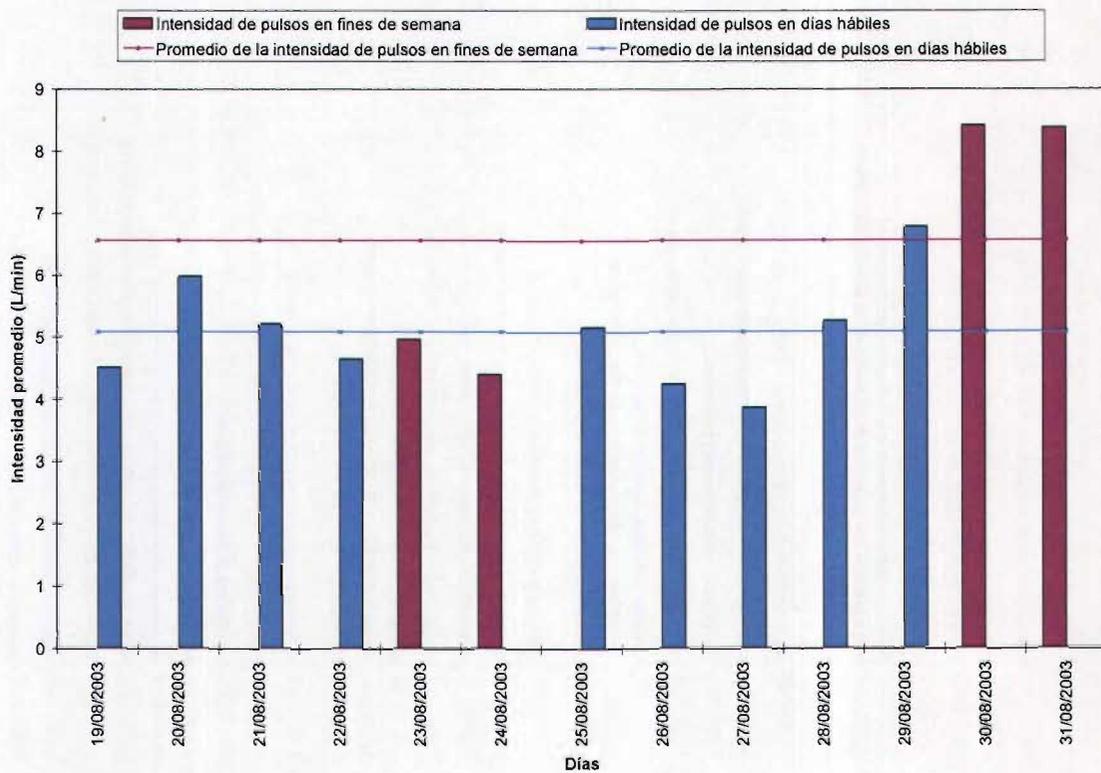


Ilustración V-5. Variación de la intensidad en la vivienda de "La virtud y Mz" en Agosto.

Tabla V.6. Valores promedio diarios en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)6.59	(2)7.81	(3)3.29	(4)7.20	(5)6.78	(6)8.42
(7)8.39	(8)6.47	(9)7.41	(10)5.56	(11)6.97	(12)5.76	(13)6.64
(14)5.20	(15)6.31	(16)7.09	(17)4.88	(18)6.95	(19)5.27	(20)6.79
(21)5.21	(22)6.29	(23)7.81	(24)3.96	(25)2.81	(26)7.05	(27)8.42
(28)8.39	(29)6.59	(30)6.93				

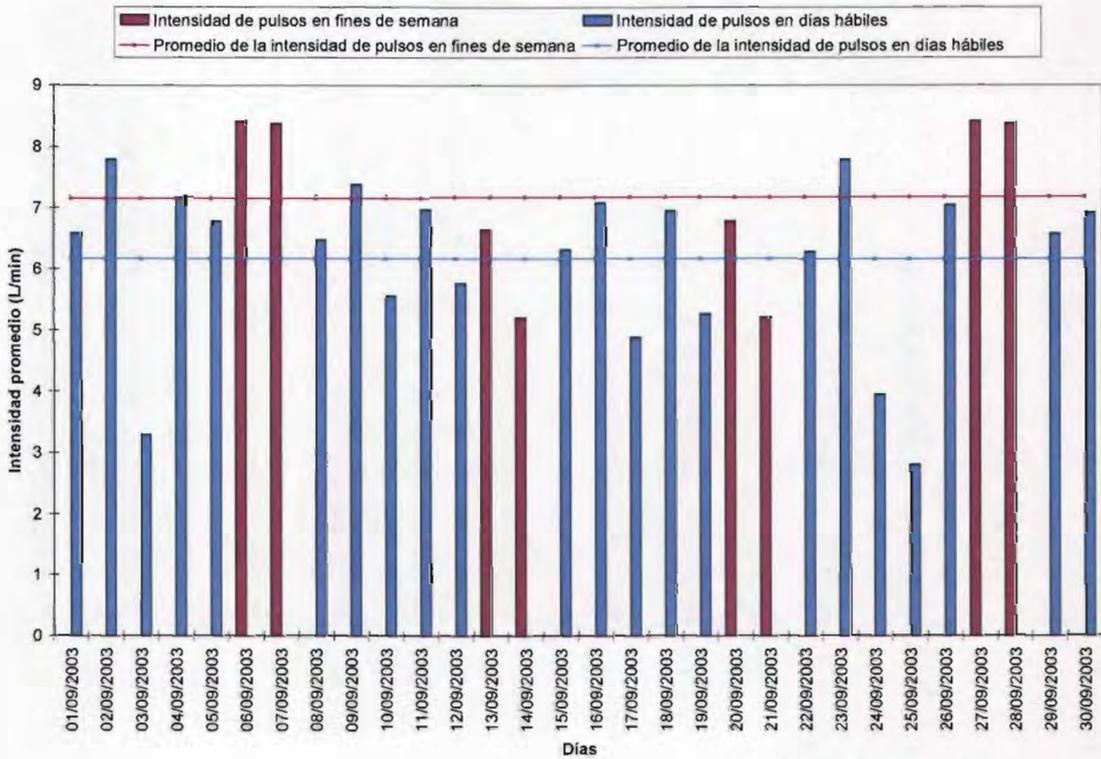


Ilustración V-6. Variación de la intensidad en la vivienda de "La virtud y Mz" en Septiembre.

Tabla V.7. Valores promedio diarios en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)6.18	(2)7.35	(3)6.59	(4)6.29
(5)6.27	(6)6.24	(7)4.12	(8)0.00	(9)8.07	(10)6.78	(11)8.42
(12)8.39	(13)3.97	(14)7.44	(15)3.82	(16)4.06	(17)3.58	(18)3.75
(19)2.69	(20)4.24	(21)3.06	(22)3.91	(23)3.06	(24)3.87	(25)1.69
(26)3.92	(27)3.75	(28)1.72	(29)5.56	(30)8.15	(31)6.78	

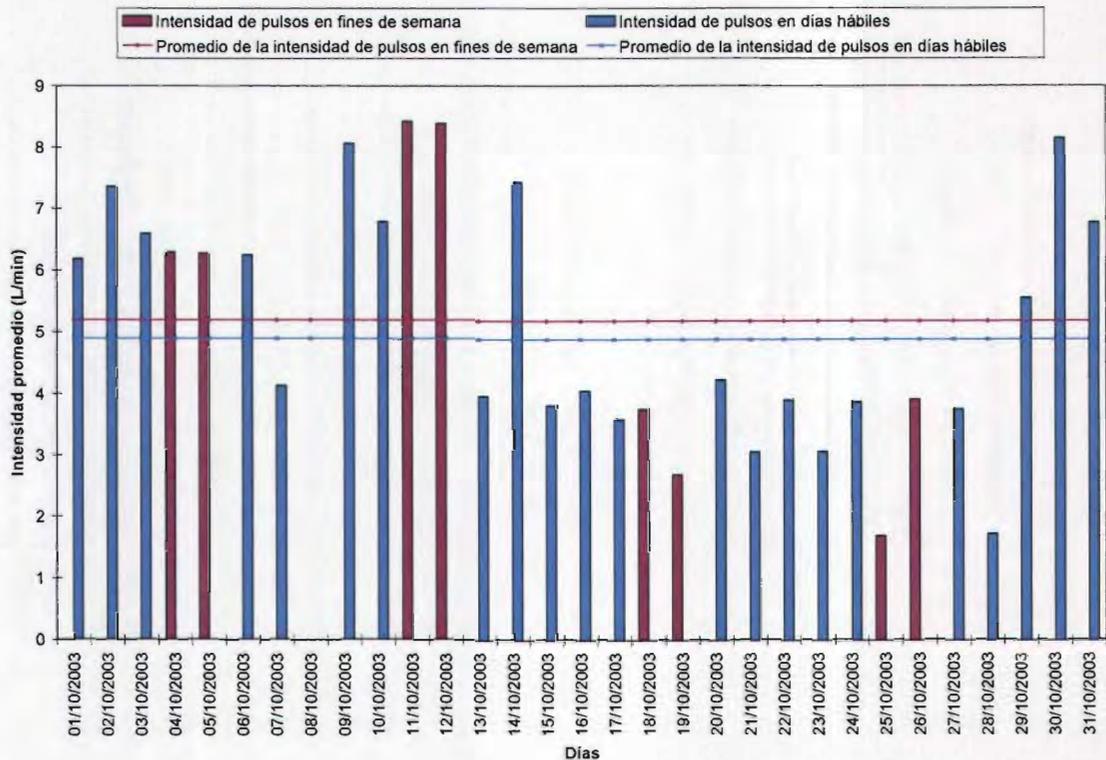


Ilustración V-7. Variación de la intensidad en la vivienda de "La Virtud y Mz" en Octubre.

Tabla V.8. Valores promedio diarios en la vivienda "La Virtud y Mz" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)6.73
(2)3.97	(3)5.99	(4)5.09	(5)3.29	(6)7.20	(7)6.19	(8)8.42
(9)6.65	(10)7.96	(11)2.89	(12)2.41	(13)5.81	(14)6.10	(15)8.42
(16)8.39	(17)6.59	(18)7.81	(19)3.29	(20)7.20	(21)6.78	(22)8.42
(23)8.39	(24)6.04	(25)7.81	(26)7.22	(27)5.28	(28)6.78	

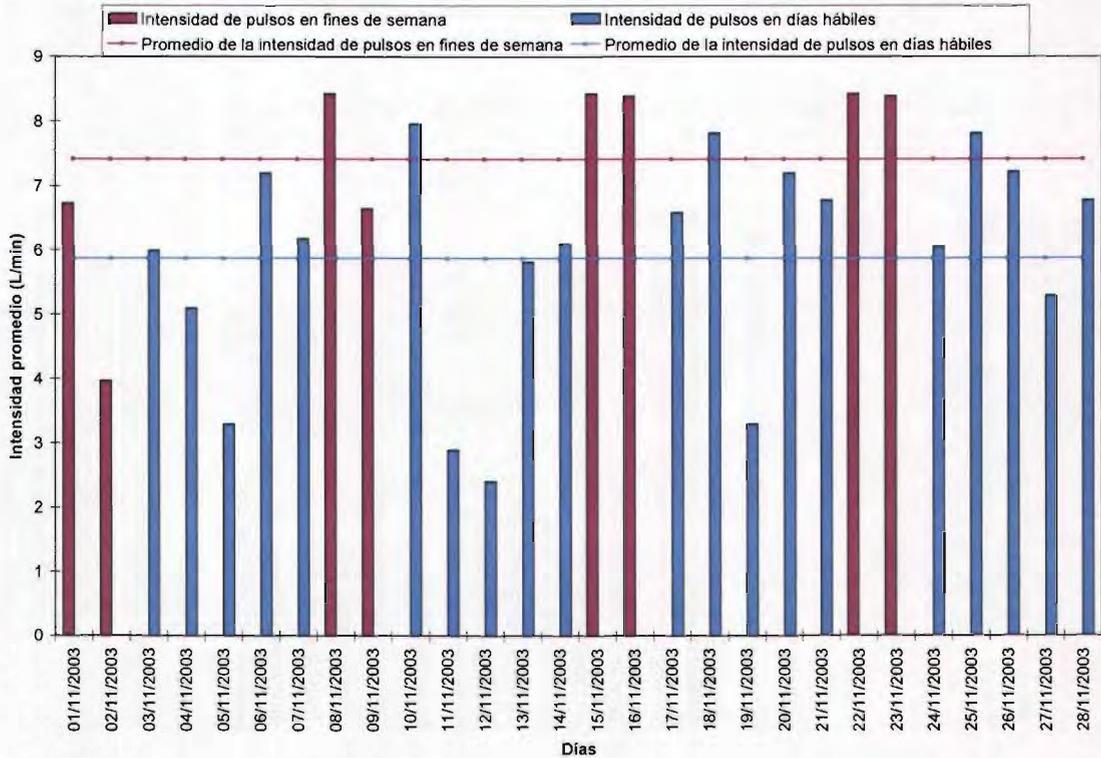


Ilustración V-8. Variación de la intensidad en la vivienda de "La Virtud y Mz" en Noviembre.

Tabla V.9. Valores promedio diarios en la vivienda "Internacional" durante el mes de Agosto

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
					(1)	(2)
(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
(17)	(18)	(19)	(20)5.10	(21)6.23	(22)4.98	(23)5.47
(24)6.69	(25)6.25	(26)6.38	(27)5.40	(28)6.26	(29)6.39	(30)5.36
(31)5.28						

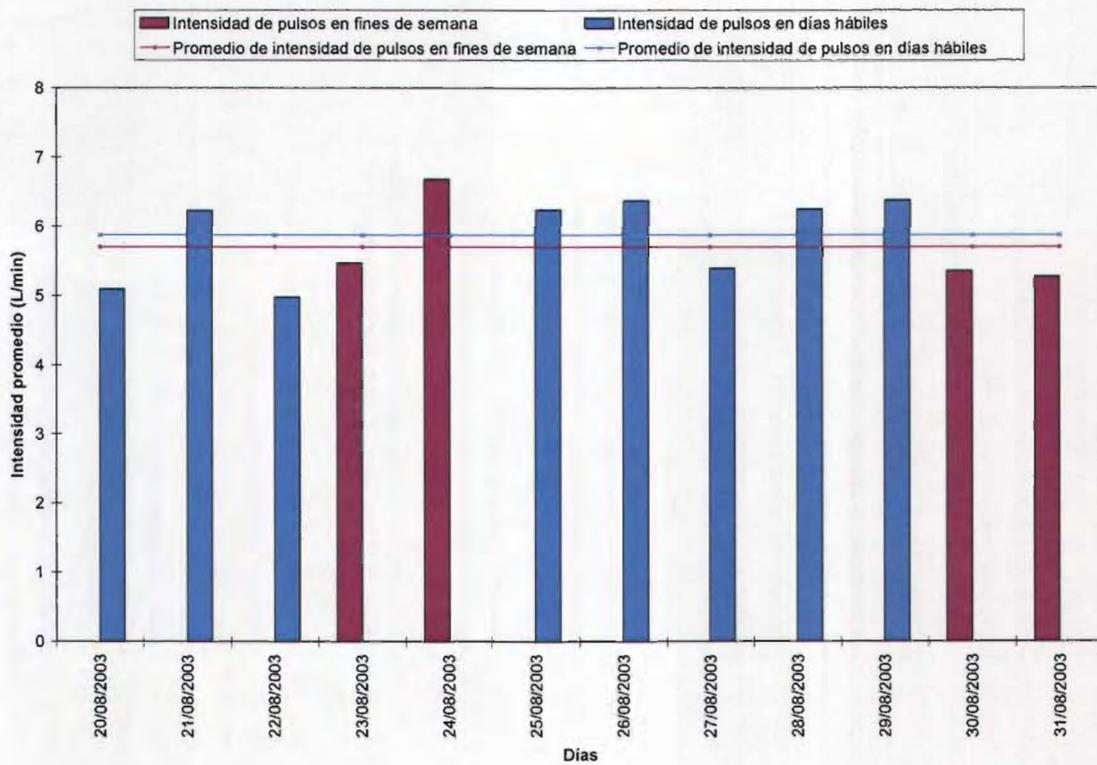


Ilustración V-9. Variación de la intensidad en la vivienda de "Internacional" en Agosto.

Tabla V.10. Valores promedio diarios en la vivienda "Internacional" durante el mes de Septiembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
	(1)6.20	(2)4.13	(3)6.43	(4)3.79	(5)0.00	(6)6.30
(7)5.89	(8)5.66	(9)4.13	(10)6.43	(11)3.79	(12)6.09	(13)5.96
(14)6.00	(15)5.88	(16)6.13	(17)5.94	(18)5.58	(19)6.40	(20)5.36
(21)5.28	(22)6.20	(23)4.13	(24)5.88	(25)4.24	(26)2.68	(27)6.30
(28)5.89	(29)6.25	(30)4.94				

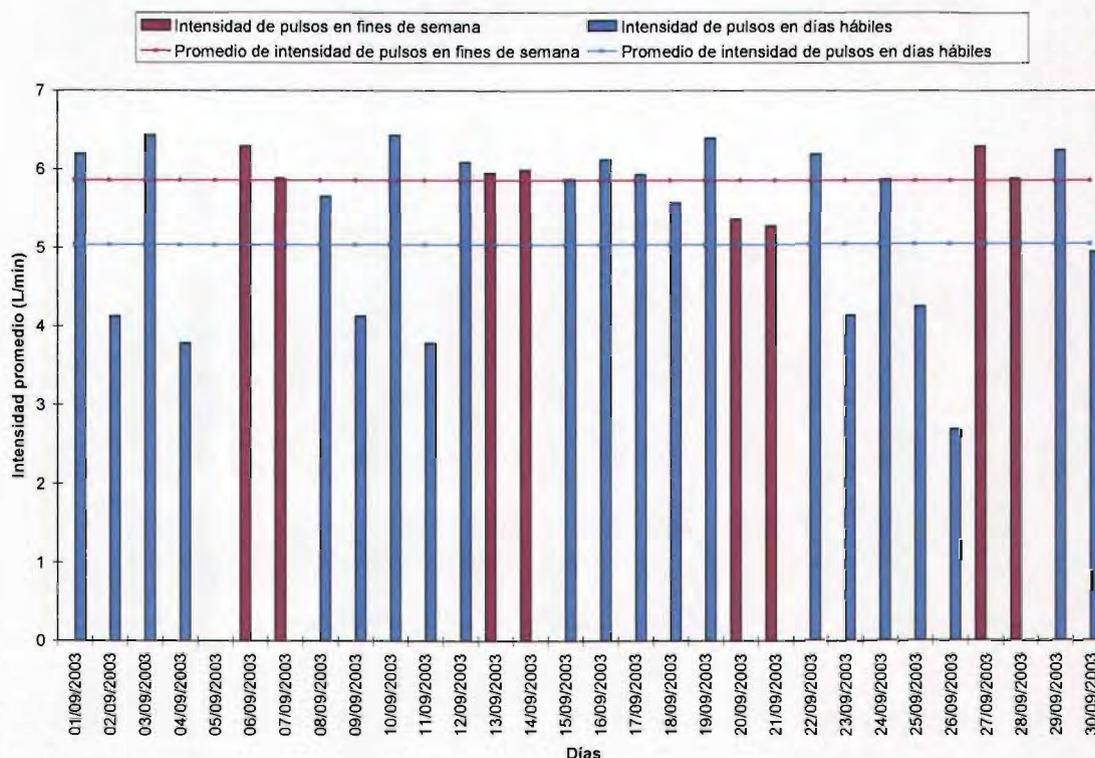


Ilustración V-10. Variación de la intensidad en la vivienda de "Internacional" en Septiembre.

Tabla V.11. Valores promedio diarios en la vivienda "Internacional" durante el mes de Octubre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
			(1)5.59	(2)4.72	(3)4.46	(4)3.32
(5)3.83	(6)5.29	(7)6.46	(8)4.66	(9)4.79	(10)4.46	(11)6.30
(12)5.89	(13)5.65	(14)6.46	(15)5.18	(16)5.42	(17)5.71	(18)6.34
(19)6.31	(20)4.85	(21)5.05	(22)6.12	(23)5.46	(24)4.66	(25)6.15
(26)6.40	(27)5.44	(28)0.00	(29)0.00	(30)0.00	(31)4.46	

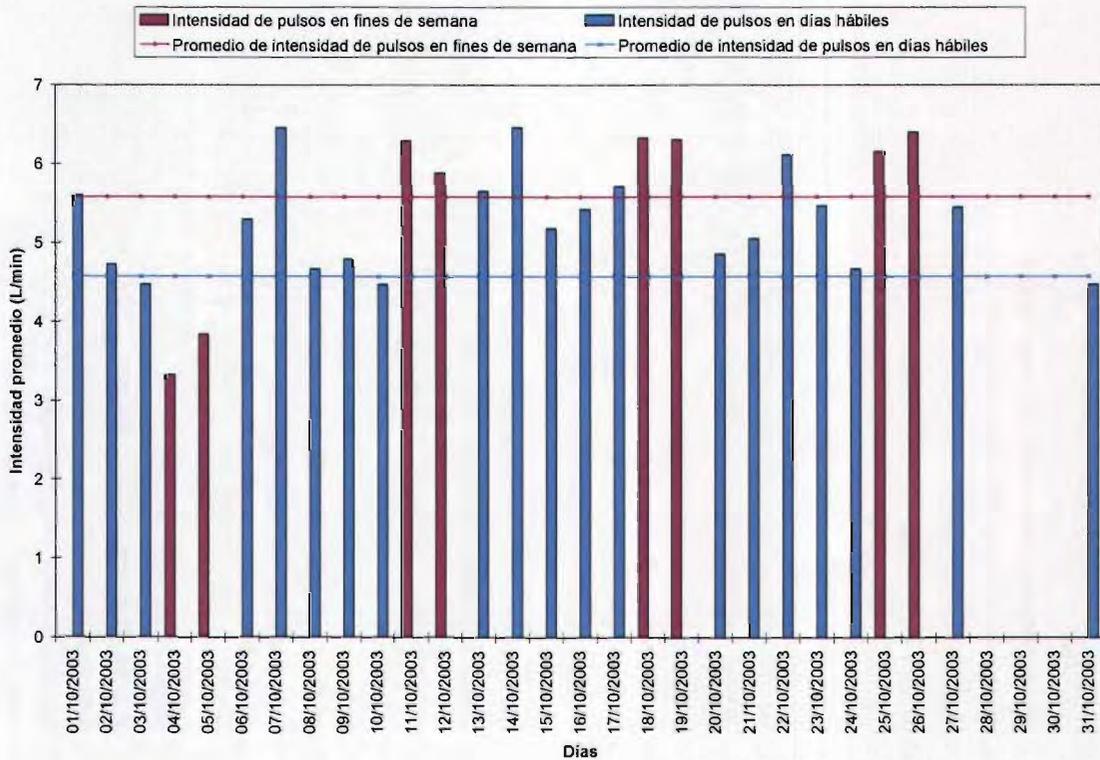


Ilustración V-11. Variación de la intensidad en la vivienda de "Internacional" en Octubre.

Tabla V.12. Valores promedio diarios en la vivienda "Internacional" durante el mes de Noviembre

Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
						(1)6.77
(2)6.16	(3)6.25	(4)5.61	(5)6.39	(6)6.10	(7)4.62	(8)6.30
(9)5.89	(10)5.26	(11)5.77	(12)5.77	(13)5.60	(14)5.01	(15)6.06
(16)5.76	(17)6.25	(18)0.00	(19)0.00	(20)0.00	(21)5.01	(22)6.30
(23)5.89	(24)5.14	(25)5.19	(26)5.18	(27)4.78	(28)5.35	

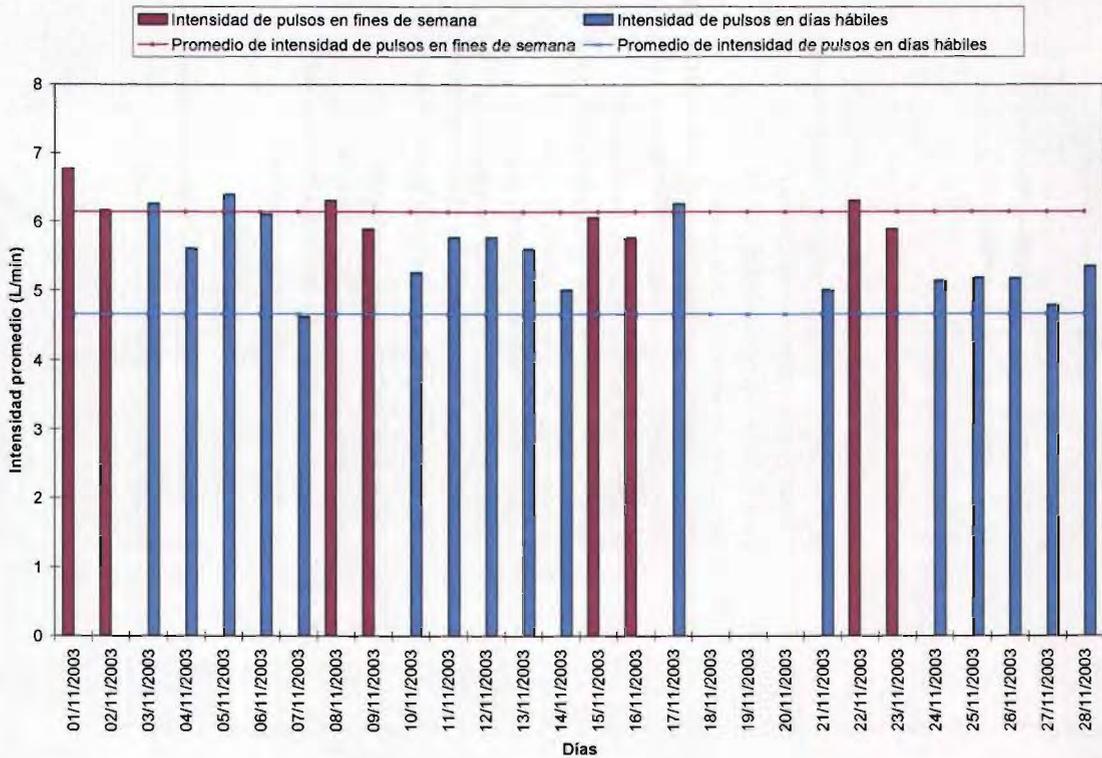


Ilustración V-12. Variación de la intensidad en la vivienda de "Internacional" en Noviembre.

Un científico ... experimenta en su trabajo la misma impresión que un artista; su placer es de la misma magnitud y de la misma naturaleza

Henri Poincaré
