

Maestría en Ingeniería Civil

**Evaluación de Pérdidas de Agua en la Ducha por el Uso de Agua Caliente y de Posibles
Alternativas de Control**

GIOVANNY ANDRÉS LIZCANO CASTRO

WILLIAM NIVALDO USCATEGUI CIENDUA

Bogotá D.C., 6 DE DICIEMBRE DE 2018

**Evaluación de Pérdidas de Agua en la Ducha por el Uso de Agua Caliente y de Posibles
Alternativas de Control**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Recursos
Hidráulicos y Medio Ambiente**

Ingeniero Jairo Alberto Romero Rojas

IC. MEEE. Profesor Titular Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Director de Tesis

Bogotá D.C., 6 DE DICIEMBRE DE 2018



La tesis de maestría titulada “Evaluación de Pérdidas de Agua en la Ducha por el Uso de Agua Caliente y de Posibles Alternativas de Control”, presentada por Giovanny Andrés Lizcano Castro y William Nivaldo Uscategui Ciendua, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

INGENIERO JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

Director de tesis

INGENIERO HÉCTOR MATAMOROS RODRÍGUEZ

Jurado

INGENIERO HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ

Jurado

Bogotá, D.C., 6 de Diciembre de 2.018

A mis padres que en paz descansen.

William Uscategui

*A mi familia, por su confianza
y valioso apoyo en el desarrollo de este trabajo.*

Giovanny Lizcano

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Jairo Alberto Romero Rojas, por la colaboración, apoyo y dirección en este trabajo de Grado.

A los profesores de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito que participaron en nuestra formación profesional.

Finalmente, a todos nuestros compañeros y aquellas personas que con sus aportes contribuyeron de una u otra forma en el desarrollo de este documento de Grado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	XI
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2 JUSTIFICACIÓN	13
3 OBJETIVOS	15
3.1 OBJETIVO GENERAL	15
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
4 MARCO DE REFERENCIA	16
4.1 ANTECEDENTES	16
4.1.1 El Agua en la Ciudad de Bogotá	16
4.1.2 Hábitos de Higiene Personal	17
4.1.3 Estudios de desperdicio de agua en duchas	18
4.1.4 Estudio de soluciones para el desperdicio de agua en duchas	19
4.2 MARCO LEGAL	23
4.2.1 Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (NTC 1500)	23
4.2.2 Resoluciones de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA	26
4.2.3 Normatividad Gas Natural	27

4.2.4	Normatividad Energía Eléctrica.....	29
4.2.5	Estratificación Socioeconómica en la Ciudad de Bogotá	31
4.3	MARCO TEORICO.....	34
5	METODOLOGÍA.....	40
6	ESTRUCTURA TARIFARIA DE BOGOTÁ.....	41
6.1	COSTOS DE AGUA POTABLE EN BOGOTÁ.....	41
6.2	REPORTE DE USUARIOS POR ESTRATOS SUSCRITOS AL SERVICIO DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN BOGOTÁ	45
6.3	ESTRUCTURA TARIFARIA DE ENERGIA Y GAS EN BOGOTÁ	51
7	METODOLOGIA PARA MUESTREO	55
7.1	SELECCION DE VIVIENDAS:.....	55
7.2	FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
7.3	REGISTRO DE VOLÚMENES Y PERIODOS DE AGUA DESPERDICIADA.	56
7.4	CONSOLIDACIÓN DE DATOS	57
8	RESULTADOS	58
8.1	AFOROS	58
8.1.1	Estrato 2.	60
8.1.2	Estrato 3.	62
8.1.3	Estrato 4.	64
8.1.4	Estrato 5.	66

8.1.5	Estrato 6.	68
8.2	PROMEDIO DE PÉRDIDA POR HABITANTE POR DUCHA.....	70
8.3	COSTO PROMEDIO POR HABITANTE POR DUCHA.	72
8.4	CÁLCULO DE VOLUMEN DE AGUA TOTAL PERDIDA EN EL MUESTREO....	75
8.5	PROYECCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA PARA LA POBLACIÓN TOTAL DE BOGOTA SUSCRITA AL SERVICIOS DE ACUEDUCTO.....	78
8.6	PROYECCIÓN DE PÉRDIDA EN DINERO POR EL AGUA DE DUCHA EN BOGOTA	81
9	ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LA DUCHA.	83
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
11	BIBLIOGRAFIA	90
	ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 4-1. Almacenamiento de Agua en Embalses EAB	16
Tabla 4-2. Índice de Agua No contabilizada, Volumen Facturado, Volumen Producido EAB ...	17
Tabla 4-3. No de Predios por Estrato en Bogotá.	33
Tabla 4-4. Energía necesaria para calentar un litro de Agua.	39
Tabla 4-5. Energía necesaria para calentar un litro de agua a diferentes temperaturas.	39
Tabla 6-1. Tarifas de Acueducto al mes de junio de 2018.....	43
Tabla 6-2 Tarifas de Alcantarillado al mes de Junio de 2018.....	44
Tabla 6-3. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Soacha	45
Tabla 6-4. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Gachancipá...	46
Tabla 6-5. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Tocancipá	46
Tabla 6-6 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 1	48
Tabla 6-7 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 2	48
Tabla 6-8 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 3	49
Tabla 6-9 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 4	49
Tabla 6-10 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 5	50
Tabla 6-11. Total de Suscriptores por Estrato.	50
Tabla 6-12. Tarifa de Gas Natural.	53
Tabla 6-13 Tarifa de Energía Eléctrica (Codensa)	54
Tabla 8-1. Mediciones realizadas para el Estrato 2.	60
Tabla 8-2. Mediciones realizadas para el Estrato 3	62
Tabla 8-3. Mediciones realizadas para el Estrato 4.	64

Tabla 8-4. Mediciones realizadas para el Estrato 5.	66
Tabla 8-5. Mediciones realizadas para el Estrato 6.	68
Tabla 8-6. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 2.	70
Tabla 8-7. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 3.	70
Tabla 8-8. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 4.	70
Tabla 8-9. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 5.	71
Tabla 8-10. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 6.	71
Tabla 8-11. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 2.....	72
Tabla 8-12. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 3.....	73
Tabla 8-13. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 4.....	73
Tabla 8-14. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 5.....	73
Tabla 8-15. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 6.....	74
Tabla 8-16. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 2.	75
Tabla 8-17. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 3.	75
Tabla 8-18. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 4.	76
Tabla 8-19. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 5.	76
Tabla 8-20. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 6.	76
Tabla 8-21. Tabla resumen de Volúmenes de agua perdidos.	77

Tabla 8-22. No de Habitantes suscritos al servicio de Acueducto y Alcantarillado por estrato..	78
Tabla 8-23. Volúmenes de agua perdidos por día, por mes y por año por estrato.....	78
Tabla 8-24. Porcentaje de agua perdida en ducha en Bogotá.	80
Tabla 8-25. Costo promedio de pérdida por día, por mes y por año, por estrato.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1. Metodología.	40
Figura 8-1 Tiempo y Volumen promedio de pérdida por Estrato.....	72
Figura 8-2. Costo Promedio perdido por habitante por ducha por Estrato.	74
Figura 8-3 Volumen total promedio mensual perdido por ducha.	79
Figura 8-4 Costo pérdida por ducha por mes.....	81

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 4-1. Sistema de Instalación AquaReturn (Arregui & Soriano, 2014).....	21
Ilustración 4-2. Sistema de Instalación "NESS" (M, Guevara, Ortega, & Martin, 2017)	23
Ilustración 4-3 Esquema de las conexiones del calentador. (Melguizo B, 1989).....	25
Ilustración 4-4 Estratificación Urbana de la Ciudad de Bogotá. (Información tomada del SINUPOT).....	32
Ilustración 4-5 Dimensiones del montaje de una Ducha. (Rodriguez Diaz, 2009).....	34
Ilustración 4-6 Esquema General Montaje Calentador Eléctrico. (Rodriguez Diaz, 2009).....	35
Ilustración 4-7 Esquema General Montaje Calentador de Gas. (Rodriguez Diaz, 2009).....	35
Ilustración 6-1. Factura de Servicio de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá.	41
Ilustración 6-2. Delimitación de la Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4 y Zona 5 de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá.	47
Ilustración 6-3. Recibo de Gas Natural.....	52
Ilustración 9-1. Campañas realizadas por el Gobierno de Colombia.....	83
Ilustración 9-2. Sistemas Hidráulicos con reúso del agua (Aponte, 2016).....	84
Ilustración 9-3. Dispositivos Requeridos Alternativa 3.....	85
Ilustración 9-4. Esquema Alternativa 3 – Paso 1	86
Ilustración 9-5. Esquema Alternativa 3 - Paso 2.....	86

ANEXOS

ANEXO 1. CONSOLIDADO DE FORMATOS DE AFORO

RESUMEN

La gran mayoría de las personas de la ciudad de Bogotá durante la actividad de aseo personal o ducha dejan evacuar el agua fría hasta tanto ésta se caliente. De esta manera hay un volumen de agua que se desperdicia, al no darle ningún uso. Dicho desperdicio tiene un costo para el usuario y además una pérdida de disponibilidad de agua potable, los cuales pueden ser bastante significativos.

Este estudio evalúa el volumen de agua que se pierde desde el momento en que se abre la llave de agua caliente en la ducha hasta el momento en que el agua alcanza la temperatura deseada por el usuario para tomar un baño. Para esta evaluación se realizó un muestreo de 100 viviendas (20 por cada estrato), con excepción del estrato 1 para el cual no se encontró vivienda que tuviera un sistema de agua caliente para la ducha.

Se encontró que el Estrato 2 pierde un volumen promedio de 2,87 L por habitante por ducha; el Estrato 3 un promedio de 2,3 L; el Estrato 4 un promedio de 2,51 L; el Estrato 5 un promedio de 3,1 L y el Estrato 6 un promedio de 4,3 L.

Para la población total suscrita al sistema de acueducto que toma una ducha, la pérdida en el mes es de 542.000 m³, con un costo aproximado de 2.400 millones de pesos mensuales.

INTRODUCCIÓN

El aseo personal, es un hábito indispensable en la vida de las personas, específicamente en tomar una ducha. El clima frío de la ciudad de Bogotá hace que la población prefiera agua caliente para su baño diario.

En cada vivienda se instala diferentes tipos de calentadores comerciales que permiten suministrar agua caliente a los diferentes puntos de consumo: ducha, lavandería, lavamanos y lavaplatos. Dadas las configuraciones de los puntos hidrosanitarios en las viviendas, los calentadores siempre se encuentran a una distancia considerable, razón por la cual el agua caliente no llega instantáneamente cuando se abre la llave, y se requiere de un tiempo para obtener agua con la temperatura deseada por el usuario.

Durante dicho tiempo, el usuario deja perder el agua, lo que representa un costo adicional y un consumo innecesario. Minimizar estas pérdidas disminuye el costo para cada habitante y aumenta el uso posible de los recursos hídricos disponibles para la ciudad.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua potable es un elemento vital para la vida de los seres humanos, sin embargo, no toda la población mundial goza de ella. De acuerdo con datos relacionados por la Organización de Naciones Unidas (ONU), alrededor de un 40% de la población mundial se ve afectada por la escasez del recurso hídrico. Este problema se ha convertido en uno de los temas más abordados la organización mundial de la Salud (OMS), Organización de Naciones Unidas (ONU), Empresas de Servicios públicos que operan en cada ciudad, las cuales dentro de sus funciones buscan aportar al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dentro de los cuales se pueden resaltar el No 6. Agua Limpia y Saneamiento y el No 12 Producción y Consumo Responsables, los cuales tienen como metas lograr el acceso al agua potable para toda la comunidad y aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos para asegurar la sostenibilidad de las fuentes abastecedoras (Organización de Naciones Unidas, 2015).

Durante la actividad de aseo personal o ducha se deja evacuar el agua fría hasta tanto salga caliente. De esta manera hay un volumen de agua que se desperdicia, al no darle ningún uso. Dicho desperdicio tiene un costo económico para el usuario y representa una pérdida de disponibilidad de agua potable para abastecer una mayor población.

Este desperdicio es evidente, en la mayoría de los hogares de Bogotá, debido a la localización y tipo del calentador de agua, el cual normalmente se encuentra a una distancia considerable de la ducha, lo que hace que los habitantes dejen pasar entre 1 y 5 min. el flujo de agua, hasta que ésta llega caliente a la ducha.

2 JUSTIFICACIÓN

Minimizar el desperdicio de agua en la ducha, durante la actividad de aseo personal con agua caliente, contribuye a satisfacer diferentes consideraciones ambientales de gran importancia para toda la población, tales como las mencionadas a continuación:

- El uso eficiente y ahorro del agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerándolo como un “recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente” (CIAMA, 1992)
- Aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua (Organización de Naciones Unidas, 2015)
- Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda (Organización de Naciones Unidas, 2015)
- El Uso Eficiente y Ahorro del Agua, contribuye a un programa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Congreso de Colombia, 1997)

- La política nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de 2010, establece como principio “el agua dulce se considera un recurso escaso y por lo tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

- El Decreto 3570 de 2011, artículo 18 numeral 2, establece como responsabilidad de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible dirigir las acciones destinadas a velar por la gestión integral del recurso hídrico, a fin de promover la conservación y el aprovechamiento sostenible del agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2011)

- El Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas exige garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. (Organización de Naciones Unidas, 2015)

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Valorar las pérdidas de agua generadas en la ducha con agua caliente en viviendas de Bogotá y formular posibles alternativas de solución.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar aforo del agua perdida, en promedio, por habitante y por estrato.
2. Estimar los periodos promedio de pérdida de agua en las duchas.
3. Valorar el costo de las pérdidas de agua, por estrato, en viviendas de Bogotá.
4. Formular alternativas para la reducción de pérdidas de agua en la ducha.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

A continuación se presenta información relacionada con los antecedentes del consumo de agua en la ciudad de Bogotá, y algunos estudios previos desarrollados con relación a la temática del desperdicio de agua y posibles soluciones para disminuir este impacto.

4.1.1 El Agua en la Ciudad de Bogotá

La ciudad de Bogotá es una de las ciudades con más fuentes de suministro, a través de sistemas de abastecimiento como son los embalses de Chingaza, San Rafael, La Regadera, los Tunjos, Chisacá y embalses agregados (Tabla 4-1), abastecidos por diferentes ríos.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB) tiene permiso para captar 22 m³/s de agua, de los cuales trata 17 m³/s y distribuye para consumo en Bogotá y municipios aledaños 15,5 m³/s.

Tabla 4-1. Almacenamiento de Agua en Embalses EAB

ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EMBALSES EAB (Millones de m3)		
EMBALSE	DIC -- 2017	JUN --2018
Neusa (CAR)	85.76	117.00
Sisga (CAR)	51.48	90.10
Tominé (Energía)	204.99	619.55
Total Agregado Norte	342.24	826.65
Tunjos	0.00	0.00
Chisacá	6.64	6.63
Regadera	3.60	3.60
Total Agregado Sur	10.24	10.22
Chuza	189.86	220.00
San Rafael	55.76	67.73
Total Sistema Chingaza	245.62	287.73
Total	598.10	628.47

Fuente: Dirección de Abastecimiento de la EAB, 2018

El índice de agua no contabilizada IANC, que incluye las pérdidas por todo concepto, corresponde al 36,5 % del volumen de producción (Tabla 4-2) el cual es un valor realmente excesivo de desperdicio de agua.

Tabla 4-2. Índice de Agua No contabilizada, Volumen Facturado, Volumen Producido EAB

INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA -IANC		
IANC %	DIC -- 2017	JUN -- 2018
*Bogotá, Soacha, Gachancipá, Tocancipá, Municipios venta en bloque	34.91	35.07
Bogotá	36.48	36.60
Volumen facturado año -Mill m3		
*Bogotá, Soacha, Gachancipá, Tocancipá, Municipios venta en bloque	316.95	322.43
Bogotá	271.74	275.73
Volumen Producido-Mill m3**		
*Bogotá, Soacha, Gachancipá, Tocancipá, Municipios venta en bloque	486.95	496.61
Bogotá	427.79	434.88

Fuente: Dirección de Planeación y Control de Resultados Corporativos EAB, 2018

Para obtener los resultados de la tabla anterior se utilizó la siguiente fórmula de cálculo:

$$\text{IANC} = (\text{Volumen producido} - \text{Volumen facturado}) / \text{Volumen producido}$$

4.1.2 Hábitos de Higiene Personal

El baño es considerado como la mejor forma de aseo, debido a que a través del baño se puede eliminar la suciedad, el sudor y el mal olor producidos por la transpiración que genera la persona durante el trabajo o el deporte; adicionalmente con este hábito se puede evitar la presencia de gérmenes y bacterias en el cuerpo que puedan afectar la salud de la persona. (Acosta, 2016)

Este hábito de higiene personal puede desarrollarse de dos maneras: con agua caliente o con agua fría, según el gusto y las creencias de la persona, así como de sus recursos económicos.

Otro componente de este hábito diario, es la frecuencia con la cual la persona toma una ducha. Se ha considerado que la persona promedio se baña todos los días a nivel global, y en zonas como Colombia, se estima que se baña entre 10 y 12 veces a la semana (Mercola, 2018), valores que dependen de la cultura, clima, edad y actividad desarrollada.

Para este estudio se supone que los habitantes de Bogotá se duchan en promedio una vez por día.

4.1.3 Estudios de desperdicio de agua en duchas

Estudio realizado en la ciudad de México, establece que la ducha es el dispositivo donde más se desperdicia agua en los hogares, ya que se estima un gasto de 7 litros por minuto y el tiempo promedio para que el agua tome la temperatura adecuada es de aproximadamente 1.8 minutos, por lo que el desperdicio de agua es mayor a los 12 litros. (HIDROLOOP, 2015).

Con base a lo anterior se puede inferir que, en la ciudad de México, una familia conformada por cuatro personas se gasta en promedio al año 17.5 m^3 . Por otro lado, esta ciudad cuenta con una población urbana de 8'780.361, la cual tiene una cobertura de acceso al acueducto en el sector urbano de 99.09% (Comisión Nacional del Agua, 2017), es decir, 8'700.459 personas acceden a este servicio. Teniendo en cuenta que el desperdicio diario por habitante es de 12 L, se puede concluir que en la ciudad de México al año se presenta un desperdicio de $38.108.013 \text{ m}^3$ al año.

Por otro lado en España, estudios han determinado que una vivienda alcanza a desperdiciar 8.000 litros de agua por persona por año, mientras espera que el agua se caliente para tomar una ducha, lo cual si se considera que la población de España en el año de 2016 alcanza a los 45 millones, se comprobaría que el volumen de agua desperdiciada es un valor excesivo, equivalente a 360.000.000 m³ al año. (Arregui & Soriano, 2014),

En climas fríos como el de Bogotá, se desperdician grandes cantidades de agua hasta lograr la temperatura deseada que oscila entre 25 y 32°C. Se ha comprobado que se pierden entre 1 y 3 litros de agua en promedio, sí se calentara en un minuto. (Moreno, Pérez, & Ledesma, 2013), por lo anterior considerando una familia conformada en promedio por cuatro personas, que usan la ducha una vez al día los siete días de la semana, puede llegar a representar un desperdicio aproximado de 84 litros a la semana, lo que implica que en un año aproximadamente se pierde un total de 4,45 m³ por familia.

4.1.4 Estudio de soluciones para el desperdicio de agua en duchas

- Investigación “Diseño e implementación de un Sistema de Calentamiento y Ahorro de Agua en Domicilios” (Vizcaino Moya, 2017)

La investigación desarrollada por el Ingeniero Electrónico Diego Vizcaino en la ciudad de Quito, Ecuador en el año 2017, pretende diseñar e implementar un sistema para el calentamiento que permita minimizar el consumo de energía eléctrica y de agua en las duchas, de tal manera que el usuario de la vivienda solo utilice los recursos mínimos necesarios que le

demanda su actividad de aseo personal y genere una conciencia y responsabilidad ambiental con el uso de los recursos naturales.

Para lo anterior, propone un sistema de controlador/sensor que se localizara en la ducha y que permite al usuario seleccionar diferentes modos de uso de acuerdo con la necesidad que requiera; entre ellos se encuentra un primer modo “Normal” el cual el sensor solo permite realizar el control de temperatura, es decir el usuario selecciona una temperatura y el sistema solo calienta un determinado volumen de agua a la temperatura deseada, y este volumen es el entregado al usuario para su actividad de ducha. De esta manera solo se calienta el agua demandada por la persona y se minimiza el tiempo de espera luego de la apertura de la llave porque solamente se entrega el volumen de agua una vez que el sistema ha logrado calentar el agua.

Un segundo modo de funcionamiento, llamado “ECO”, adicional a las características del modo “Normal”, utiliza sensores que miden la distancia de la regadera al piso y válvulas que son operadas automáticamente, identificando al usuario, cuando éste se encuentre debajo de la ducha. De esta manera se garantiza que el volumen de agua caliente sale únicamente cuando el usuario se encuentre debajo de la ducha.

Esta Tecnología cuenta con una interfaz que permite que se emitan resultados y estadísticas a cualquier dispositivo Smartphone, que permite identificar al usuario el total de litros de agua consumidos durante la ducha, el total de litros ahorrados por el dispositivo y la temperatura del agua.

- Producto denominado “Aquareturn” producido y distribuido por la Empresa Española AquaReturn SL (Arregui & Soriano, 2014)

El Sistema AQUARETURN, es un sistema producido y distribuido por la Empresa Española AQUARETURN SL. Mediante un dispositivo pequeño y de fácil instalación, no se permite el flujo de agua hasta no tener la temperatura deseada.

El sistema funciona recirculando el agua hasta lograr a la temperatura deseada por usuario, tal y como se muestra en la Ilustración 4-1.

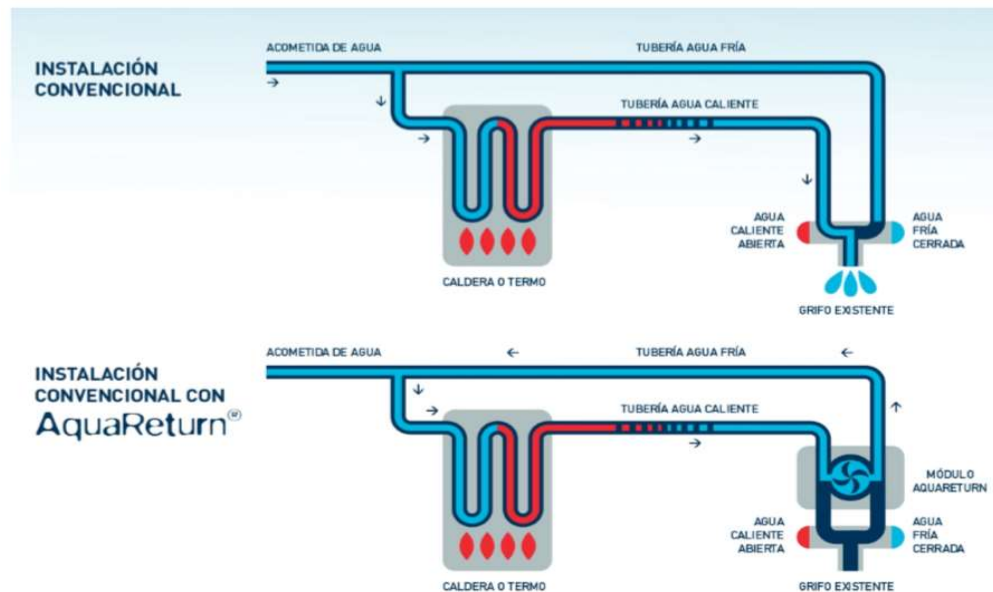


Ilustración 4-1. Sistema de Instalación AquaReturn (Arregui & Soriano, 2014)

El dispositivo Aquareturn se instala antes de la ducha, de tal manera que una vez abierta la llave de agua caliente se enciende el calentador y el agua comienza a calentarse. El dispositivo cuenta con un sensor que detecta la temperatura del agua que llega a la regadera y recircula hasta alcanzar la temperatura deseada.

- Producto denominado “Sistema NESS” desarrollado por la Empresa Española METRICA6 (M, Guevara, Ortega, & Martín, 2017)

El sistema NESS desarrollado por la Empresa Española METRICA6, es un sistema alternativo de recirculación de agua caliente que no permite el flujo en la ducha, hasta tanto esta no tenga la temperatura deseada por el usuario.

Dicho sistema se compone de tres dispositivos que actúan de manera conjunta para lograr el objetivo:

- Un pulsador: Este accesorio idealmente se debe ubicar dentro de la ducha, tiene la función de activar el sistema NESS de recirculación de agua caliente e identifica mediante colores, cuando el agua se encuentra lista para que el usuario abra la llave de la ducha. (Ilustración 4-2)
- Módulo de bombeo: Este debe ser instalado en la tubería de agua fría justo antes del calentador, se encarga de impulsar el agua desde el calentador hasta el punto de entrega de agua caliente una vez el usuario oprima el pulsador. (Ilustración 4-2).
- Accesorio de ByPass: Este debe ser instalado en el punto justo antes de la ducha, el cual se activa una vez el usuario oprime el pulsador, y tiene la función de permitir la recirculación de agua en el sistema hasta tanto se logre la temperatura deseada. (Ilustración 4-2)

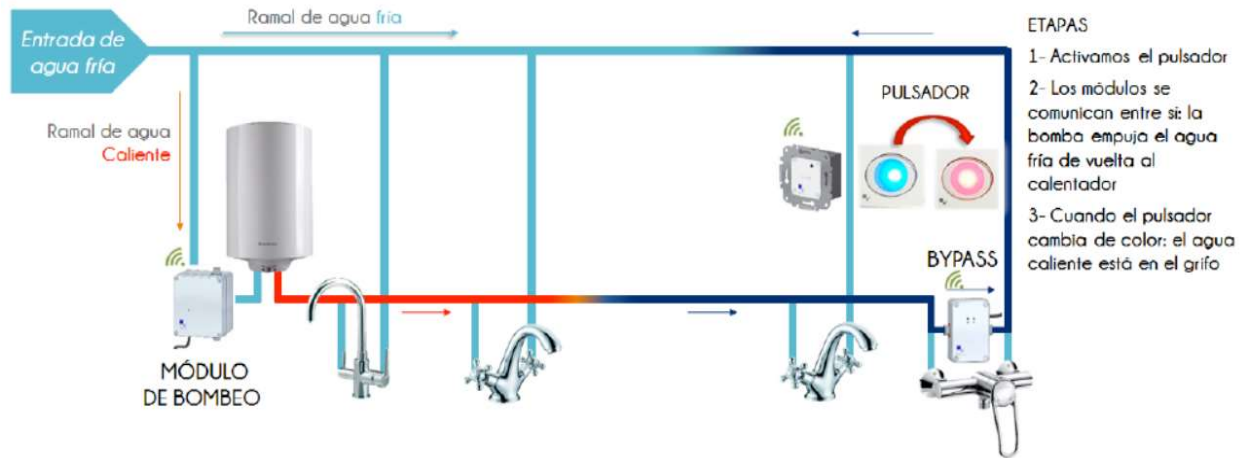


Ilustración 4-2. Sistema de Instalación "NESS" (M, Guevara, Ortega, & Martín, 2017)

De esta manera, se garantiza que el usuario no desperdicia agua en la ducha esperando que esta se caliente a partir del momento que se abre la llave del baño.

4.2 MARCO LEGAL

4.2.1 Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (NTC 1500)

En Bogotá, para desarrollar los diseños y construcciones de los sistemas de distribución de agua caliente para duchas en los hogares, es necesario cumplir con una serie de requerimientos y recomendaciones, que se encuentran en el Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias bajo la norma ICONTEC NTC 1500 denominada "Tercera Actualización" ratificada por el Consejo Directivo el 16 de Agosto de 2017 (ICONTEC, 2017)

Dicha norma establece:

- Tipos de Calentadores:
 - Calentadores de Agua con Almacenamiento de tipo Eléctrico.
 - Calentadores de Agua con Almacenamiento de tipo a Gas
- Accesorios:
 - Válvula de corte para suministro de agua fría, la cual deberá ser ubicada en la tubería de entrada al equipo calentador, que permita abrir o cerrar el paso del agua que se desea calentar.
 - Válvula de Alivio, que permitan regular la presión y la temperatura en el equipo y evite cualquier mal funcionamiento en el proceso de calentar el agua que pueda ocasionar daños materiales o lesiones personales por efectos de sobrepresión o de temperaturas elevadas las cuales no deben ser mayores a 43°C.
- Requisitos adicionales:
 - De acuerdo con la Tabla 7.4.4 “Consumos y caudales Máximos para aparatos hidrosanitarios y accesorios para los aparatos” (ICONTEC, 2017), se establece que las duchas deben tener un consumo máximo de 9,5 L/min
 - Se debe garantizar que las redes de distribución de agua caliente reduzcan al mínimo el tiempo transcurrido entre la apertura de la llave y la entrega de agua caliente en el aparato hidrosanitario.
 - Se debe plantear redes de recirculación de agua, cuando la red de distribución presente un tiempo de espera mayor de 30 segundos hasta la entrega al aparato más desfavorable de acuerdo con lo establecido en la Norma NTC 1500 en su segunda Actualización.

- Se debe plantear un método de sostenimiento de temperatura, cuando la longitud de desarrollo de la tubería de agua caliente desde la fuente de suministro hasta el aparato más lejano, supere los 30,5 metros.

Un esquema ilustrativo de las conexiones del equipo calentador se muestra en la Ilustración 4-3.

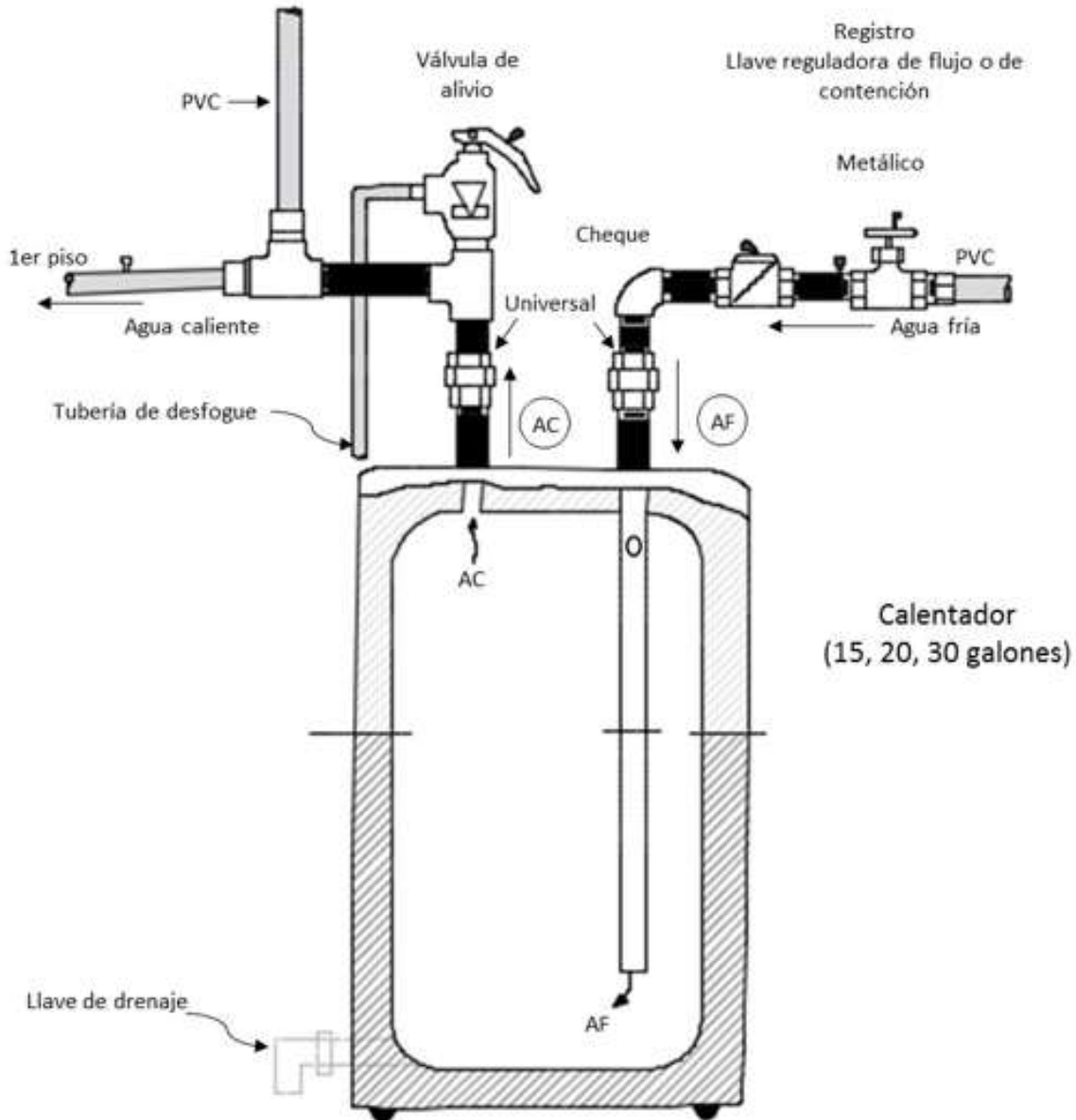


Ilustración 4-3 Esquema de las conexiones del calentador. (Melguizo B, 1989)

4.2.2 Resoluciones de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA

- Resolución CRA 688 de 2014

“Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con mas de 5000 suscriptores en el área urbana” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014)

La resolución permite al prestador del servicio evaluar los diferentes costos relacionados con las actividades necesarias para producir y prestar el servicio a los suscriptores. Entre otros, los costos medio de operación, los costos medio de inversión, los costos medio generados por tasas ambientales, y los costos medio de Administración. Por medio de una fórmula de tarifa general se logra luego determinar el costo económico requerido para brindar el servicio a los suscriptores, el cual se divide en dos cargos:

- Cargo Fijo: El cual se establece con base en el Costo medio de Administración para brindar el servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado.
- Cargo por Consumo: El cual se establece con base en la sumatoria del Costo medio de Operación, Costo medio de Inversión y Costo medio de Tasas Ambientales.

- Resolución CRA 735 de 2015

“Por la cual se modifica, adiciona y aclara la Resolución CRA 688 de 2014” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015)

Dicha resolución, formula la misma metodología adoptada en la Resolución de la CRA 688 de 2014, pero modifica las fórmulas de cálculo de los costos medios.

- Resolución CRA 783 de 2016 y Resolución CRA 810 de 2017

“Por la cual se establecen excepciones al procedimiento de modificación de los costos económicos de referencia establecido en la Resolución CRA 151 de 2001, modificada por la Resolución CRA 271 de 2003 y se dictan otras disposiciones” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016) y *“Por la cual se modifica y adiciona la Resolución CRA 783 de 2016”* (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Dichas resoluciones tienen por objeto establecer los trámites y documentaciones necesarias para modificación de los costos económicos de referencia, y establecen diferentes lineamientos aplicables a las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado y del servicio público de aseo.

4.2.3 Normatividad Gas Natural

- Resolución 90902 del 24 de Octubre de 2013 (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

Establece los requisitos que se deben cumplir en los diseños, construcciones y mantenimiento de las redes de suministro de gas a zonas residenciales comerciales e industriales, se especifican materiales requeridos para las tuberías, presiones de operaciones y accesorios.

- Resolución 1509 de 5 de Junio de 2009 (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009)

Se encarga de dar las pautas y criterios para realizar las verificaciones e inspecciones de las instalaciones del servicio de gas, junto con procedimientos específicos de acuerdo al equipo que tenga la conexión al servicio. Los lineamientos requeridos para los calentadores de agua paso continuo y tipo acumulador son:

“Ubicación e instalación

Defectos críticos:

- a) Calentadores de circuito abierto ubicados en recintos destinados a dormitorio, baño o ducha.*
- b) Calentadores ubicados en compartimientos fabricados con material combustible.*
- c) Calentadores especiales tipo A definidos por la Resolución 0936 de 2008, instalados a partir del 28 de abril de 2008, excepto si están instalados en un espacio exterior a la edificación.*
- d) Calentadores especiales tipo A definidos por la Resolución 0936 de 2008) facturados y despachados por el productor al importador o al primer distribuidor en Colombia antes del 28 de abril de 2008, que después del 1° de noviembre de 2008 se encuentren sin conducto de evacuación de los productos de la combustión, excepto si están instalados en un espacio exterior a la edificación.*
- e) Calentadores especiales tipo A definidos por la Resolución 0936 de 2008) fabricados o en proceso de fabricación antes del el 31 de octubre de 2008, que después del 1° de*

noviembre de 2008 se encuentren sin conducto de evacuación de los productos de la combustión, excepto si están instalados en un espacio exterior a la edificación.

f) Calentadores tipo B o C instalados en el interior de la vivienda que no posean conducto de evacuación de los productos de la combustión.

g) Calentadores que poseen conducto de evacuación, pero dicho dispositivo produce revoco o devolución de los productos de la combustión al recinto donde están instalados.”

4.2.4 Normatividad Energía Eléctrica

Para la implementación y uso de duchas eléctricas y/o calentadores de paso en las viviendas de la ciudad de Bogotá, existe el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) - Resolución 90708 de Agosto 2013 (Ministerio de Minas y Energía, 2013), el cual se encarga de mencionar los requisitos que se deben cumplir para que estos elementos al momento de su funcionamiento no presenten fallas y operen con el mínimo riesgo de afectación a las personas que se encuentran cercanas a estos elementos.

“Requisitos del Producto

- a. La corriente de fuga no debe sobrepasar 5 mA en el agua a la temperatura de operación. Esta corriente se debe medir con agua de una conductividad superior a 1000 μ S/cm a 15 °C (equivalente a 1 k Ω .cm).*
- b. Los elementos metálicos de sujeción que estén en contacto con agua deben ser de material no ferroso y garantizar protección a la corrosión.*

- c. Los elementos calefactores y bornes de contacto, deben estar soportados sobre material dieléctrico al cual debe hacerse la prueba de hilo incandescente a 750 °C. Las demás partes no metálicas deben probarse con el hilo incandescente a 650 °C.*
- d. Se debe identificar el conductor neutro, el de tierra y la fase o fases.*
- e. En duchas no se aceptan encerramientos metálicos.*
- f. La parte manipulable del selector de temperatura debe estar aislada eléctricamente.*
- g. Rotulado e instructivos de instalación y operación. La ducha y el calentador de paso debe tener en forma permanente y legible la siguiente información:*
 - o Tensión de operación.*
 - o Corriente nominal.*
 - o Potencia Nominal.*
 - o Nombre del Productor o marca comercial.*
 - o Advertencia sobre la necesidad de conexión a tierra*
- h. El productor debe entregar al usuario una guía para la correcta instalación y uso de la ducha o el calentador de paso.*

Requisitos de Instalación

- a. La instalación de la ducha atenderá los requisitos e instrucciones suministrada por el productor.*
- b. Las duchas eléctricas, deben alimentarse mediante un circuito exclusivo, de capacidad no menor a 30 A para tensiones menores a 150 V y no menor a 20 A para tensiones mayores a 150 V y menores a 240 V con su protección termomagnética. El circuito debe tener protección diferencial contra falla a tierra en el caso de duchas sin blindaje. El circuito no debe tener interrupciones y debe garantizar la conexión permanente de la ducha. La*

protección debe estar localizada fuera del alcance de una persona expuesta en área mojada.

- c. La conexión eléctrica debe ser a prueba de agua.*
- d. El circuito que alimenta la ducha debe tener un conductor de puesta a tierra, el cual debe estar conectado tanto al conductor puesto a tierra de la instalación como a la terminal de puesta tierra de la ducha.*
- e. Para evitar el contacto directo con el envolvente de la parte eléctrica en la ducha, en el cuarto de baño la ducha no debe tener partes localizadas a menos de 2 m del piso.”*

4.2.5 Estratificación Socioeconómica en la Ciudad de Bogotá

La estratificación socioeconómica, de acuerdo con el Departamento Nacional de Estadística (DANE) *“Es el mecanismo que permite clasificar la población en distintos estratos o grupos de personas que tienen características sociales y económicas similares, a través del examen de las características físicas de sus viviendas, el entorno inmediato y el contexto urbanístico o rural de las mismas”.*

Este mecanismo permite a las diferentes entidades de prestación de servicios públicos, identificar la capacidad económica que tiene la población para pagar por el acceso al servicio prestado, establecer tarifas diferenciales por estrato y quienes deben requerir de subsidios y contribuciones para pagar las tarifas, garantizando así que todos los estratos puedan acceder a los servicios públicos domiciliarios.

En Bogotá, se encuentra vigente el Decreto 394 de 2017 de la Alcaldía Mayor de Bogotá, “*Por medio del cual se adopta la actualización de la estratificación urbana de Bogotá D.C. para los inmuebles residenciales de la ciudad*” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017), donde establece que la estratificación urbana puede variar únicamente del estrato 1 al estrato 6.

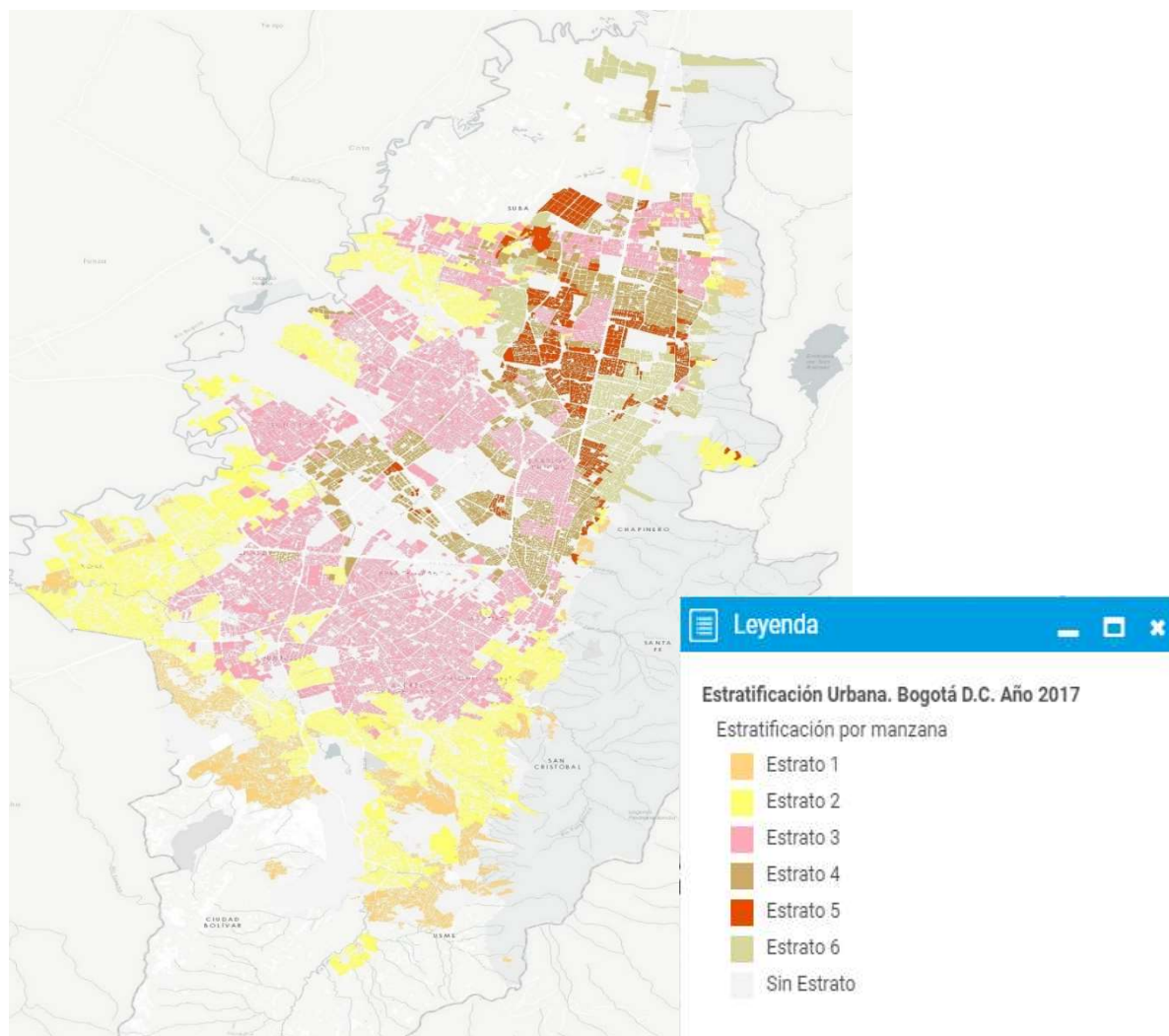


Ilustración 4-4 Estratificación Urbana de la Ciudad de Bogotá. (Información tomada del SINUPOT)

De acuerdo con datos tomados de la página de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA), se tienen registrados alrededor de 2'869.265 predios en la ciudad, los cuales se encuentran clasificados como se indica en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3. No de Predios por Estrato en Bogotá.

ESTRATO	NO DE PREDIOS	PORCENTAJE
1	100.214	3,49%
2	777.680	27,10%
3	1'066.425	37,17%
4	570.724	19,89%
5	69.840	2,43%
6	284.382	9,91%
TOTAL	2'869.265	100,00%

Fuente: Página de Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA) - 2018

4.3 MARCO TEORICO

- Duchas: Son alimentadas normalmente por tuberías de ½”, y pueden estar conformadas como se muestra en la Ilustración 4-5.

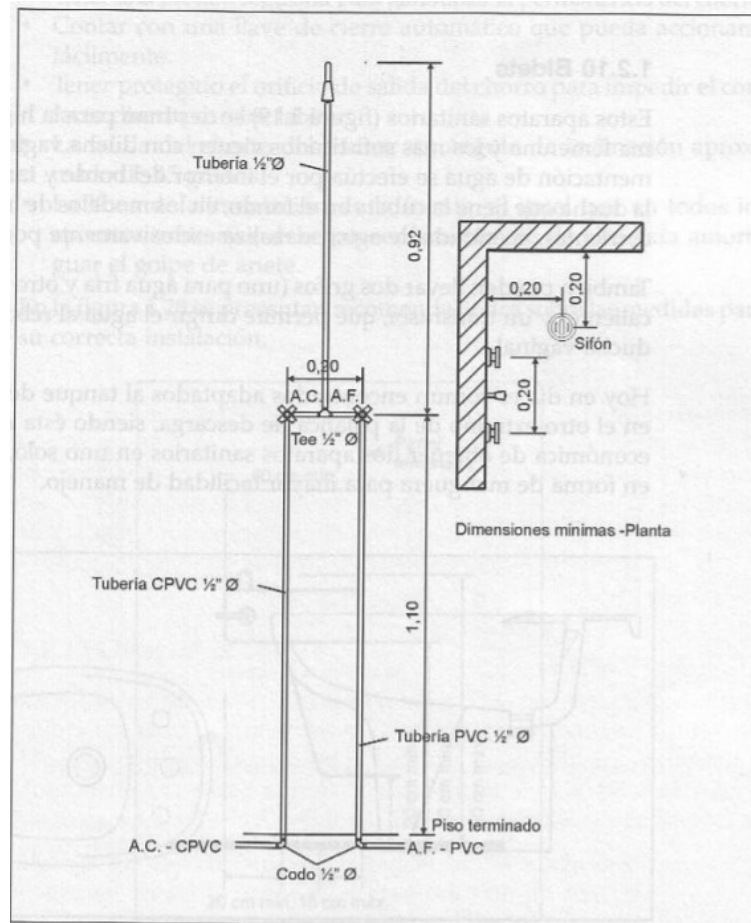


Ilustración 4-5 Dimensiones del montaje de una Ducha. (Rodríguez Diaz, 2009)

- Calentadores: Son utilizados en las viviendas para suministrar energía calorífica al agua fría, y entregar agua caliente a los aparatos sanitarios. Existen principalmente dos tipos de calentadores, los cuales dependen netamente de la fuente de energía que requieren para funcionar:

○ Calentadores Eléctricos (Ilustración 4-6)

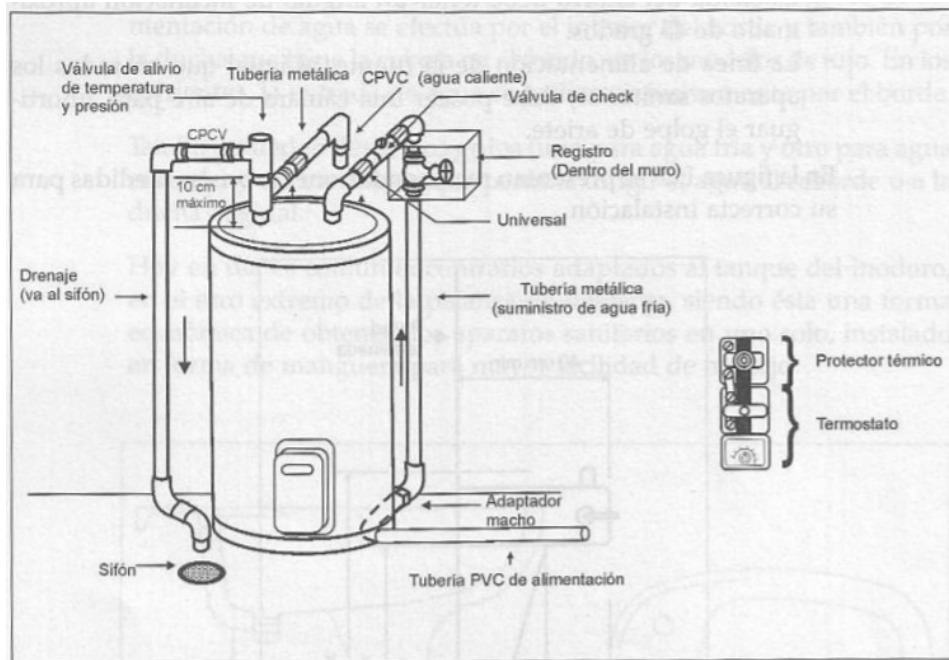


Ilustración 4-6 Esquema General Montaje Calentador Eléctrico. (Rodríguez Diaz, 2009)

○ Calentadores de Gas (Ilustración 4-7)

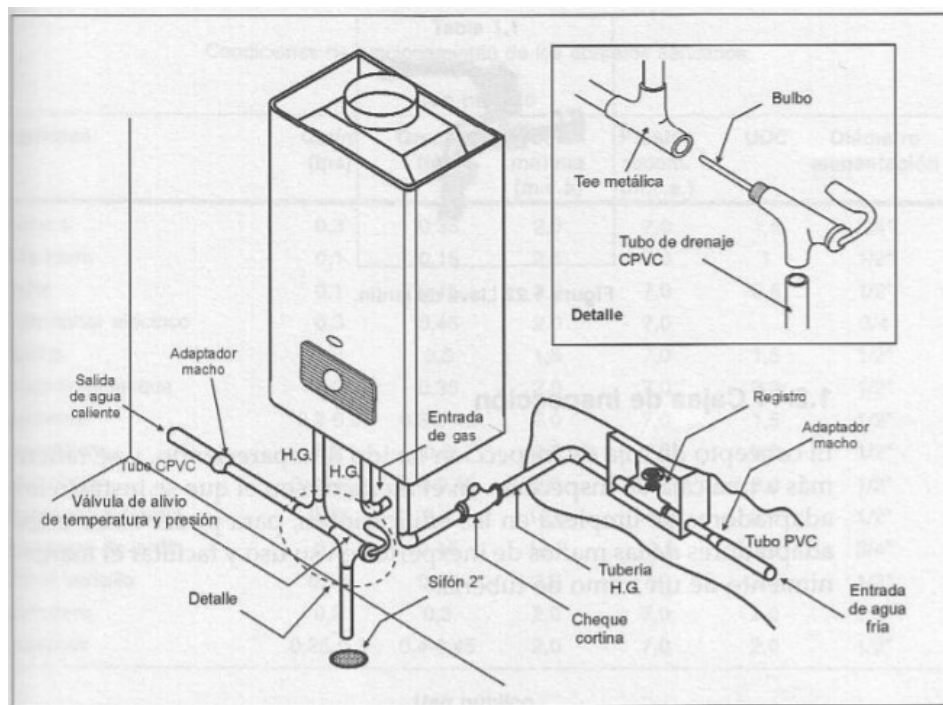


Ilustración 4-7 Esquema General Montaje Calentador de Gas. (Rodríguez Diaz, 2009)

Los calentadores requieren de un sistema de tuberías que permita recibir y distribuir el agua a cada uno de los aparatos, por esta razón se debe realizar un dimensionamiento hidráulico que permita que los aparatos sanitarios puedan funcionar correctamente, para lo cual se recomienda seguir una serie de pasos (Rodríguez Díaz, 2009) dentro de los cuales se mencionan:

- Identificar la ubicación y cantidad de aparatos sanitarios que estarán presentes en la vivienda o edificación.
- Realizar un trazado de la red de tubería.
- Determinar para cada uno de los tramos de la red el caudal máximo posible teniendo en cuenta la cantidad de aparatos sanitarios que debe alimentar y el caudal que demanda cada aparato.
- Realizar una estimación de las caudales circulantes por la red, donde de acuerdo a la NTC 1500 se recomienda utilizar el Método de Hunter Modificado
- Determinar el diámetro para cada tramo
- Verificar los rangos de las velocidades.

El método Hunter Modificado es un método que utiliza la “Unidad de Consumo” para determinar los caudales máximos probables.

Para unidades de consumo entre 3 y 240

$$Q = 0.1163 (UC)^{0.6875} \text{ para aparatos comunes}$$

$$Q = 0.7243 (UC)^{0.384} \text{ para aparatos con fluxómetro}$$

Para unidades de consumo entre 260 y 1000

$$Q = 0.074 (UC)^{0.7504} \text{ para aparatos comunes}$$

$$Q = 0.3356 (UC)^{0.5281} \text{ para aparatos con fluxómetro}$$

Donde Q es el caudal máximo probable en litros por segundo y UC son las unidades de consumo.

- Dispositivos Comerciales

Los primeros calentadores de agua fueron los de energía eléctrica con tanque acumulador de diferentes capacidades seguidos de las duchas eléctricas. Estos aparatos han dejado de ser atractivos debido a los altos costos de la energía eléctrica en comparación con el gas.

Las duchas eléctricas comercialmente se venden para 110 V o 220 V y potencias entre 2,5 kW y 5,5 KW, las cuales no son muy atractivas debido a que requieren de una acometida eléctrica independiente desde el tablero principal de alimentación y por su alto consumo energético.

Los calentadores eléctricos de paso multipunto se utilizan para múltiples salidas de agua y los unipunto para dar servicio a una ducha.

Por otro lado se encuentran los calentadores que usan como fuente de energía la combustión de gas, los cuales actualmente son muy utilizados en las viviendas de Bogotá, dado su bajo costo, entre los calentadores a gas se encuentran los de paso y los acumuladores, que pueden contar con diferentes capacidades.

La selección del tipo de calentador depende de muchas variables, entre otras:

- Sistema de energía: eléctrico o con gas.
- Espacio disponible para la ubicación del aparato y su acometida de agua caliente, energía eléctrica o gas.
- Cantidad de puntos que requieren suministro de agua caliente.

- Cuando en el hogar hay otros electrodomésticos que requieren agua caliente como la lavadora y lavaplatos es necesario tener previsto este consumo.
- Distancia donde se localizará el calentador. Los fabricantes estiman una pérdida de temperatura por distancia de 1 grado centígrado por cada 5 m de tubería.
- Para los de energía eléctrica el tipo de alimentación: Bifásico a 110 V o Trifásico a 220 V.
- Para calentadores a gas es ideal tener ventilación, la evacuación de gas residual (CO₂) es fundamental y para tal caso existen calentadores de tiro natural y de tiro forzado.

- Energía requerida.

Para determinar la energía necesaria para calentar un litro de agua se utiliza la ecuación fundamental de calorimetría:

$$Q = m \times C_e \times (T_f - T_i)$$

Donde:

Q: Cantidad de Calor (cal); 1 cal =4,1868J; 1Wh=3600J; 1kWh= 3'600.000J

m: Masa del Agua (g)

Ce: Calor específico del Agua (cal/g°C).

Tf: Temperatura Final, °C

Ti: Temperatura Inicial, °C

En Tabla 4-4 y Tabla 4-5 se incluyen los cálculos de la energía necesaria para calentamiento de un litro de agua

Tabla 4-4. Energía necesaria para calentar un litro de Agua.

CALCULO DE ENERGIA NECESARIA PARA CALENTAR UN LITRO DE AGUA, 20°C		
Q	Calor (cal)	
Tf	Temperatura final °C	30
Ti	Temperatura inicial °C	10
Ce	Calor específico del agua (cal/g °C)	1
M	Masa del agua (g)	1000
Q	20.000	cal
Q	83.736	J
Q	23	Wh
Q	0,023	kWh

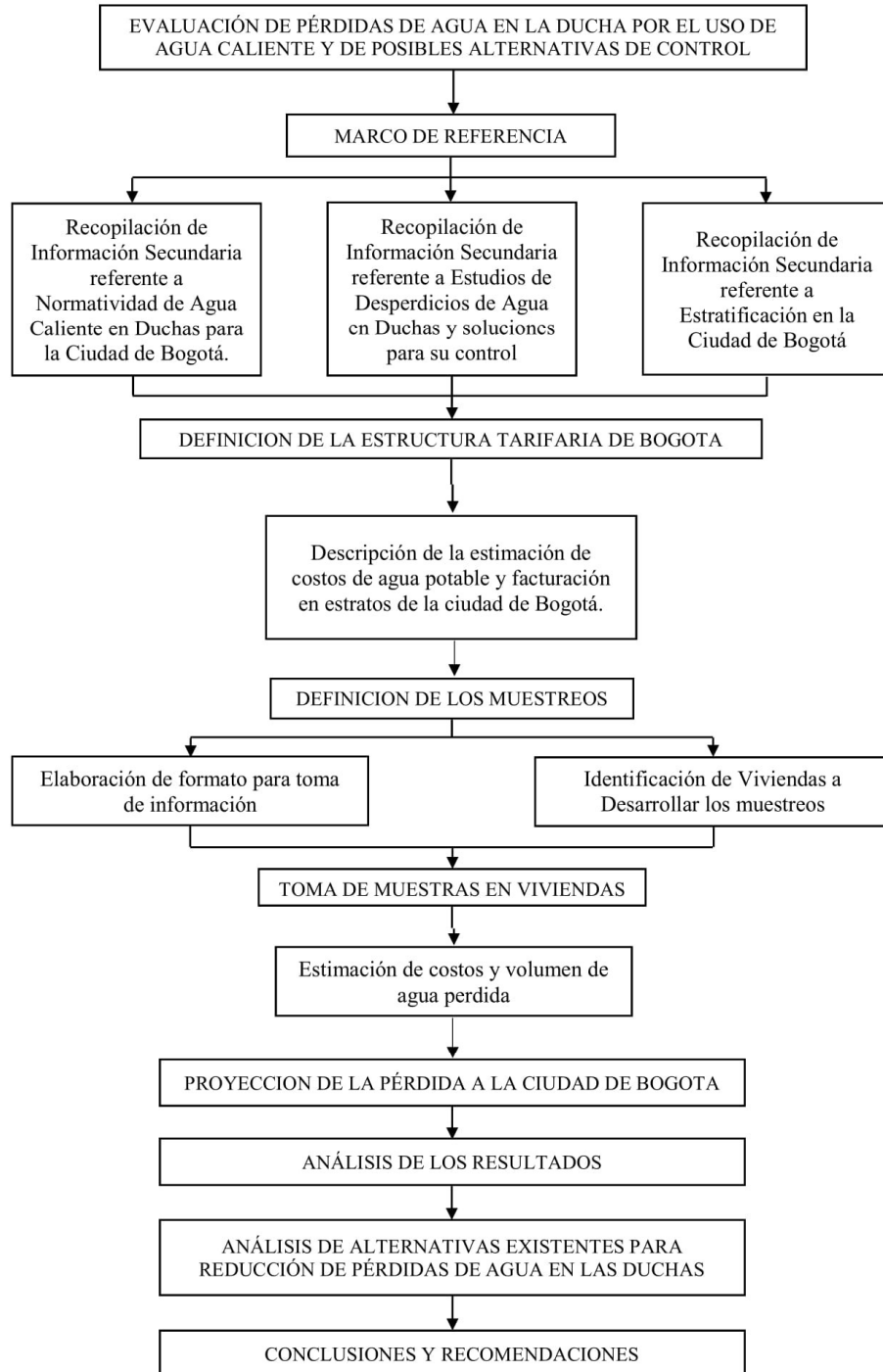
Tabla 4-5. Energía necesaria para calentar un litro de agua a diferentes temperaturas.

ENERGIA NECESARIA PARA CALENTAR UN LITRO DE AGUA		
(Tf-Ti) (° C)	Q (J)	E (kWh)
1	4186,8	0,0012
5	20934	0,0058
10	41868	0,0116
15	62802	0,0174
20	83736	0,0233
25	104670	0,0291
30	125604	0,0349
35	146538	0,0407
40	167472	0,0465
45	188406	0,0523
50	209340	0,0582

5 METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo, se presenta en la Figura 5-1.

Figura 5-1. Metodología.



6 ESTRUCTURA TARIFARIA DE BOGOTÁ

6.1 COSTOS DE AGUA POTABLE EN BOGOTÁ

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, para su proceso de facturación a sus suscriptores, tiene en cuenta tres servicios: acueducto, alcantarillado y aseo. (Ilustración 6-1).

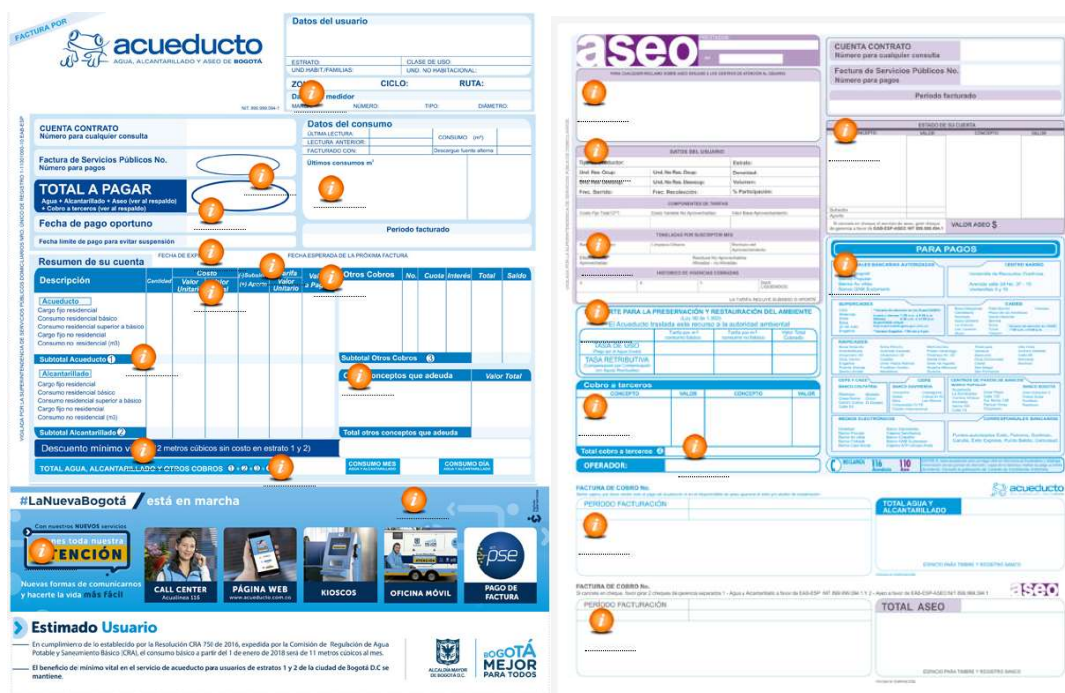


Ilustración 6-1. Factura de Servicio de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá.

- Agua

Para este ítem la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, establece un cargo fijo residencial, equivalente al valor unitario de un metro cúbico; adicional a éste, el usuario debe pagar un cargo por consumo residencial básico de 0 a 22 m³ bimestrales para el año 2018, con un valor unitario según el estrato. Si el usuario sobrepasa el consumo básico, se cobrarán

los metros cúbicos a una tarifa adicional que también depende del estrato en el que se encuentre el suscriptor, tal y como se presenta en la Tabla 6-1

- Alcantarillado

Para el ítem de Alcantarillado, el método de facturación es igual al del acueducto, compuesto por un cargo fijo residencial equivalente a un metro cúbico, un consumo residencial básico de 0 a 22 m³ y un consumo no básico cuando el usuario supera los 22m³. La diferencia entre los dos sistemas radica en que el valor unitario por sistema tiene un valor diferente, tal y como se presenta en la Tabla 6-2.

Tabla 6-1. Tarifas de Acueducto al mes de junio de 2018

R E S I D E N C I A	CARGO FIJO	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	\$/Suscriptor/2 meses							
	Estrato 1	3.793,22	3.793,22	3.764,88	3.891,76	3.891,76	3.891,76	3.891,76
	Estrato 2	7.586,42	7.586,42	7.529,77	7.783,52	7.783,52	7.783,52	7.783,52
	Estrato 3	10.747,44	10.747,44	10.667,17	11.026,66	11.026,66	11.026,66	11.026,66
	Estrato 4	12.644,04	12.644,04	12.549,61	12.972,54	12.972,54	12.972,54	12.972,54
	Estrato 5	28.322,64	28.322,64	28.111,13	29.058,48	29.058,48	29.058,48	29.058,48
	Estrato 6	34.644,66	34.644,66	34.385,93	35.544,76	35.544,76	35.544,76	35.544,76
D E N C I A	CONSUMO BÁSICO \$/m³	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	Estrato 1	689,90	689,90	733,37	757,98	757,98	757,98	757,98
	Estrato 2	1.379,79	1.379,79	1.466,75	1.515,95	1.515,95	1.515,95	1.515,95
	Estrato 3	1.954,70	1.954,70	2.077,89	2.147,59	2.147,59	2.147,59	2.147,59
	Estrato 4	2.299,65	2.299,65	2.444,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58
	Estrato 5	3.564,46	3.564,46	3.789,10	3.916,20	3.916,20	3.916,20	3.916,20
	Estrato 6	3.794,42	3.794,42	4.033,55	4.168,85	4.168,85	4.168,85	4.168,85
A L	CONSUMO NO BÁSICO \$/m³	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	Estrato 1	2.299,65	2.299,65	2.444,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58
	Estrato 2	2.299,65	2.299,65	2.444,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58
	Estrato 3	2.299,65	2.299,65	2.444,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58
	Estrato 4	2.299,65	2.299,65	2.444,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58	2.526,58
	Estrato 5	3.564,46	3.564,46	3.789,10	3.916,20	3.916,20	3.916,20	3.916,20
	Estrato 6	3.794,42	3.794,42	4.033,55	4.168,85	4.168,85	4.168,85	4.168,85

Tabla 6-2 Tarifas de Alcantarillado al mes de Junio de 2018

R E S I D E N C I A L	CARGO FIJO	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	\$/Suscriptor/2 meses							
	Estrato 1	1.773,56	1.773,56	1.778,15	1.838,08	1.838,08	1.838,08	1.838,08
	Estrato 2	3.547,12	3.547,12	3.556,31	3.676,16	3.676,16	3.676,16	3.676,16
	Estrato 3	5.025,08	5.025,08	5.038,10	5.207,88	5.207,88	5.207,88	5.207,88
	Estrato 4	5.911,86	5.911,86	5.927,18	6.126,92	6.126,92	6.126,92	6.126,92
	Estrato 5	14.720,54	14.720,54	14.758,67	15.256,04	15.256,04	15.256,04	15.256,04
	Estrato 6	20.455,04	20.455,04	20.508,03	21.199,14	21.199,14	21.199,14	21.199,14
	CONSUMO BÁSICO	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	\$/m³							
	Estrato 1	763,37	763,37	767,49	792,52	792,52	792,52	792,52
	Estrato 2	1.526,74	1.526,74	1.534,98	1.585,03	1.585,03	1.585,03	1.585,03
	Estrato 3	2.162,88	2.162,88	2.174,56	2.245,47	2.245,47	2.245,47	2.245,47
	Estrato 4	2.544,56	2.544,56	2.558,31	2.641,72	2.641,72	2.641,72	2.641,72
	Estrato 5	3.842,29	3.842,29	3.863,04	3.989,00	3.989,00	3.989,00	3.989,00
	Estrato 6	4.096,74	4.096,74	4.118,88	4.253,17	4.253,17	4.253,17	4.253,17
	CONSUMO NO BÁSICO	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18
	\$/m³							
	Estrato 1	2.544,56	2.544,56	2.558,31	2.641,72	2.641,72	2.641,72	2.641,72
	Estrato 2	2.544,56	2.544,56	2.558,31	2.641,72	2.641,72	2.641,72	2.641,72
	Estrato 3	2.544,56	2.544,56	2.558,31	2.641,72	2.641,72	2.641,72	2.641,72
	Estrato 4	2.544,56	2.544,56	2.558,31	2.641,72	2.641,72	2.641,72	2.641,72
	Estrato 5	3.842,29	3.842,29	3.863,04	3.989,00	3.989,00	3.989,00	3.989,00
	Estrato 6	4.096,74	4.096,74	4.118,88	4.253,17	4.253,17	4.253,17	4.253,17

6.2 REPORTE DE USUARIOS POR ESTRATOS SUSCRITOS AL SERVICIO DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN BOGOTÁ

La empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, para el control tarifario, recaudo de dinero por facturas, y control operativo mantiene una base de datos, en la cual tiene un reporte de los usuarios suscritos a la empresa, para el sistema de acueducto y de alcantarillado en Bogotá, Soacha, Gachancipá y Tocancipá (Tabla 6-3 a Tabla 6-11).

Tabla 6-3. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Soacha

	ACUEDUCTO		ALCANTARILLADO	
SOACHA	11 Residencial Estrato 1	22.788	12.009	
	11 Residencial Estrato 2	41.269	26.072	
	11 Residencial Estrato 3	93.066	92.071	
	11 Residencial Estrato 4	0	0	
	11 Residencial Estrato 5	0	0	
	11 Residencial Estrato 6	0	0	
	Total Residencial	157.123	130.152	
	12 Industrial	172	145	
	13 Comercial	2.620	2.278	
	14 Oficial	111	95	
	15 Multiusuario	2.169	1.692	
	16 Especial	13	13	
	Total No Residencial	5.085	4.223	
	Total Zona 5	162.208	134.375	

Tabla 6-4. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Gachancipá

		ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
		21 Residencial Estrato 1	0
21 Residencial Estrato 2	1.662	0	
21 Residencial Estrato 3	0	0	
21 Residencial Estrato 4	0	0	
21 Residencial Estrato 5	0	0	
21 Residencial Estrato 6	0	0	
GACHANCIPA	Total Residencial	1.662	0
	22 Industrial	0	0
	23 Comercial	91	0
	24 Oficial	7	0
	25 Multiusuario	140	0
	26 Especial	0	0
	Total No Residencial	238	0
	Total Zona 1	1.900	0

Tabla 6-5. Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado en Tocancipá

		ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
		21 Residencial Estrato 1	0
21 Residencial Estrato 2	4	0	
21 Residencial Estrato 3	0	0	
21 Residencial Estrato 4	0	0	
21 Residencial Estrato 5	0	0	
21 Residencial Estrato 6	0	0	
TOCANCIPÁ	Total Residencial	4	0
	22 Industrial	1	0
	23 Comercial	3	0
	24 Oficial	0	0
	25 Multiusuario	0	0
	26 Especial	0	0
	Total No Residencial	4	0
	07 MUNICIPIOS		
	Total Zona 1	8	0

Para la ciudad de Bogotá, la empresa se encuentra dividida en 5 Direcciones de Acueducto y Alcantarillado, las cuales se encargan de operar y mantener las redes de distribución y recolección

de determinadas zonas previamente delimitadas, las cuales se denominan “Zona 1”, “Zona 2”, “Zona 3”, “Zona 4”, y “Zona 5” tal y como se presenta en la Ilustración 6-2

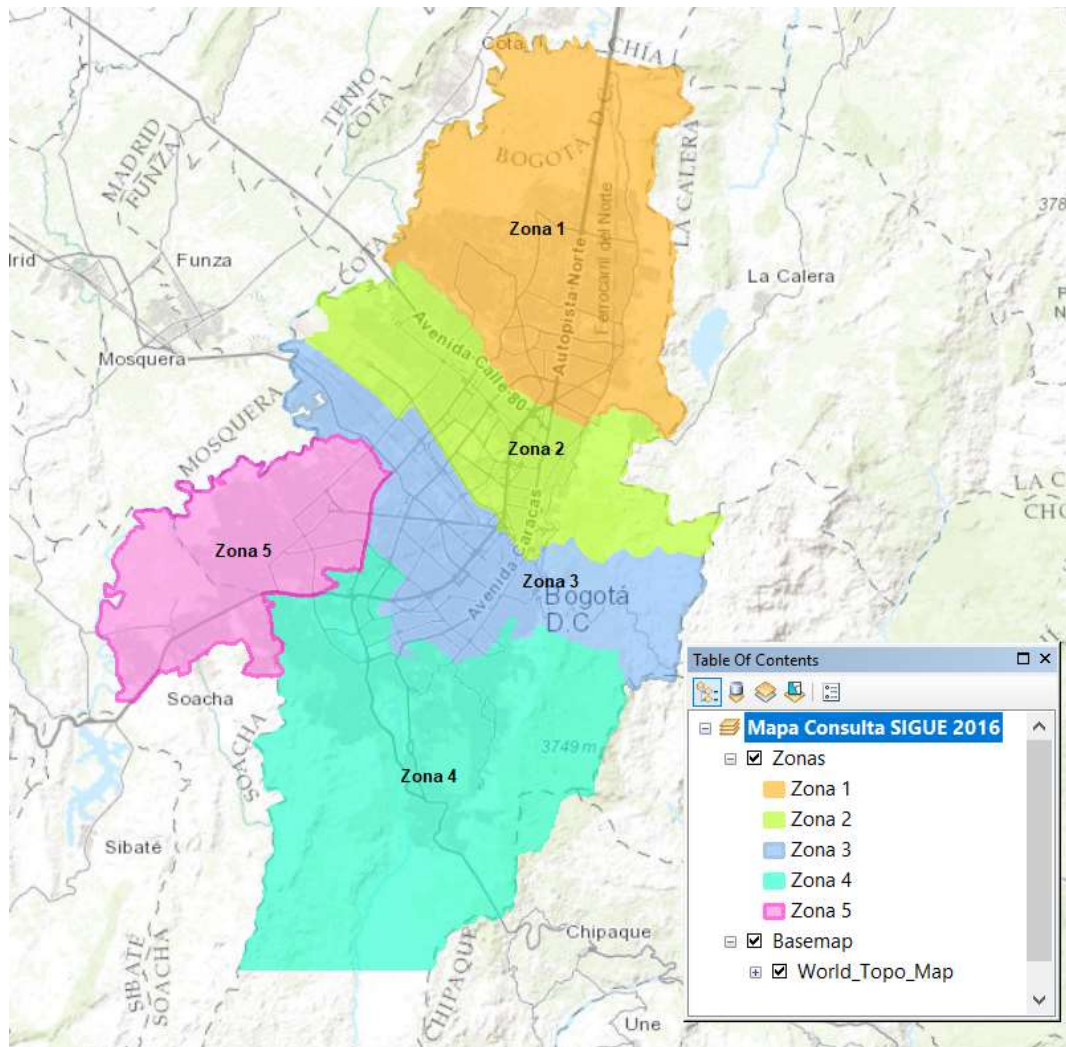


Ilustración 6-2. Delimitación de la Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4 y Zona 5 de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá.

Tabla 6-6 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 1

ZONA 1	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
01 Residencial Estrato 1	3.515	2.809
01 Residencial Estrato 2	89.877	88.230
01 Residencial Estrato 3	150.062	149.809
01 Residencial Estrato 4	142.613	142.535
01 Residencial Estrato 5	82.861	81.613
01 Residencial Estrato 6	61.807	61.226
Total Residencial	530.735	526.222
02 Industrial	774	759
03 Comercial	36.655	36.472
04 Oficial	446	444
05 Multiusuario	6.049	6.014
06 Especial	208	196
Total No Residencial	44.132	43.885
07 MUNICIPIOS	9	0
Total Zona 1	574.876	570.107

Tabla 6-7 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 2

ZONA 2	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
01 Residencial Estrato 1	2.157	1.792
01 Residencial Estrato 2	40.721	39.503
01 Residencial Estrato 3	167.462	167.434
01 Residencial Estrato 4	82.350	82.349
01 Residencial Estrato 5	11.188	11.188
01 Residencial Estrato 6	14.973	14.973
Total Residencial	318.851	317.239
02 Industrial	1.528	1.521
03 Comercial	39.788	39.599
04 Oficial	860	826
05 Multiusuario	11.679	11.617
06 Especial	458	458
Total No Residencial	54.313	54.021
07 MUNICIPIOS	1	0
Total Zona 2	373.165	371.260

Tabla 6-8 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 3

ZONA 3	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
01 Residencial Estrato 1	1.250	1.087
01 Residencial Estrato 2	40.064	38.857
01 Residencial Estrato 3	176.891	176.473
01 Residencial Estrato 4	66.128	66.107
01 Residencial Estrato 5	2.736	2.736
01 Residencial Estrato 6	0	0
Total Residencial	287.069	285.260
02 Industrial	3.514	3.481
03 Comercial	40.170	39.902
04 Oficial	1.180	1.177
05 Multiusuario	16.933	16.573
06 Especial	337	337
Total No Residencial	62.134	61.470
07 MUNICIPIOS	4	0
Total Zona 3	349.207	346.730

Tabla 6-9 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 4

ZONA 4	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
01 Residencial Estrato 1	96.724	88.873
01 Residencial Estrato 2	182.362	180.058
01 Residencial Estrato 3	53.628	53.614
01 Residencial Estrato 4	0	0
01 Residencial Estrato 5	0	0
01 Residencial Estrato 6	0	0
Total Residencial	332.714	322.545
02 Industrial	974	966
03 Comercial	9.871	9.781
04 Oficial	666	660
05 Multiusuario	18.672	18.551
06 Especial	126	124
Total No Residencial	30.309	30.082
Total Zona 4	363.023	352.627

Tabla 6-10 Número de suscriptores al servicio de Acueducto y Alcantarillado Zona 5

ZONA 5	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO
01 Residencial Estrato 1	17.619	16.175
01 Residencial Estrato 2	234.739	230.973
01 Residencial Estrato 3	91.768	91.761
01 Residencial Estrato 4	1.370	1.370
01 Residencial Estrato 5	0	0
01 Residencial Estrato 6	0	0
Total Residencial	345.496	340.279
02 Industrial	392	381
03 Comercial	8.984	8.866
04 Oficial	372	371
05 Multiusuario	10.127	9.947
06 Especial	40	40
Total No Residencial	19.915	19.605
07 MUNICIPIOS	1	0
Total Zona 5	365.412	359.884

Tabla 6-11. Total de Suscriptores por Estrato.

Suscriptores Acueducto y Alcantarillado	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	TOTAL
Residencial Estrato 1	3.515	2.157	1250	96.724	17.619	121.265
Residencial Estrato 2	89.877	40.721	40.064	182.362	234.739	587.763
Residencial Estrato 3	150.062	167.462	176.891	53.628	91.768	639.811
Residencial Estrato 4	142.613	82.350	66.128	0	1.370	292.461
Residencial Estrato 5	82.861	11.188	2.736	0	0	96.785
Residencial Estrato 6	61.807	14.973	0	0	0	76.780
TOTAL SUSCRIPTORES						1.814.865

6.3 ESTRUCTURA TARIFARIA DE ENERGIA Y GAS EN BOGOTÁ

- Gas Natural

El esquema tarifario del Gas Natural está dispuesto con la ley 142 de servicios públicos domiciliarios de 1994, artículo 86 y siguientes, además las resoluciones CREG 137 y 138 de 2013.

En la estructura tarifaria para el gas natural se incluyen los costos de:

- Producción / Suministro (Gm).
- Transporte (TM)
- Distribución (Dm)
- Comercialización (Cm-Cvm).

La tarifa es el costo de la prestación del servicio, regulada por la comisión de regulación de energía (CREG), la cual refleja los costos de suministro, transporte distribución y comercialización.

El costo del transporte de suministro se traslada al cliente; en el mercado residencial representa entre el 60% y 70% del costo total de la tarifa

El costo final se encuentra dividido en un cargo fijo y un cargo variable a los cuales se les aplica el subsidio o contribución de acuerdo con la ley.

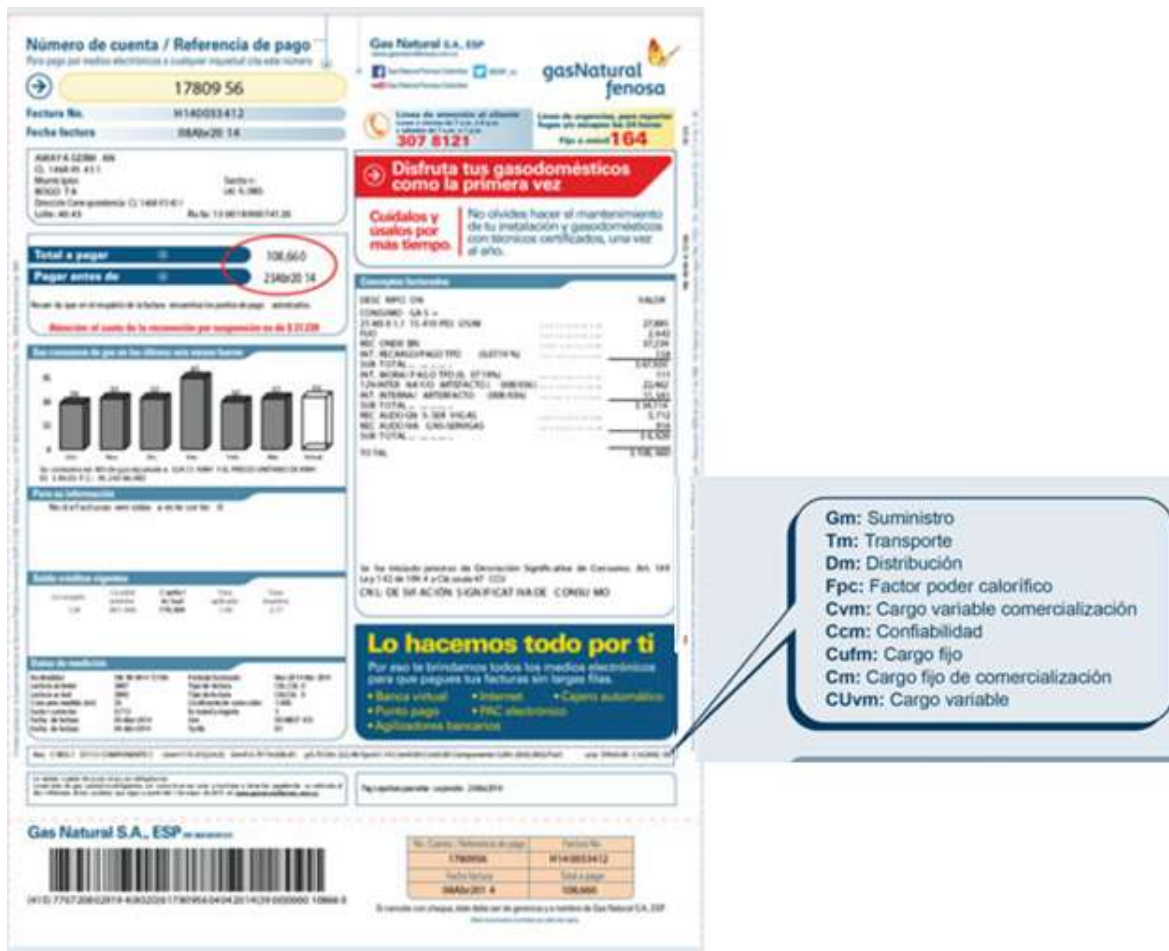


Ilustración 6-3. Recibo de Gas Natural.

El costo de la tarifa del Gas Natural varía mes a mes, y depende de:

- El costo del Gas.
- La Tasa representativa del Mercado.
- Las Condiciones económicas de los contratos de compra y transporte de gas que adquieren los comercializadores.
- El origen y trayectoria del gas comprado.
- La variación de los indicadores económicos IPC e IPP

El costo de gas de acuerdo con las fórmulas establecidas por la comisión reguladora varían para diferentes zonas del país.

La tarifa final se basa es en el volumen en metros cúbicos del gas suministrado y su costo.

Un ejemplo para el mes de Julio 2018 se presenta en la Tabla 6-12:

Tabla 6-12. Tarifa de Gas Natural.

	Límite inferior (m3)	Límite superior (m3)	($Dm_{i,j} \times fpc_{m,i,j}$) \$/m3	$CU_{vm,i,j}$ \$/m3	$CU_{fm,i,j}$ \$/factura
Rango 1	0	26.300	418,26	1.527,03	3.056,00
Rango 2	26.301	74.500	388,92	1.497,69	3.056,00
Rango 3	74.501	438.300	375,72	1.484,49	3.056,00
Rango 4	438.301	789.000	265,69		
Rango 5	789.001	1.490.300	228,64		
Rango 6	1.490.301	10.000.000	174,26		

*El cargo de distribución aplicado a cada rango de consumo es ajustado por el factor multiplicador del poder calorífico ($fpc_{m,i,j}$) y se aplica al volumen corregido por presión y temperatura.

(1) Para clientes No Regulados el costo unitario se aplica de conformidad con los términos contractuales

Subsidios	% S	Cm (\$/m3)	Subs (\$/m3)	T Eq (\$/m3)
Estrato 1 (*)	-50,37%	1.748,57	-880,84	867,73
Estrato 2 (*)	-37,63%	1.757,93	-661,57	1.096,35

Porcentajes de Contribución	
Estrato 5	20%
Estrato 6	20%
No Residencial	8,9%

**El valor del subsidio en \$/m3 corresponde a %S * Cm de acuerdo con lo establecido en la Resolución CREG 186 de 2014

Cargo de Distribución para comercializadores de GNCV	418,26 \$/m3
---	--------------

Para liquidar las pérdidas del sistema de distribución a comercializadores se emplearán los componentes Gm y Tm regulados

- Energía Eléctrica (Codensa)

El costo de la energía en Colombia es regulado por la comisión de regulaciones de energía (CREG); para la ciudad de Bogotá se establece de acuerdo con la resolución 119 de 2007.

El costo final del kWh de la energía, al igual que el gas natural, depende de la generación, transmisión, distribución, comercialización, pérdidas, restricciones y del sector residencial, áreas comunes, nivel de tensión 1 y sector no residencial.

Las tarifas adoptadas para el mes de Julio de 2018, para el sector residencial en la Ciudad de Bogotá, se presentan en la Tabla 6-13.

Tabla 6-13 Tarifa de Energía Eléctrica (Codensa)

SECTOR RESIDENCIAL NIVEL DE TENSIÓN 1				
ESTRATO (E)	RANGO DE CONSUMO (kWh-mes)	PROPIEDAD DE CODENSA (\$/kWh)	PROPIEDAD DEL CLIENTE (*) (\$/kWh)	PROPIEDAD COMPARTIDA (*) (\$/kWh)
E1	0-CS (+)	205,1726	189,9541	197,5635
	Más de CS	503,3308	467,1471	485,2390
E2	0-CS (+)	256,4661	237,4428	246,9542
	Más de CS	503,3308	467,1471	485,2390
E3	0-CS (+)	427,8312	397,0750	412,4532
	Más de CS	503,3308	467,1471	485,2390
E4	Todo consumo	503,3308	467,1471	485,2390
E5	Todo consumo	603,9970	560,5765	582,2868
E6	Todo consumo	603,9970	560,5765	582,2868

- Relación de Precio Unitario por kwh de Energía Vs Gas Natural en Bogotá

En el mes de Julio de 2018, para un usuario de estrato 6 el precio unitario promedio del gas es de \$ 119 /kWh, y de \$ 479,36 /kWh por energía eléctrica. Por tanto, la relación de costo energía eléctrica/ gas natural es de 4 a 1 por kWh, razón de la preferencia por parte de los usuarios de calentar el agua en un hogar con gas natural y no con energía eléctrica. Esta relación está calculada únicamente en el costo unitario de la energía. Si se aplican las contribuciones y subsidios descritos en la ley, este valor sería mucho más alto para los estratos altos y su preferencia por calentadores a gas sería mayor.

7 METODOLOGIA PARA MUESTREO

7.1 SELECCION DE VIVIENDAS:

Se realizó una preselección de 20 unidades de vivienda por cada estrato de Bogotá, para un total de 120 muestras; para obtener un índice de desperdicio de agua desde el estrato 1 al estrato 6. Se realizaron las visitas iniciales de inspección, en las cuales se buscaba contar con la aprobación del propietario o arrendatario del inmueble para ser parte del estudio y contar con el permiso para entrar a la vivienda y realizar la toma de muestra en las duchas, así como para revisar e indagar por sus hábitos de aseo, frecuencia de ducha con agua caliente, y tipo o mecanismo con el cual calienta el agua.

7.2 FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las variables y parámetros que se seleccionaron para ser diligenciados a la hora de realizar las mediciones en las viviendas son:

- **Tipo de Vivienda:** Casa o apartamento.
- **Estrato:** De acuerdo al Decreto 394 de 2017 de la Alcaldía Mayor de Bogotá, (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017), donde se establece la estratificación urbana se selecciona un valor que puede variar entre estrato 1 al estrato 6.
- **No de Personas en vivienda.**
- **Localidad:** Se diligencia la localidad en la cual se ubica el predio donde se desarrolló la prueba.

- **Cantidad de Duchas:** Este parámetro se indaga con el fin de identificar si la prueba se realiza para condiciones individuales, una ducha operando, o para condiciones mixtas, dos duchas operando al mismo tiempo.
- **Tipo de Calentador:** Para este parámetro se seleccionaron calentadores a gas de paso, a gas acumuladores, eléctricos de paso, eléctricos acumuladores.
- **Prueba No 1 (Solo la Ducha No 1):** Se toma el tiempo en segundos y volumen de agua medido en litros desperdiciado desde el momento en que se abre la llave hasta que el agua se caliente y salga en la ducha No 1.
- **Prueba No 2 (Solo la Ducha No 2):** Se toma el tiempo en segundos y volumen de agua medido en litros desperdiciado desde el momento en que se abre la llave hasta que el agua se caliente y salga en la ducha No 2.
- **Prueba No 3 (La Ducha No 1 y Ducha No 2 operando simultáneamente):** Se toma el tiempo en segundos y volumen de agua medido en litros desperdiciado desde el momento en que se abre la llave hasta que el agua se caliente y salga en las dos duchas.
- **Observaciones:** Se diligencia en caso de que se presentara alguna situación anormal durante la medición del volumen de agua.

Los formatos diligenciados se encuentran en los anexos de este documento.

7.3 REGISTRO DE VOLÚMENES Y PERIODOS DE AGUA DESPERDICIADA.

Se utilizaron recipientes calibrados con una capacidad de 12L, cronómetros y elementos de comunicación tipo walkie talkie

Se realizaron las pruebas bajo 3 escenarios diferentes, siempre y cuando las condiciones de la vivienda lo permitieran. El primer escenario correspondía a realizar la prueba teniendo en cuenta solo una ducha, para lo cual se realizaba inicialmente una medición aproximada de la distancia a la cual se encuentra el calentador de la ducha, y posteriormente se abría la llave para tomar los tiempos y volúmenes de agua. Un segundo escenario corresponde a las viviendas con una segunda ducha, para lo cual se realizaba el mismo procedimiento del escenario no 1. Un tercer escenario que al igual que el escenario 2 se podía desarrollar siempre y cuando la vivienda tuviera una segunda ducha, en donde se realizaba la prueba y se tomaban los tiempos y volúmenes de agua que tardaba el agua en calentarse, operando las dos duchas simultáneamente.

7.4 CONSOLIDACIÓN DE DATOS

Con los formatos en físico, para cada una de las 120 unidades de vivienda, se realiza una base de datos con cada uno de los parámetros medidos.

8 RESULTADOS

8.1 AFOROS

En la Tabla 8-1 a Tabla 8-5, se presenta el resultado de la información obtenida en cada una de las viviendas donde se permitió realizar las mediciones de volumen de agua desperdiciada en la ducha con agua caliente. Para cada uno de los estratos se realizó un muestreo de 20 viviendas, a excepción del estrato 1 donde no se pudo realizar este muestreo, por las siguientes razones:

- La construcción de estas viviendas no cuenta con un sistema hidráulico independiente para agua caliente.
- Todas las viviendas visitadas de estrato 1, no cuentan con calefactores, ni ningún dispositivo de calentamiento de agua a pesar de que la gran mayoría se encuentran suscritos al servicio de gas natural, así mismo ninguna de estas tiene una ducha eléctrica.
- Dentro del estrato 1 se encuentran las viviendas de interés social, donde los constructores no incluyen sistemas hidráulicos para agua caliente, y han dejado simplemente conexiones para que el usuario final sea quien implemente este sistema.
- Muchas viviendas de estrato 1 han sido construidas por los propios dueños, en diferentes etapas, en las cuales no se ha concebido e implementado un sistema hidráulico para agua caliente.

Para las viviendas de estrato 2 al estrato 6, se lograron realizar las mediciones, en 20 viviendas por estrato, localizadas en los siguientes sectores:

- **Estrato 2**
 - Localidad de San Cristóbal (Barrios Buenos Aires, Bellomonte y Murillo).
 - Localidad de Kennedy (Barrio Class).
 - Localidad de Engativá (Barrio Villa Gladys).

- Localidad de Bosa (Barrio Nueva Roma, Alfonso López, Laureles).
- Localidad de Suba (Barrio El Rincón).
- Localidad de Usaquén (Barrio Terrazas San Ángel).

- **Estrato 3**
 - Localidad de Usaquén (Barrio Uribe).
 - Localidad de Engativá (Barrio Normandía y Santa Cecilia).
 - Localidad de Puente Aranda (Barrio Villa Inés).
 - Localidad de Kennedy (Barrio Kennedy Central y Villa Alsacia)

- **Estrato 4**
 - Localidad de Fontibón (Barrio La Felicidad y La Esperanza).
 - Localidad de Usaquén (Barrio Villas del Mediterráneo, Villa Magdala y Cedritos).
 - Localidad de Suba (Barrio Villa del Prado).

- **Estrato 5**
 - Localidad de Suba (Barrio Pontevedra, Colina Campestre, Gratamira, Lagos de Córdoba, Nueva Autopista).
 - Localidad de Usaquén (Barrio Santa Barbara).

- **Estrato 6**
 - Localidad de Suba (Barrio Altos de Sotileza, Monticello y Montearroyo).
 - Localidad de Usaquén (Barrio Santa Bibiana, Bosque Medina, Santa Bárbara y Santa Ana).

8.1.1 Estrato 2.

Tabla 8-1. Mediciones realizadas para el Estrato 2.

No	TIPO VIVIENDA	No Hab/viv	LOCALIDAD	No DUCHAS	DISTANCIA APROX FUENTE DE CALOR		TIPO CALENTADOR	AFOROS VOL DE AGUA DESPERDICIAO							
					DIST DUCHA 1 (m)	DIST DUCHA 2 (m)		DUCHA 1		DUCHA 2		DUCHA 1 + DUCHA 2			
								D1 TIEMPO (S)	D1 Vol (L)	D2 TIEMPO (S)	D2 Vol (L)	D1 TIEMPO (S) (D1+D2)	D1 Vol (L) (D1+D2)	D2 TIEMPO (S) (D1+D2)	D2 Vol (L) (D1+D2)
21	CASA	6	SAN CRISTOBAL	2	20	23	ELEC PASO	31	5,1	35	5,7	83	7,4	107	9,5
22	CASA	5	SAN CRISTOBAL	1	5	-	GAS PASO	45	4,2	-	-	-	-	-	-
23	CASA	6	KENNEDY	1	1,2	-	GAS PASO	30	2	-	-	-	-	-	-
24	APT	4	KENNEDY	1	4,9	-	GAS PASO	21	2	-	-	-	-	-	-
25	CASA	3	ENGATIVA	1	4,3	-	GAS PASO	48	4	-	-	-	-	-	-
26	CASA	8	SAN CRISTOBAL	1	3	-	GAS PASO	40	3,8	-	-	-	-	-	-
27	CASA	5	BOSA	1	4,8	-	GAS PASO	25	2,4	-	-	-	-	-	-
28	CASA	5	BOSA	1	5	-	GAS PASO	30	2,8	-	-	-	-	-	-
29	CASA	5	SAN CRISTOBAL	2	17	15	GAS PASO	45	4,3	40	3,8	-	-	-	-
30	CASA	8	KENNEDY	2	3,5	-	GAS PASO	8	0,9	-	-	-	-	-	-
31	CASA	4	ENGATIVA	1	15,2	-	GAS PASO	43	3,8	-	-	-	-	-	-
32	CASA	5	SAN CRISTOBAL	1	7,5	-	GAS PASO	19	1,9	-	-	-	-	-	-
33	CASA	8	BOSA	2	15	20	GAS PASO	33	3,7	45	5,1	44	2,8	78	1
34	CASA	6	BOSA	2	8	23	GAS PASO	22	2,1	59	5,7	79	3,2	-	-
35	CASA	8	SUBA	3	5	11	GAS PASO	8,4	1,2	18	2,7	10,5	0,8	19,5	1,5
36	CASA	12	SUBA	3	6	9	GAS PASO	20	1,5	28,3	2,2	26	0,5	53	1,8
37	CASA	7	SUBA	2	4	8,5	GAS PASO	10	1	21,5	2,2	14	0,6	32,5	1,4
38	CASA	4	SUBA	1	7	-	GAS PASO	38	1,7	-	-	-	-	-	-
39	APT	3	USAQUEN	2	3	-	GAS PASO	8,2	0,7	-	-	-	-	-	-
40	APT	3	USAQUEN	2	3	-	GAS PASO	9	1	-	-	-	-	-	-

Para el Estrato 2 (Tabla 8-1) se encontró que de las 20 viviendas muestreadas 19 contaban con un calentador de gas de paso y solo 1 contaba con un calentador eléctrico de paso. En las 20 viviendas, 10 tenían una sola ducha, 8 tenían dos duchas y 2 tenían 3 duchas, los resultados para el Estrato 2 fueron:

- Los tiempos de espera para la prueba No 1 y 2, las cuales corresponden a la medición del volumen de agua cuando se opera independientemente la ducha 1 y la ducha 2 oscilan entre 8 y 59 segundos.
- Los volúmenes de agua perdidos para la prueba No 1 y 2, oscilan entre 0,7 litros y 5,7 litros. El valor máximo se obtuvo tanto para el calentador de tipo eléctrico como para el calentador a gas.
- Para la prueba No 3, donde se operaron las dos duchas simultáneamente, el tiempo y volumen de agua perdido aumentaron, se obtuvo tiempos de espera de hasta 107 segundos y 9,5 litros de agua, es decir aumentaron hasta casi al doble de los resultados obtenidos en las pruebas no 1 y 2. Además, se observó que cuando se operan las duchas simultáneamente, el sistema hidráulico de agua caliente es ineficiente. En 4 de las 8 viviendas donde se pudo tomar las muestras, el calentador no lograba funcionar con las dos duchas, o se calentaba el agua, pero el caudal no era suficiente para tomar un baño normal; es decir el sistema hidráulico o la capacidad del calentador es ineficiente para el suministro de agua caliente a dos duchas simultáneamente.

8.1.2 Estrato 3.

Tabla 8-2. Mediciones realizadas para el Estrato 3

No	TIPO VIVIENDA	No Hab/viv	LOCALIDAD	No DUCHAS	DISTANCIA APROX FUENTE DE CALOR		TIPO CALENTADOR	AFOROS VOL DE AGUA DESPERDICIAO							
					DIST DUCHA 1 (m)	DIST DUCHA 2 (m)		DUCHA 1		DUCHA 2		DUCHA 1 + DUCHA 2			
								D1 TIEMPO (S)	D1 Vol (L)	D2 TIEMPO (S)	D2 Vol (L)	D1 TIEMPO (S) (D1+D2)	D1 Vol (L) (D1+D2)	D2 TIEMPO (S) (D1+D2)	D2 Vol (L) (D1+D2)
41	APT	2	USAQUEN	1	7	-	GAS PASO	30	1,8	-	-	-	-	-	-
42	CASA	4	ENGATVA	3	3	6	ELEC PASO	18	0,8	30	1,4	-	-	-	-
43	CASA	9	PUENTE ARANDA	2	2,2	13	GAS PASO	45	4,3	78	6,8	-	-	-	-
44	CASA	12	KENNEDY	4	6	18	GAS PASO	20,5	1,6	58	4,4	31	2,4	-	-
45	CASA	9	KENNEDY	3	8	20	GAS PASO	28,3	1,9	71,7	4,8	-	-	-	-
46	CASA	16	KENNEDY	4	13	20	GAS PASO	26,3	3,2	40	4,8	-	-	-	-
47	CASA	6	KENNEDY	1	15	-	GAS PASO	25,6	3,8	-	-	-	-	-	-
48	APT	3	USAQUEN	2	5	6,9	GAS PASO	7,7	1,2	10	1,7	15,8	1,8	51,3	2,6
49	APT	3	USAQUEN	2	5	6,9	GAS PASO	7	1	8	1,5	13	1,6	48	2,5
50	APT	2	USAQUEN	1	5	-	GAS PASO	6	1	-	-	-	-	-	-
51	CASA	8	PUENTE ARANDA	2	4	13	GAS PASO	6,2	1,1	19,9	3,3	-	-	-	-
52	CASA	12	PUENTE ARANDA	3	3,5	9	GAS PASO	5,4	0,9	14	2,3	-	-	-	-
53	CASA	5	PUENTE ARANDA	2	7	12	GAS PASO	10,8	1,8	18,5	3,3	24	2,4	57	5,8
54	CASA	6	ENGATVA	2	9	13	GAS PASO	22,5	2,3	32,5	3,3	-	-	-	-
55	CASA	8	ENGATVA	2	5,4	8,7	GAS PASO	11,7	1,3	19	2,2	23,7	2,1	-	-
56	CASA	7	ENGATVA	2	8	14,2	GAS PASO	21,2	1,9	37	3,6	-	-	-	-
57	APT	3	KENNEDY	2	3	6,8	GAS PASO	5,6	0,8	12,4	1,7	15,8	1,4	29	2,6
58	APT	4	KENNEDY	2	3	6,8	ELEC PASO	4,5	0,7	10,2	1,5	14,4	1,2	32,9	2,8
59	APT	2	KENNEDY	1	7	-	ELEC PASO	14	1,8	-	-	-	-	-	-
60	APT	3	KENNEDY	2	3	6,8	GAS PASO	6,2	0,9	11,8	1,6	18	1,6	29,3	2,6

Para el Estrato 3 (Tabla 8-2), se encontró que de las 20 viviendas muestreadas 17 contaban con un calentador de gas de paso y 3 contaban con un calentador eléctrico de paso, 4 tenían una sola ducha, y 16 tenían más de una ducha, los resultados para el Estrato 3 fueron:

- Los tiempos de espera cuando se operan independientemente la ducha 1 y la ducha 2 oscilan entre 4,5 segundos y 71,7 segundos. El valor máximo se obtuvo con un calentador de gas a paso.
- Los volúmenes de agua perdidos para la prueba No 1 y 2, oscilan entre 0,7 y 6,8 litros. El valor máximo se obtuvo para el calentador de gas
- Para la prueba No 3, donde se operaron las dos duchas simultáneamente, se encontró que el volumen de agua perdido aumentó a un valor de 5,8 litros. En este estrato también se presentaron problemas en 11 de las 16 viviendas que tenían más de una ducha, en donde el sistema de agua caliente no funcionaba de una manera adecuada que permitiera que ambas duchas tuvieran el acceso al agua caliente con un caudal suficiente para que el usuario pueda bañarse.

8.1.3 Estrato 4.

Tabla 8-3. Mediciones realizadas para el Estrato 4.

No	TIPO VIVIENDA	No Hab/viv	LOCALIDAD	No DUCHAS	DISTANCIA APROX FUENTE DE CALOR		TIPO CALENTADOR	AFOROS VOL DE AGUA DESPERDICIAO							
					DIST DUCHA 1 (m)	DIST DUCHA 2 (m)		DUCHA 1		DUCHA 2		DUCHA 1 + DUCHA 2			
								D1 TIEMPO (S)	D1 Vol (L)	D2 TIEMPO (S)	D2 Vol (L)	D1 TIEMPO (S) (D1+D2)	D1 Vol (L) (D1+D2)	D2 TIEMPO (S) (D1+D2)	D2 Vol (L) (D1+D2)
61	APT	4	FONTIBON	2	7	11	GAS PASO	35	3,9	50	5,1	49	5,5	78	8
62	APT	3	FONTIBON	2	7	11	GAS PASO	30	3,8	48	4,8	41	5,2	56	7,1
63	APT	4	FONTIBON	2	7	11	GAS PASO	29	3,5	39	4,2	42	5,2	53	6,5
64	APT	2	FONTIBON	2	7	11	GAS PASO	33	4	49	4,6	41	5	55	7
65	CASA	4	USAQUEN	2	5,5	3,3	GAS PASO	55	5	48	4	-	-	-	-
66	CASA	3	USAQUEN	2	5,5	3,3	GAS PASO	39	4,3	29	3,1	-	-	-	-
67	CASA	5	USAQUEN	2	5,5	3,3	ELEC PASO	25	3,3	19	2,7	-	-	32	3,8
68	CASA	3	USAQUEN	2	5,5	3,3	ELEC PASO	30	3	21	2,4	-	-	28	2,9
69	CASA	7	USAQUEN	3	14	22	GAS ACUMULADOR	17,5	1,8	27,5	2,8	19	2	30	3
70	CASA	5	USAQUEN	3	14	22	GAS PASO	23	3,2	29	4,4	46	4,7	-	-
71	CASA	4	USAQUEN	3	14	22	ELEC ACUMULADOR	16	2	23	2,7	26,7	2,2	41	3,4
72	APT	3	USAQUEN	2	8	4	GAS PASO	7,3	1,2	4,7	0,9	14,5	1,6	10	1,1
73	APT	3	USAQUEN	2	8	4	GAS PASO	8	1,3	5,3	1	16,3	1,8	11	1,2
74	APT	4	USAQUEN	2	8	4	GAS PASO	6,8	1,1	4,5	0,9	12,7	1,4	9	1
75	APT	3	USAQUEN	2	8	4	GAS PASO	6,7	1,1	5	1	13,6	1,5	11,8	1,3
76	APT	4	FONTIBON	2	3	7	GAS PASO	5,3	0,7	9,4	1,4	20	1,6	-	-
77	APT	3	FONTIBON	2	3	7	GAS PASO	4,5	0,6	8,5	1,3	12,5	1	-	-
78	APT	3	FONTIBON	2	3	7	GAS PASO	5	0,7	9	1,3	15	1,2	-	-
79	CASA	3	SUBA	2	5	10	ELEC PASO	10,9	1,2	17,2	1,9	27	1,9	-	-
80	CASA	4	SUBA	2	5	10	GAS PASO	15,2	1,8	23	2,7	38	2,7	-	-

En las 20 viviendas muestreadas 15 contaban con un calentador de gas de paso, 1 con un calentador a gas acumulador, 3 con un calentador eléctrico de paso, y una con un calentador eléctrico acumulador. Todas las 20 viviendas contaban con más de una ducha, lo que permitió realizar la medición para la prueba No 2 y No 3, los resultados para el Estrato 4 (Tabla 8-3) fueron:

- Los tiempos de espera cuando se opera independientemente la ducha 1 y la ducha 2 oscilan entre 4,5 y 55 segundos. El valor máximo se obtuvo con un calentador de gas a paso.
- Los volúmenes de agua perdidos para la prueba No 1 y 2, oscilan entre 0,6 y 5.1 litros. El valor máximo se obtuvo para el calentador de gas
- Para la prueba No 3, donde se operaron las dos duchas simultáneamente, se encontró tiempos de espera de hasta 78 segundos y pérdida de 8 litros de agua, 50% mayor que el valor máximo obtenido en las pruebas no 1 y 2. El sistema hidráulico de agua caliente del 50% de las viviendas muestreadas en este estrato no permite obtener agua caliente suficiente para bañarse en dos duchas simultáneamente.

8.1.4 Estrato 5.

Tabla 8-4. Mediciones realizadas para el Estrato 5.

No	TIPO VIVIENDA	No Hab/viv	LOCALIDAD	No DUCHAS	DISTANCIA APROX FUENTE DE CALOR		TIPO CALENTADOR	AFOROS VOL DE AGUA DESPERDIADO							
					DIST DUCHA 1 (m)	DIST DUCHA 2 (m)		DUCHA 1		DUCHA 2		DUCHA 1 + DUCHA 2			
								D1 TIEMPO (S)	D1 Vol (L)	D2 TIEMPO (S)	D2 Vol (L)	D1 TIEMPO (S) (D1+D2)	D1 Vol (L) (D1+D2)	D2 TIEMPO (S) (D1+D2)	D2 Vol (L) (D1+D2)
81	CASA	3	SUBA	2	12	15	ELEC ACUMULADOR	102	4,7	105	4,5	121	4,8	165	4
82	APT	3	SUBA	2	5	12	GAS PASO	15	1,5	38	3,8	28,9	2,2	-	-
83	APT	3	SUBA	2	5	12	GAS PASO	12	1,4	32	3,6	26	2	-	-
84	APT	2	SUBA	2	5	12	GAS PASO	13	1,6	35	3,9	25	2,1	-	-
85	APT	3	SUBA	2	5	12	GAS PASO	15	1,4	34	3,8	27	2,2	-	-
86	APT	3	SUBA	3	7	13	ELEC PASO	8	1,2	15	2,3	20,5	2	-	-
87	APT	4	SUBA	2	7	13	ELEC PASO	9,5	1,4	15,8	2,5	21,8	2,2	-	-
88	APT	3	SUBA	2	7	13	GAS PASO	11,7	1,7	18,3	2,7	24,2	2,4	-	-
89	APT	3	SUBA	2	7	13	GAS PASO	10,8	1,6	17,5	2,6	28,3	2,8	-	-
90	CASA	5	SUBA	3	4	9	GAS PASO	5,4	1	9,6	1,6	18,2	1,8	-	-
91	CASA	4	SUBA	3	4	9	GAS PASO	9,1	1,2	13,6	1,9	15,8	1,6	-	-
92	APT	4	SUBA	3	9	18	GAS PASO	18,8	2,5	27,3	3,8	46,1	4,1	-	-
93	APT	3	SUBA	3	10	18	GAS PASO	16	2,8	25	4,4	38,3	3,4	-	-
94	APT	3	SUBA	2	18	20	GAS PASO	50	4,4	58	5	65,4	5,8	-	-
95	APT	2	SUBA	2	16	22	GAS PASO	42	4,1	62,3	5,6	59,8	5,3	-	-
96	APT	3	SUBA	2	14	19	ELEC PASO	51,4	4,6	64,3	5,7	75	5,7	-	-
97	APT	2	USAQUEN	2	3,5	8	GAS PASO	10	1,3	24	3,1	31,6	2,4	-	-
98	APT	2	USAQUEN	3	3,6	9	GAS PASO	12	1,5	27	3,4	28,9	2,2	-	-
99	CASA	4	SUBA	3	12	18	GAS PASO	28,3	4,6	43,9	6,8	81,8	5,8	-	-
100	CASA	5	SUBA	2	10	15	GAS PASO	24,4	3,8	36,6	5,7	49,7	4,6	-	-

De las 20 viviendas muestreadas 16 contaban con un calentador de gas de paso, 3 contaban con un calentador eléctrico de paso, y una contaba con un calentador eléctrico acumulador, adicionalmente todas las 20 viviendas contaban con más de una ducha, lo que permitió realizar la medición para la prueba No 2 y No 3, se logró identificar que las distancias entre los calentadores y las duchas son mucho más largas que en los estratos 2 a 4, porque estas viviendas son más grandes que las encontradas en los estratos 2 a 4, los resultados para el Estrato 5 (Tabla 8-4) fueron:

- Los tiempos de espera cuando se opera independientemente la ducha 1 y la ducha 2 oscilan entre 8 y 105 segundos. El valor máximo se obtuvo con un calentador eléctrico acumulador.
- Los volúmenes de agua perdidos para la prueba No 1 y 2, oscilan entre 1 y 5.7 litros. El valor máximo se obtuvo para una vivienda con calentador de gas y otra con calentador eléctrico.
- Cuando se operaron las dos duchas simultáneamente, el valor máximo de tiempo en espera fue de 121 segundos y la pérdida de 5,8 litros de agua. El sistema hidráulico de agua caliente del 95% de las viviendas muestreadas en este estrato no permite obtener agua caliente para bañarse en dos duchas simultáneamente.

8.1.5 Estrato 6.

Tabla 8-5. Mediciones realizadas para el Estrato 6.

No	TIPO VIVIENDA	No Hab/viv	LOCALIDAD	No DUCHAS	DISTANCIA APROX FUENTE DE CALOR		TIPO CALENTADOR	AFOROS VOL DE AGUA DESPERDIADO							
					DIST DUCHA 1 (m)	DIST DUCHA 2 (m)		DUCHA 1		DUCHA 2		DUCHA 1 + DUCHA 2			
								D1 TIEMPO (S)	D1 Vol (L)	D2 TIEMPO (S)	D2 Vol (L)	D1 TIEMPO (S) (D1+D2)	D1 Vol (L) (D1+D2)	D2 TIEMPO (S) (D1+D2)	D2 Vol (L) (D1+D2)
101	APT	5	USAQUEN	2	8	4	D1 ELEC ACUMULADOR Y D2 ELEC PASO	50	2,1	30	3,5	57	3,3	38	4,3
102	APT	4	USAQUEN	2	10	6	GAS PASO	27,3	3,8	16,4	2,3	46,4	4,7	-	-
103	CASA	7	SUBA	4	18	24	GAS PASO	67	8,6	71	10,4	82	6,2	90	11
104	CASA	4	SUBA	3	15	23	GAS PASO	40	4,1	57,5	5,8	59,8	5,3	-	-
105	CASA	7	SUBA	4	14	17	GAS ACUMULADOR	45,6	5,2	62	7,1	65,4	5,8	83,4	7,4
106	CASA	3	SUBA	2	18	24	GAS PASO	46	5,8	57	7,2	72	6,4	-	-
107	CASA	4	SUBA	2	0	12	D1 DUCHA ELEC D2 ELEC PASO	-	-	22	2,8	-	-	31,6	3,2
108	CASA	4	SUBA	3	7	14	GAS PASO	21,6	2,2	44,3	4,4	-	-	72	6,2
109	CASA	3	SUBA	2	7	14	GAS PASO	23,4	2,5	46,9	4,9	-	-	83,3	5,7
110	CASA	5	SUBA	2	7	14	GAS PASO	22,9	2,8	43	5,3	-	-	68,5	5,9
111	CASA	3	SUBA	2	7	14	GAS PASO	19,5	2,7	26,5	5	-	-	76,5	6,2
112	APT	3	SUBA	3	8	14	GAS PASO	25,3	3,1	31,6	4,9	40,9	4,3	-	-
113	APT	4	SUBA	3	8	14	GAS PASO	23,7	2,9	40,5	4,9	41,2	3,5	-	-
114	APT	4	SUBA	3	8	14	GAS PASO	24,6	3	41,7	5,1	53,6	3,8	-	-
115	APT	5	SUBA	3	8	14	GAS PASO	29,7	3,6	50	6,1	58	4,7	-	-
116	APT	3	USAQUEN	3	18,7	2,1	GAS PASO	18,7	2,1	43,7	4,9	40,9	2,8	90,6	6,2
117	APT	4	USAQUEN	2	6	14	GAS PASO	20,4	2,3	47,7	5,4	43,9	3,5	97,9	6,7
118	APT	4	USAQUEN	2	8	17	GAS PASO	30	3,4	63,8	7,2	48,9	3,9	106,5	8,5
119	CASA	4	USAQUEN	4	9	14	ELEC ACUMULADOR	12,6	2,3	19,6	3,5	49,5	4,2	-	-
120	CASA	4	SUBA	4	8	15	GAS ACUMULADOR	20,5	2	38,5	3,8	47,7	3,2	71,5	4,8

Se encontró que de las 20 viviendas muestreadas 15 contaban con un calentador de gas de paso, 2 contaban con calentador de gas acumulador, 1 contaba con un calentador eléctrico de paso junto con una ducha eléctrica, 1 contaba con un calentador eléctrico acumulador, y una vivienda contaba con un calentador eléctrico de paso y uno eléctrico acumulador. Todas las 20 viviendas contaban con más de una ducha. Las distancias entre los calentadores y las duchas son mucho más largas que en los estratos anteriores, dado que estas viviendas son más grandes. Los resultados para el Estrato 6 (Tabla 8-5) fueron:

- Los tiempos de espera cuando se opera independientemente la ducha 1 y la ducha 2 oscilan entre 12,6 y 67 segundos. El valor máximo se obtuvo con un calentador a gas.
- Los volúmenes de agua perdidos oscilan entre 2 y 10,4 litros. El valor máximo se obtuvo para una vivienda con calentador de gas.
- Los valores máximos de tiempo en espera para la prueba con las dos duchas simultáneas son de 106,5 segundos y una pérdida de 11 litros de agua respectivamente, sin embargo se evidencio que el sistema hidráulico de agua caliente de las viviendas muestreadas en este estrato no permite obtener el caudal de agua caliente suficiente para bañarse en dos duchas simultáneamente, ni permite que el calentador opere una de forma adecuada.

8.2 PROMEDIO DE PÉRDIDA POR HABITANTE POR DUCHA.

Los resultados se muestran en la Tabla 8-6 a Tabla 8-10:

Tabla 8-6. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 2.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Distancia Promedio Calentador a Ducha (m)	Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen (L) Promedio perdido x habitante x ducha
19	109	8,4	GAS PASO	28,5	2,7
1	6	21,5	ELEC PASO	33	5,4
20	115	9,32	INCLUYE TODOS	28,9	2,87

Tabla 8-7. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 3.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Distancia Promedio Calentador a Ducha (m)	Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen (L) Promedio perdido x habitante x ducha
17	114	8,9	GAS PASO	23,1	2,45
3	10	5,2	ELEC PASO	15,34	1,24
20	124	8,4	INCLUYE TODOS	22	2,3

Tabla 8-8. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 4.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Distancia Promedio Calentador a Ducha (m)	Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen (L) Promedio perdido x habitante x ducha
15	52	7,3	GAS PASO	22,14	2,56
1	7	18	GAS ACUMULADOR	22,5	2,3
3	11	5,4	ELEC PASO	20,5	2,41
1	4	18	ELEC ACUMULADOR	19,5	2,35
20	74	8,1	INCLUYE TODOS	21,7	2,51

Tabla 8-9. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 5.

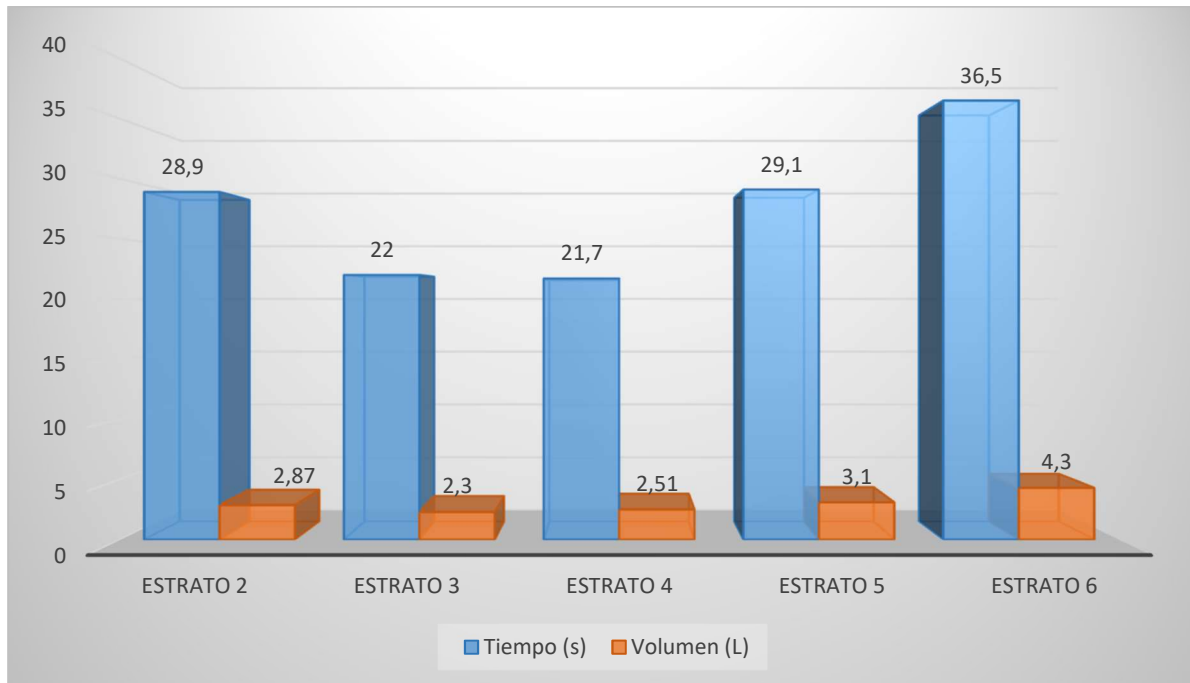
No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Distancia Promedio Calentador a Ducha (m)	Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen (L) Promedio perdido x habitante x ducha
16	51	10,7	GAS PASO	24,86	3,06
3	10	12,1	ELEC PASO	27,3	2,95
1	3	13,5	ELEC ACUMULADOR	103,5	4,6
20	64	11,1	INCLUYE TODOS	29,1	3,1

Tabla 8-10. Tiempo y Volumen promedio perdido por Habitante por ducha en Estrato 6.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Distancia Promedio Calentador a Ducha (m)	Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen (L) Promedio perdido x habitante x ducha
15	60	12,5	GAS PASO	37,4	4,5
2	11	13,5	GAS ACUMULADOR	41,7	4,5
1	4	12	ELEC PASO	22	2,8
1	4	11,5	ELEC ACUMULADOR	16,1	2,9
1	5	6	ELEC ACUM Y ELEC PASO	40	2,8
20	84	12,2	INCLUYE TODOS	36,5	4,3

En los estratos 3, 4 y 6, los sistemas de agua caliente con mayor pérdida de agua son los de gas natural, lo anterior debido a problemas en el funcionamiento del sistema hidráulico de agua caliente instalado en la casa. El estrato donde más se pierde agua por habitante por ducha es el estrato 6 con un valor promedio de 4,3 L, seguido del estrato 5 con un valor de 3,1 L.

Figura 8-1 Tiempo y Volumen promedio de pérdida por Estrato



8.3 COSTO PROMEDIO POR HABITANTE POR DUCHA.

El costo promedio por habitante de la pérdida por ducha en cada uno de los estratos, se presenta en las Tablas 8-11 a 8-15.

Tabla 8-11. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 2.

Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante	Volumen (L) Promedio perdido x habitante	Consumo Básico Acueducto (\$/m3)	Consumo Básico Alcantarillado (\$/m3)	Costo promedio perdido x habitante x ducha
GAS PASO	28,5	2,7	\$ 1.516	\$ 1.585	\$ 8
ELEC PASO	33	5,4			\$ 17
INCLUYE TODOS	28,9	2,87			\$ 9

Tabla 8-12. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 3

Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante	Volumen (L) Promedio perdido x habitante	Consumo Básico Acueducto (\$/m3)	Consumo Básico Alcantarillado (\$/m3)	Costo promedio perdido x habitante x ducha
GAS PASO	23,1	2,45	\$ 2.148	\$ 2.245	\$ 11
ELEC PASO	15,34	1,24			\$ 5
INCLUYE TODOS	22	2,3			\$ 10

Tabla 8-13. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 4.

Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante	Volumen (L) Promedio perdido x habitante	Consumo Básico Acueducto (\$/m3)	Consumo Básico Alcantarillado (\$/m3)	Costo promedio perdido x habitante x ducha
GAS PASO	22,14	2,56	\$ 2.527	\$ 2.642	\$ 13
GAS ACUMULADOR	22,5	2,3			\$ 12
ELEC PASO	20,5	2,41			\$ 12
ELEC ACUMULADOR	19,5	2,35			\$ 12
INCLUYE TODOS	21,7	2,51			\$ 13

Tabla 8-14. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 5.

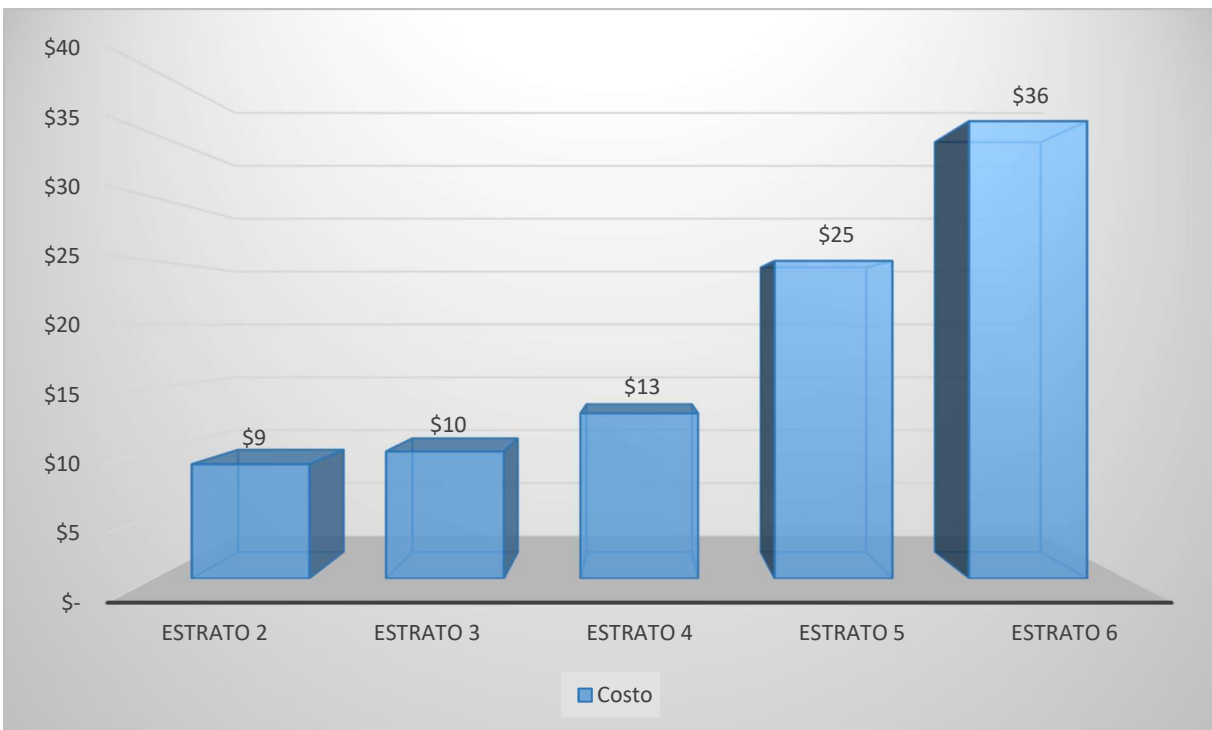
Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante	Volumen (L) Promedio perdido x habitante	Consumo Básico Acueducto (\$/m3)	Consumo Básico Alcantarillado (\$/m3)	Costo promedio perdido x habitante x ducha
GAS PASO	24,86	3,06	\$ 3.916	\$ 3.989	\$ 24
ELEC PASO	27,3	2,95			\$ 23
ELEC ACUMULADOR	103,5	4,6			\$ 36
INCLUYE TODOS	29,1	3,1			\$ 25

Tabla 8-15. Costo Promedio de la pérdida por habitante por ducha en Estrato 6.

Tipo Calentador	Tiempo (s) Promedio perdido x habitante	Volumen (L) Promedio perdido x habitante	Consumo Básico Acueducto (\$/m3)	Consumo Básico Alcantarillado (\$/m3)	Costo promedio perdido x habitante x ducha
GAS PASO	37,4	4,5	\$ 4.169	\$ 4.253	\$ 38
GAS ACUMULADOR	41,7	4,5			\$ 38
ELEC PASO	22	2,8			\$ 24
ELEC ACUMULADOR	16,1	2,9			\$ 24
ELEC ACUM Y ELEC PASO	40	2,8			\$ 24
INCLUYE TODOS	36,5	4,3			\$ 36

El estrato 6 con un valor de \$36 pesos por habitante por ducha pierde 4 veces más que el estrato 2, el cual pierde alrededor de \$ 9 (Figura 8-2). Es importante resaltar que aunque el estrato 2 pierde más agua que los estratos 3 y 4, aproximadamente unos 6 litros más por ducha, su costo promedio perdido es más bajo, debido a que las tarifas para este estrato son mucho más bajas que para los estratos 3 y 4.

Figura 8-2. Costo Promedio perdido por habitante por ducha por Estrato.



8.4 CÁLCULO DE VOLUMEN DE AGUA TOTAL PERDIDA EN EL MUESTREO

El cálculo del volumen total de agua perdido en las viviendas muestreadas, teniendo en cuenta el número de habitantes que residen en ella y asumiendo que cada uno de estos integrantes se baña una única vez en el día, se presenta en las Tabla 8-16 a Tabla 8-20.

Tabla 8-16. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 2.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Tipo Calentador	Volumen (L)Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año
19	109	GAS PASO	2,7	294,3	8829	105948
1	6	ELEC PASO	5,4	32,4	972	11664
20	115	INCLUYE TODOS	2,87	330,05	9901.5	118818

Tabla 8-17. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 3.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Tipo Calentador	Volumen (L)Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año
17	114	GAS PASO	2,45	279,3	8379	100548
3	10	ELEC PASO	1,24	12,4	372	4464
20	124	INCLUYE TODOS	2,3	285,2	8556	102672

Tabla 8-18. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 4.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Tipo Calentador	Volumen (L)Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año
15	52	GAS PASO	2,56	133,12	3993.6	47923.2
1	7	GAS ACUMULADOR	2,3	16,1	483	5796
3	11	ELEC PASO	2,41	26,51	795.3	9543.6
1	4	ELEC ACUMULADOR	2,35	9,4	282	3384
20	74	INCLUYE TODOS	2,51	185,74	5572.2	66866.4

Tabla 8-19. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 5.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Tipo Calentador	Volumen (L)Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año
16	51	GAS PASO	3,06	156,06	4681.8	56181.6
3	10	ELEC PASO	2,95	29,5	885	10620
1	3	ELEC ACUMULADOR	4,6	13,8	414	4968
20	64	INCLUYE TODOS	3,1	198,4	5952	71424

Tabla 8-20. Volumen promedio perdido por día, por mes y por año en el muestreo para el Estrato 6.

No de Viviendas	Total Personas en viviendas	Tipo Calentador	Volumen (L)Promedio perdido x habitante x ducha	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año
15	60	GAS PASO	4,5	270	8100	97200
2	11	GAS ACUMULADOR	4,5	49,5	1485	17820
1	4	ELEC PASO	2,8	11,2	336	4032
1	4	ELEC ACUMULADOR	2,9	11,6	248	4176
1	5	ELEC ACUM Y ELEC PASO	2,8	14	420	5040
20	84	INCLUYE TODOS	4,3	361,2	10836	130032

En la Tabla 8-21 se presenta resumidamente los volúmenes de agua perdido por estrato para las viviendas contempladas en el muestreo realizado. Se evidencia que en las 100 viviendas con un total de 461 habitantes, se pierden 40,8 m³/mes, equivalentes a 489,8 m³/año.

Tabla 8-21. Tabla resumen de Volúmenes de agua perdidos.

Estrato	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo x día	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (m3) Promedio del Muestreo por Mes	Volumen Total (L) Promedio del Muestreo por Año	Volumen Total (m3) Promedio del Muestreo por Año
1	-	-	-	-	-
2	330,05	9901,5	9,9	118818	118,8
3	285,2	8556	8,6	102672	102,7
4	185,74	5572,2	5,6	66866,4	66,9
5	198,4	5952	6,0	71424	71,4
6	361,2	10836	10,8	130032	130,0
TOTAL	1360,59	40817,7	40,8	489812,4	489,8

8.5 PROYECCIÓN DE PÉRDIDA DE AGUA PARA LA POBLACIÓN TOTAL DE BOGOTA SUSCRITA AL SERVICIOS DE ACUEDUCTO.

El número de suscriptores al servicio de Acueducto Alcantarillado en Bogotá se presenta en la Tabla 8-22.

Tabla 8-22. No de Habitantes suscritos al servicio de Acueducto y Alcantarillado por estrato.

Suscriptores Acueducto y Alcantarillado	TOTAL	No de Hab/ vivienda	No Habitantes
Residencial Estrato 1	121.265	4	485.060
Residencial Estrato 2	587.763	4	2.351.052
Residencial Estrato 3	639.811	4	2.559.244
Residencial Estrato 4	292.461	4	1.169.844
Residencial Estrato 5	96.785	4	387.140
Residencial Estrato 6	76.780	4	307.120
TOTAL SUSCRITORES	1.814.865	4	7.259.460

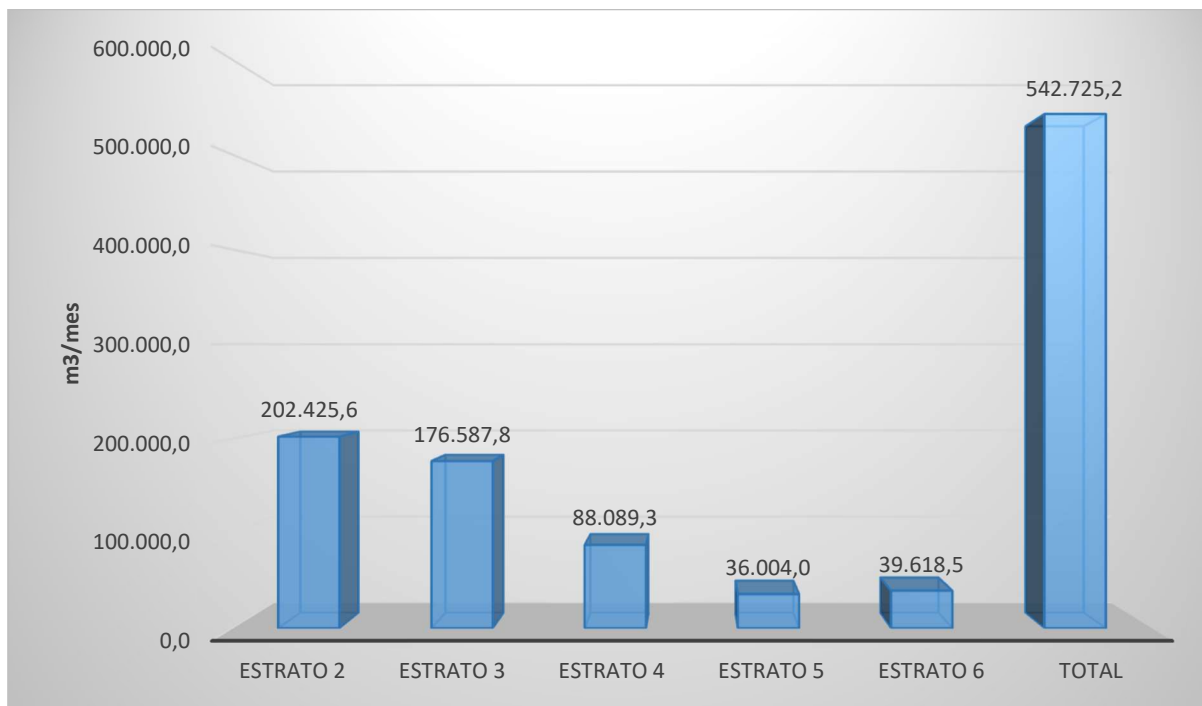
Con base en la cantidad de habitantes en cada uno de los estratos y los valores unitarios de pérdidas incluidos en el literal 8.4, Tablas 8-16 a 8-20, se presentan en la Tabla 8-23 los volúmenes totales de agua perdidos.

Tabla 8-23. Volúmenes de agua perdidos por día, por mes y por año por estrato.

Suscriptores Acueducto y Alcantarillado	No Habitantes	Volumen (L) promedio perdido por habitante por ducha	Volumen (L) promedio total perdido por ducha por día	Volumen (m3) promedio total perdido por ducha por día	Volumen (m3) promedio total perdido por ducha por Mes	Volumen (m3) promedio total perdido por ducha por Año
Estrato 1	485060	-	-			
Estrato 2	2351052	2,87	6.747.519,2	6.747,5	202.425,6	2.429.106,9
Estrato 3	2559244	2,3	5.886.261,2	5.886,3	176.587,8	2.119.054,0
Estrato 4	1169844	2,51	2.936.308,4	2.936,3	88.089,3	1.057.071,0
Estrato 5	387140	3,1	1.200.134,0	1.200,1	36.004,0	432.048,2
Estrato 6	307120	4,3	1.320.616,0	1.320,6	39.618,5	475.421,8
TOTAL			18.090.838,9	18.090,8	542.725,2	6.512.702,0

En la figura 8-3 se ilustran los volúmenes totales perdidos por estrato por mes.

Figura 8-3 Volumen total promedio mensual perdido por ducha.



Como se observa en la figura 8-3 los Estratos 2 y 3 son los que más aportarían al volumen total de agua desperdiciado en la ducha diaria, ya que representan casi un 70% del total de agua desperdiciada.

El total de agua perdida en la ciudad de Bogotá por ducha sería de alrededor a 540 mil metros cúbicos mensuales, que alcanzaría a abastecer de agua potable a una población aproximada de 113.000 habitantes con una dotación bruta de 160 L/Hab.d.

Comparando el volumen de agua perdida con el volumen de agua facturado mensual por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se obtienen los porcentajes de agua perdida incluidos en la Tabla 8-24.

Tabla 8-24. Porcentaje de agua perdida en ducha en Bogotá.

Suscriptores Acueducto y Alcantarillado	TOTAL	No Habitantes	Volumen Facturado (m3)	Volumen (m3) promedio total perdido por ducha por Mes.	Porcentaje (Vol Perdido/Vol Facturado)
Residencial Estrato 1	121.265	485.060	1513086	-	-
Residencial Estrato 2	587.763	2.351.052	7333825	202.426	2,8%
Residencial Estrato 3	639.811	2.559.244	7983255	176.588	2,2%
Residencial Estrato 4	292.461	1.169.844	3649188	88.089	2,4%
Residencial Estrato 5	96.785	387.140	1207637	36.004	3,0%
Residencial Estrato 6	76.780	307.120	958024	39.618	4,1%
TOTAL SUSCRIPTORES	1.814.865	7.259.460	22.645.015	542.725	2,4%

Como se evidencia el porcentaje promedio de pérdidas en ducha para los habitantes de la ciudad de Bogotá es del 2,4%.

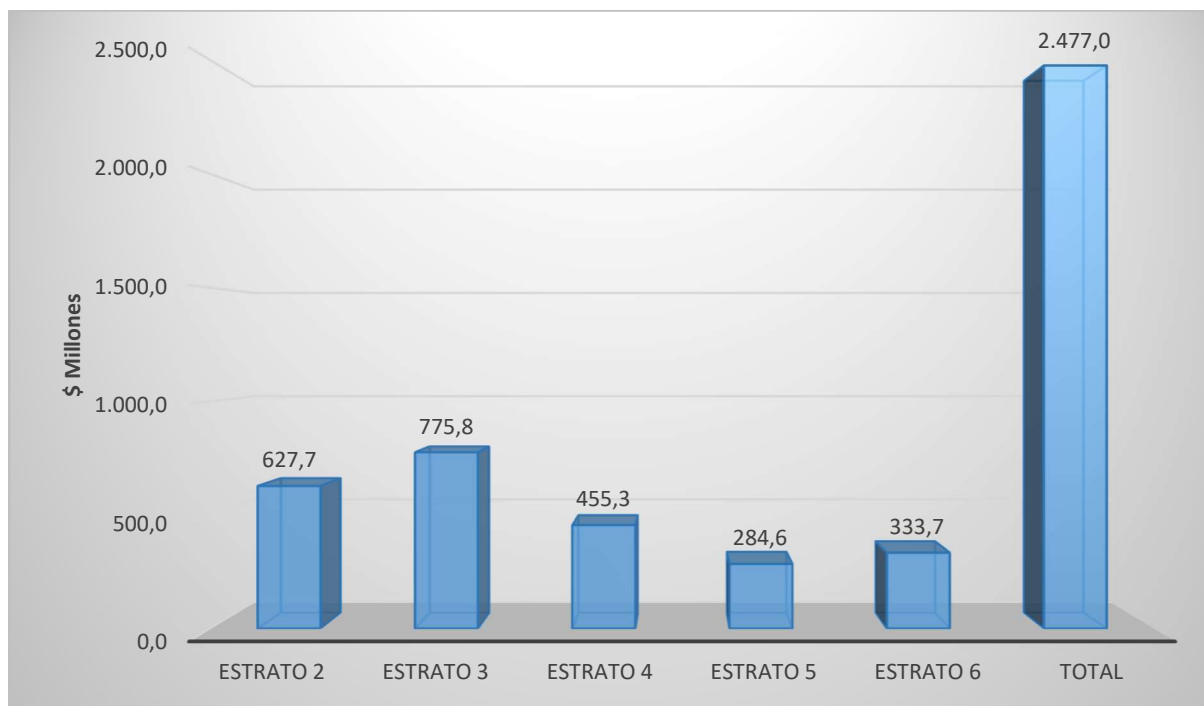
8.6 PROYECCIÓN DE PÉRDIDA EN DINERO POR EL AGUA DE DUCHA EN BOGOTA

El costo total perdido por el desperdicio de agua en ducha se muestra en la Tabla 8-25, y se ilustra en la Figura 8-4.

Tabla 8-25. Costo promedio de pérdida por día, por mes y por año, por estrato.

Estrato	Costo Acueducto (\$/m3)	Costo Alcantarillado (\$/m3)	Costo pérdida por ducha por día	Costo pérdida por Ducha por mes	Costo pérdida por Ducha por año
1	-	-	-	-	-
2	\$ 1.516	\$ 1.585	\$ 20.923.922	\$ 627.717.666	\$ 7.532.611.997
3	\$ 2.148	\$ 2.245	\$ 25.858.699	\$ 775.760.959	\$ 9.309.131.506
4	\$ 2.527	\$ 2.642	\$ 15.175.723	\$ 455.271.687	\$ 5.463.260.248
5	\$ 3.916	\$ 3.989	\$ 9.487.299	\$ 284.618.979	\$ 3.415.427.747
6	\$ 4.169	\$ 4.253	\$ 11.122.254	\$ 333.667.631	\$ 4.004.011.571
TOTAL			\$ 82.567.897	\$ 2.477.036.922	\$ 29.724.443.068

Figura 8-4 Costo pérdida por ducha por mes.



Como se puede deducir (Tabla 8-25), los estratos 2 y 3 pierden casi el 57% del valor total, el cual alcanza a unos 1.400 millones de pesos mensuales, valor que para la población de 4,9 millones de habitantes en estratos 2 y 3 (Tabla 8-22) representa \$286 /hab.mes.

9 ALTERNATIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LA DUCHA

- **Alternativa 1 - Recolección de agua no utilizada en recipiente tipo platón/balde:**
Dentro de esta alternativa el usuario simplemente debe recoger en un platón o recipiente de unos 12 L el agua hasta cuando llegue caliente a la ducha. Una vez recogida el agua, ésta debería ser utilizada en otras actividades cotidianas del hogar: en sanitarios, limpieza, jardinería etc.



Ilustración 9-1. Campañas realizadas por el Gobierno de Colombia

- **Alternativa 2: Sistemas hidráulicos con reúso del agua:** Para esta alternativa se considera el diseño de un desagüe que vierta el agua fría a un tanque de almacenamiento, para que posteriormente sea utilizada en otros usos del hogar, comúnmente en inodoros (Ilustración 9-2).



Ilustración 9-2. Sistemas Hidráulicos con reúso del agua (Aponte, 2016)

- **Alternativa 3: Uso mixto de aparatos eléctricos y de gas:** Esta alternativa propuesta por los autores del presente estudio, radica en un sistema compuesto por tres dispositivos:
 - Un calentador a gas de paso (1).
 - Un sensor de temperatura (2).
 - Una ducha eléctrica (3).

Dispuestos de acuerdo a la Ilustración 9-3 .

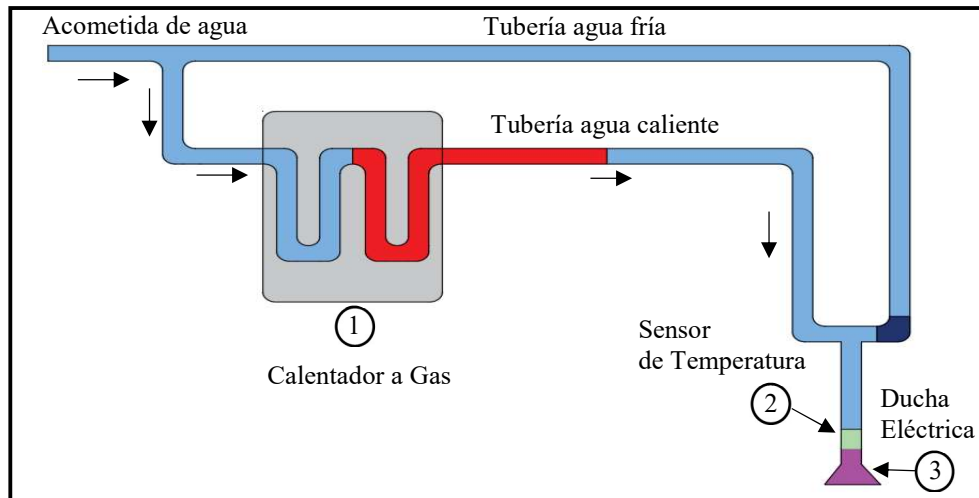


Ilustración 9-3. Dispositivos Requeridos Alternativa 3.

- **Funcionamiento y Operación del sistema.**

- Paso 1. Apertura de la llave de agua caliente.

Una vez que el usuario abre la llave de agua caliente, los tres dispositivos deben activarse automáticamente, de tal manera que el volumen inicial de agua fría que se encuentra en la tubería de agua caliente, es calentada instantáneamente con la ducha eléctrica, garantizando así que el usuario apenas entre a la ducha tiene agua caliente. Mientras sucede lo anterior el calentador a gas inicia su operación, y el sensor empieza a medir la temperatura del agua que llega justo antes de la ducha eléctrica.

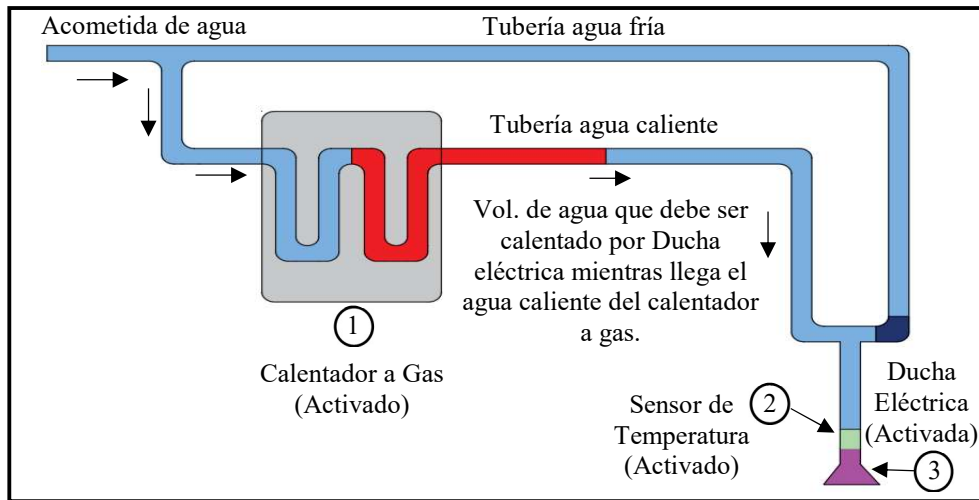


Ilustración 9-4. Esquema Alternativa 3 – Paso 1

- Paso 2: Apagado automático de dispositivos.

Una vez que el sensor determina que la temperatura del agua que llega antes de la ducha eléctrica, proveniente del calentador a gas, es la requerida por el usuario, emite una señal a la ducha eléctrica, y la apaga automáticamente, de tal forma que a partir de ese momento solo operaría el calentador a gas para calentar el agua.

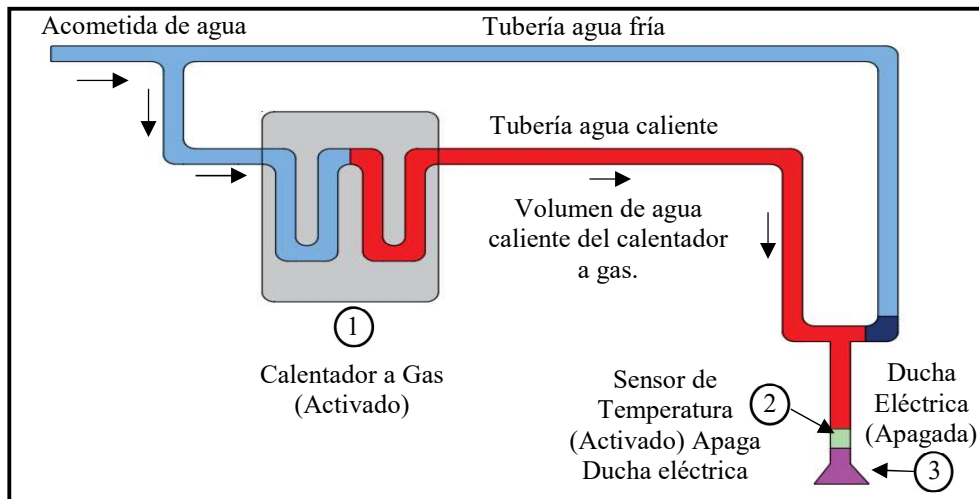


Ilustración 9-5. Esquema Alternativa 3 - Paso 2

- **Ventajas del sistema.**

- No se pierde agua.
- Se optimizan los costos de energía, debido a que el uso de la energía eléctrica es únicamente para calentar el agua que se encuentra entre el calentador a gas y la ducha. Posteriormente sólo se usa la energía a gas, la cual es más económica.
- No requiere realizar modificaciones a la infraestructura de la vivienda, ni a los acabados, dada su fácil instalación.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los habitantes de Bogotá en el uso de la ducha pierden alrededor de 542.725 m³ mensuales, que tienen un costo aproximado a 2.477 millones de pesos, para el año 2018.
- El volumen de pérdidas es equivalente al suministro necesario de agua potable para abastecer una población de 113.000 habitantes con una dotación bruta de 160 L/Hab.d..
- El volumen total de agua perdida, es equivalente al 2,4% del valor facturado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- El volumen promedio de pérdida de agua en la ducha con agua caliente por habitante por ducha es de 2,87 litros en el Estrato 2; 2,3 litros en el Estrato 3; 2,51 litros en el Estrato 4; 3,1 litros en el Estrato 5 y 4,3 litros en el Estrato 6.
- El volumen promedio de agua perdida por habitante para el Estrato 1, es nulo, ya que no cuenta con la infraestructura necesaria para calentar agua caliente mediante un dispositivo comercial.
- Los tiempos promedio de espera en la ducha para calentar el agua son: 28,6 segundos en el Estrato 2; 22 segundos en el Estrato 3; 21,7 segundos en el Estrato 4; 29,1 segundos en el Estrato 5 y 36,5 segundos en el Estrato 6.
- Los costos promedio de la pérdida por habitante por ducha son: \$ 9 para el Estrato 2; \$ 10 para el Estrato 3; \$ 13 para el Estrato 4; \$ 25 para el Estrato 5 y \$ 36 para el Estrato 6.
- El volumen total de agua perdida por ducha por la población suscrita al servicio de Acueducto de Bogotá es de 542.725 m³/mes equivalentes a 2.477 millones de pesos por mes.
- Las perdidas por estrato son: en el Estrato 2, 202 mil m³/mes equivalentes a 627 millones de pesos; en el Estrato 3, 176 mil m³/mes equivalentes a 775 millones de pesos; en el

Estrato 4, 88 mil m³/mes equivalentes a 455 millones de pesos; en el Estrato 5, 36 mil m³/mes equivalentes a 284 millones de pesos y 39 mil m³/mes en el Estrato 6 equivalentes a 334 millones de pesos.

- El costo unitario del kWh, en energía eléctrica para el año 2018, es 4 veces mayor que el de gas natural, situación que hace que los usuarios prefieran calentar el agua con Gas Natural.
- La alternativa con menores pérdidas de volumen de agua, es la ducha eléctrica.
- Para minimizar la pérdida de agua y su costo económico se recomienda evaluar la factibilidad de un sistema mixto con un calentador a gas y eléctrico y control de temperatura como el de la alternativa 3.

11 BIBLIOGRAFIA

- Acosta, Y. (2016). *Conociendo los Hábitos de Higiene Personal*. Obtenido de <http://yuraima-acosta.blogspot.com/2011/06/principales-habitos-de-higiene-personal.html>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). *Por medio del cual se adopta la actualización de la estratificación urbana de Bogotá D.C. para los inmuebles residenciales de la ciudad*. Bogotá.
- Aponte, A. (2016). *Hagamos el cambio*. Obtenido de <http://disenoecologicoinodoro.blogspot.com/2016/03/>
- Arregui, F., & Soriano, J. (2014). *Informe Técnico del Dispositivo AQUARETURN*. Valencia.
- CIAMA. (1992). *Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente*. Dublin.
- Comisión Nacional del Agua. (2017). *Estadísticas del Agua en México*. México.
- Congreso de Colombia. (1997). *Ley 373 de 1997*. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2006). *Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado*. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2018). *Índice de Agua no contabilizada, Volumen Facturado y Volumen Producido*. Bogotá D.C.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2018). *Almacenamiento de Agua en Embalses (EAB)*. Bogotá D.C.
- HIDROLOOP. (27 de 01 de 2015). *Twenergy. Una iniciativa de Endesa por la eficiencia y la sostenibilidad*. Obtenido de <https://twenergy.com/mx/a/como-podemos-evitar-el-desperdicio-del-agua-al-comenzar-el-bano-1586>
- ICONTEC. (2017). *Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. Bogotá.

- M, C., Guevara, E., Ortega, M., & Martin, L. (2017). NESS®, una alternativa al doble ramal de retorno que ahorra agua y energía.
- Melguizo B, S. (1989). *Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de Abasto en las Edificaciones*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Mercola, J. (2018). *Mercola Tome Control de su Salud*. Obtenido de <https://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2015/03/07/bano-diario.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Decreto 3570 de 2011*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestion Integral del Recurso Hidrico*. Bogotá.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2009). *Resolucion 1509 de Junio de 2009*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energia. (2013). *Reglamento Técnico de Instalaciones Electricas (RETIE)*. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Minas y Energia. (2013). *Resolucion 90902 del 24 de Octubre de 2013 "Por medio de la cual se expide el Reglamento Tecnico de Instalaciones Internas de Gas Combustible"*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). *Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana*. Bogota.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Por la cual se modifica, adiciona y aclara la Resolución CRA 688 de 2014*. Bogota.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *Por la cual se establecen excepciones al procedimiento de modificación de los costos económicos de referencia establecido en la*

Resolución CRA 151 de 2001, modificada por la Resolución CRA 271 de 2003 y se dictan otras disposiciones. Bogotá.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Por la cual se modifica y adiciona la Resolución CRA 783 de 2016. Bogotá.*

Moreno, E., Pérez, V., & Ledesma, R. (2013). Contenedor de agua para regadera de ducha. *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología*, 140-149.

Organizacion de Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo Sostenible.*

Rodriguez Diaz, H. A. (2009). *Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.*

Vizcaino Moya, D. A. (2017). *Diseño e Implementación de un Sistema de Calentamiento y Ahorro de Agua en Domicilios. Quito.*

ANEXOS

ANEXO 1. CONSOLIDADO DE FORMATOS DE AFORO