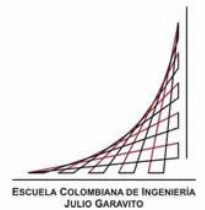


Maestría en Ingeniería Civil

**Consumos Eficientes de aparatos Sanitarios Residenciales
Método de Estimación**

Alejandra Acero Corredor

Bogotá, D.C., 30 de julio de 2020



**Consumos Eficientes de aparatos Sanitarios Residenciales
Método de Estimación**

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

Héctor Alfonso Rodríguez

Director

Bogotá, D.C., 30 de julio de 2020



La tesis de maestría titulada “Consumos Eficientes de aparatos Sanitarios Residenciales - Método de Estimación”, presentada por Alejandra Acero Corredor, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Director de la tesis

Ing. Héctor Alfonso Rodríguez

Jurado

Dr. Germán Santos Granados

Jurado

Ing. Andrés Otálora Carmona

Bogotá, D.C., 11 de septiembre de 2020

Dedicatoria

A Dios que ha guiado mi camino para obtener las metas que me he propuesto, a mi madre Martha Sofía Corredor quien representa el fundamento de mi vida y a mi padre John Acero Bonilla quien me apoya en todo momento.

Agradecimientos

A la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito que de la mano del Ing. Alfonso Rodríguez hicieron posible el desarrollo de esta investigación, a Indracol S.A.S. que junto al Ing. Diego Alvarado me brindó su apoyo incondicional en el marco de esta investigación y a lo largo del posgrado y a mis hermanos Juan David Acero y Catalina Acero, quienes me motivan cada día a ser una mejor persona.

Resumen

Dentro del estudio de la hidráulica y el medio ambiente, es deber del ingeniero realizar un manejo adecuado del recurso hídrico dada su importancia para la vida en el planeta, así como adaptar y actualizar sus conocimientos de acuerdo con la evolución de la sociedad y los retos que esto conlleva, garantizando el desarrollo sostenible para las futuras generaciones.

Es así como el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio dio origen a la Resolución 549 de 2015, por medio de la cual se establecen medidas para la eficiencia del consumo de agua en edificaciones dentro de la totalidad del territorio colombiano. Dentro de las medidas a tener en cuenta para el ahorro de agua sugeridas por la norma, se encuentra una de las más relevantes teniendo en cuenta la practicidad de aplicación dentro de los proyectos de construcción: el uso de aparatos sanitarios eficientes la cual además de garantizar su cumplimiento, contribuye con el diseño y construcción de redes hidráulicas óptimas para que su aplicación no genere impactos económicos que impidan el desarrollo del sector de la construcción en el país.

Teniendo en cuenta lo anterior, el medio del diseño y construcción de proyectos de infraestructura en Colombia se encuentra en la obligación de realizar un análisis por parte de constructores y diseñadores sobre la implementación del uso de aparatos sanitarios eficientes para dar cumplimiento con la norma. Así pues, sabiendo que actualmente en el mercado colombiano se encuentran a disposición diferentes tipos de aparatos sanitarios con características variables, es posible comprobar que el ahorro de agua exigido por la Resolución 549 de 2015 puede obtenerse mediante su instalación y que se ajusten a las necesidades de cada tipo de proyecto de infraestructura en el país.

Dentro de este documento se presenta la metodología para la obtención del porcentaje de ahorro de agua por el uso de aparatos sanitarios eficientes, a partir de la estimación

de diferentes líneas base de consumo de agua caracterizadas por la región del país en la que se desarrollan los proyectos. Particularmente se realizó el estudio para proyectos de vivienda residencial, los cuales representan un porcentaje de la totalidad de proyectos de construcción en el país considerablemente alto teniendo en cuenta su importancia para los habitantes y de igual manera el consumo de agua en los mismos. En la investigación las viviendas residenciales fueron caracterizadas teniendo en cuenta el estrato social, el número de habitantes que residen y la ubicación, con el fin de determinar los parámetros a tener en cuenta para la obtención del porcentaje de agua requerido por la Resolución 549 de 2015.

Índice general

<i>Introducción</i>	18
<i>Objetivos</i>	20
<i>Capítulo I - Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio</i>	<i>21</i>
1.1. Contexto histórico y descripción de la Resolución 549-15.....	21
1.2. Contenido de la Resolución 549 de 2015	22
1.2.1. Clasificación climatológica del país en la Resolución 549 de 2015	23
1.2.2. Clasificación socioeconómica	26
1.2.3. Línea base de consumo de la Resolución 549 de 2015	29
1.2.4. Porcentajes mínimos de ahorro	31
1.2.5. Medidas prescriptivas para el cumplimiento de la Resolución 549 de 2015	32
1.2.6. Análisis de consumos en los tipos de vivienda establecidos por la Resolución 549-15.....	38
<i>Capítulo II - Consumo de agua en aparatos sanitarios según la normatividad colombiana</i>	<i>40</i>
2.1. RAS-2000	40
2.2. Resolución 0330 del 8 de junio de 2017 - MVCT.....	40
2.3. Código internacional de fontanería (CIP).....	41
2.4. NTC-1500 v3 - 2017	43
2.5. Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C., establecidos en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	45
2.5.1. Porcentajes mínimos de ahorro en Bogotá.....	45
2.5.2. Metodologías para la aplicación del Protocolo de acuerdo con el tipo de edificación para el ahorro de agua para todos los estratos	46
2.6. Certificación Edge.....	51
<i>Capítulo III - Proyectos típicos de vivienda residencial en Colombia</i>	<i>53</i>
3.1. Clima frío	53
3.1.1. Proyecto de vivienda típico VIP	53
3.1.2. Proyecto de vivienda típico VIS	55
3.1.3. Proyecto de vivienda típico NO VIS	56
3.2. Clima cálido	58

3.2.1. Proyecto de vivienda típico VIP	58
3.1.2. Proyecto de vivienda típico VIS	59
3.1.3. Proyecto de vivienda típico NO VIS	61
<i>Capítulo IV - Descripción de aparatos Hidrosanitarios.....</i>	<i>63</i>
4.1. Tipología de aparatos hidrosanitarios instalados en viviendas VIP y VIS...	63
4.1.1. Ducha	63
4.1.2. Lavamanos:	65
4.1.3. Sanitario:	66
4.1.4. Lavaplatos:	67
4.1.5. Grifería para lavaderos y lavadoras:.....	69
4.2. Tipología de aparatos hidrosanitarios instalados en viviendas NO VIS.....	71
4.2.1. Ducha:	71
4.2.2. Lavamanos:	72
4.2.3. Sanitario:	74
4.2.4. Lavaplatos:	76
4.2.5. Grifería para lavaderos y lavadoras:.....	77
<i>Capítulo V - Encuestas realizadas en campo sobre el uso de los aparatos hidrosanitarios</i>	<i>79</i>
5.1. Descripción de las encuestas realizadas.....	79
5.1.1. Encuestas realizadas sobre el uso de los aparatos hidrosanitarios.....	80
5.1.2. Encuestas realizadas sobre el uso de la lavadora.....	88
5.2. Resumen de los datos procesados estadísticamente para clima frío	91
5.2.1. Uso de aparatos hidrosanitarios	91
5.2.2. Uso de lavadoras.....	92
5.3. Resumen de los datos procesados estadísticamente para clima cálido.....	92
5.3.1. Uso de aparatos hidrosanitarios	92
5.3.2. Uso de lavadoras.....	93
<i>Capítulo VI - Consumo de agua mensual en viviendas residenciales. Información tomada desde datos facturados por entidades prestadoras del servicio de acueducto</i>	<i>94</i>
6.1. Datos recopilados en el Municipio de Zipaquirá – Cundinamarca	95
6.1.1. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 1	98
6.1.2. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 2.....	99

6.1.3. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 3.....	100
6.1.4. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 4.....	101
6.1.5. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 5.....	101
6.1.6. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 6.....	102
6.1.7. Resumen de resultados por tipología de vivienda en clima frío.....	102
6.2. Datos recopilados en la ciudad de Cartagena – Bolívar	102
6.2.1. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 1	105
6.2.2. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 2.....	106
6.2.3. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 3.....	107
6.2.4. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 4.....	107
6.2.5. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 5.....	108
6.2.6. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 6.....	108
6.2.7. Resumen de resultados por tipología de vivienda en clima cálido húmedo	
109	

Capítulo VII – Consumo de agua mensual en viviendas residenciales. Información tomada desde el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI..... 110

7.1. Proyectos en clima frío	112
7.1.1. Tipología de vivienda VIP	112
7.1.2. Tipología de vivienda VIS	112
7.1.3. Tipología de vivienda NO VIS.....	113
7.2. Proyectos en clima cálido húmedo	113
7.2.1. Tipología de vivienda VIP	113
7.2.2. Tipología de vivienda VIS	114
7.2.3. Tipología de vivienda NO VIS.....	114

Capítulo VIII – Estimación de línea base de consumo a partir de la modelación de proyectos con el software Edge App de Edge Buildings..... 115

7.3. Proyectos en clima frío	115
7.3.1. Tipología de vivienda VIP	115
7.3.2. Tipología de vivienda VIS	116
7.3.3. Tipología de vivienda NO VIS.....	117
7.4. Proyectos en clima cálido	117
7.4.1. Tipología de vivienda VIP	117

7.4.2. Tipología de vivienda VIS	118
7.4.3. Tipología de vivienda NO VIS.....	118
7.5. Resumen de resultados del programa para Clima Frío	119
7.6. Resumen de resultados del programa para Clima Cálido	120
<i>Capítulo IX - Análisis comparativo de consumo de agua.....</i>	<i>121</i>
9.1. Análisis de los patrones de uso de los aparatos hidrosanitarios en diferentes tipos de vivienda residencial	121
9.1.1. Uso de aparatos en viviendas tipo VIP en clima frío.....	123
9.1.2. Uso de aparatos en viviendas tipo VIS en clima frío.....	124
9.1.3. Uso de aparatos en viviendas tipo NO VIS en clima frío	126
9.1.4. Uso de aparatos en viviendas tipo VIP en clima cálido	127
9.1.5. Uso de aparatos en viviendas tipo VIS en clima cálido	129
9.1.6. Uso de aparatos en viviendas tipo NO VIS en clima cálido	130
9.2. Análisis de la estimación de habitantes por vivienda.....	131
9.2.1. Habitantes por vivienda en clima frío.....	132
9.2.2. Habitantes por vivienda en clima cálido.....	133
9.3. Análisis de los datos de consumos mensuales recolectados de acuerdo con la información disponible en diferentes entidades prestadoras del servicio de acueducto	133
9.3.1. Consumo de agua mensual en clima frío – Zipaquirá año 2015.....	134
9.3.2. Consumo de agua mensual en clima cálido húmedo – Cartagena año 2015	135
9.4. Análisis de los datos de consumos mensuales recolectados de acuerdo con la información exportada desde el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI.....	135
9.4.1. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIP – año 2015 .	136
9.4.2. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIS – año 2015 .	136
9.4.3. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIS – año 2015 .	137
9.5. Determinación de línea base de consumo.....	137
9.5.1. Valores normativos de referencia sobre el consumo de agua al día por habitante	139
9.5.2. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIP	140
9.5.3. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIS	140
9.5.4. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo NO VIS.....	141

9.5.5. Resumen de resultados	142
<i>Capítulo X – Estimación de la eficiencia en el consumo de agua en aparatos sanitarios - Método de cálculo</i>	<i>143</i>
<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	<i>146</i>

Índice de tablas

Tabla 1. Proyectos evaluados	23
Tabla 2. Modelo climatológico de Caldas	24
Tabla 3. Modelo climatológico de Richard Lang.....	24
Tabla 4. Ciudades representativas evaluadas por tipo de clima en la Resolución 549 de 2015.....	26
Tabla 5 Análisis de selección de datos de la línea base de consumo en la Resolución 549-15 para clima Frío.....	30
Tabla 6 Línea base de consumo de agua. Resolución 549 de 2015	31
Tabla 7. Porcentajes mínimos de ahorro. Resolución 549 de 2015.....	32
Tabla 8. Medidas prescriptivas para clima frío. Resolución 549 de 2015.....	34
Tabla 9. Medidas prescriptivas para clima templado. Resolución 549 de 2015	35
Tabla 10. Medidas prescriptivas para clima seco. Resolución 549 de 2015	36
Tabla 11. Medidas prescriptivas para clima húmedo. Resolución 549 de 2015	37
Tabla 12. Características de viviendas ofertadas en Colombia entre el año 2018 y 2020	38
Tabla 13. Dotación neta según nivel de complejidad del sistema	40
Tabla 14. Dotación neta máxima RAS-2017	41
Tabla 15. Presión requerida por los aparatos	42
Tabla 16. Caudal requerido por los aparatos	43
Tabla 17. Consumo de caudal para aparatos sanitarios.....	44
Tabla 18. Consumos y caudales máximos para accesorios y aparatos hidrosanitarios	45
Tabla 19. Porcentajes mínimos de ahorro para Bogotá.....	46
Tabla 20. Tipos de edificaciones que deben cumplir con los ahorros definidos en la Tabla 1 para Bogotá.....	46
Tabla 21. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas VIP	47
Tabla 22. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas VIS	48
Tabla 23. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas Estratos 3 Y 4.....	48
Tabla 24. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas Estratos 5 y 6	48
Tabla 25. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 3 y 4	50
Tabla 26. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de viviendas de estratos 5 y 6	50
Tabla 27. Ocupación de Habitantes por Vivienda y por Usuario	52
Tabla 28. Dotación Bruta Promedio.....	52
Tabla 29. Características de vivienda tipo VIP en clima frío	54
Tabla 30. Características de vivienda tipo VIS en clima frío	55
Tabla 31. Características de vivienda tipo NO VIS en clima frío	57

Tabla 32. Características de vivienda tipo VIP en clima cálido.....	58
Tabla 33. Características de vivienda tipo VIS en clima cálido.....	60
Tabla 34. Características de vivienda tipo NO VIS en clima cálido.....	61
Tabla 35. Presión y caudal requerido para ducha – VIP y VIS.....	64
Tabla 36. Presión y caudal requerido para grifería de lavamanos - VIP y VIS.....	66
Tabla 37. Caudal de descarga requerido para sanitario - VIP y VIS.....	67
Tabla 38. Presión y caudal requerido para grifería de lavaplatos - VIP y VIS.....	68
Tabla 39. Presión y caudal requerido para grifería de lavadero y lavadora - VIP y VIS	70
Tabla 40. Presión y caudal requerido para ducha - NO VIS.....	72
Tabla 41. Presión y caudal requerido para grifería de lavamanos - NO VIS.....	73
Tabla 42. Caudal de descarga requerido para sanitario - NO VIS.....	75
Tabla 43. Presión y caudal requerido para grifería de lavaplatos - NO VIS.....	76
Tabla 44. Presión y caudal requerido para grifería de lavadero y lavadora - NO VIS.....	78
Tabla 45. Localización de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios.....	81
Tabla 46. Tiempo de uso del lavaplatos.....	84
Tabla 47. Resumen de resultados encuestas aparatos hidrosanitarios - Clima frío ...	91
Tabla 48. Resumen de resultados encuestas lavadoras - Clima frío.....	92
Tabla 49. Resumen de resultados encuestas aparatos hidrosanitarios - Clima cálido	92
Tabla 50. Resumen de resultados encuestas lavadoras - Clima cálido.....	93
Tabla 51. Habitantes por vivienda en el municipio de Zipaquirá.....	96
Tabla 52. Número de habitantes por vivienda en clima frío.....	96
Tabla 53. Esquema de datos EAAZ.....	97
Tabla 54. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 1 - Clima frío.....	98
Tabla 55. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 2 - Clima frío.....	99
Tabla 56. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 3 - Clima frío.....	100
Tabla 57. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 4 - Clima frío.....	101
Tabla 58. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 5 - Clima frío.....	101
Tabla 59. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 6 - Clima frío.....	102
Tabla 60. Consumo mensual de agua potable por tipología de vivienda - Clima frío	102
Tabla 61. Número de habitantes por vivienda en clima frío.....	104
Tabla 62. Esquema de datos EAAZ.....	104
Tabla 63. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 1 - Clima cálido.....	105
Tabla 64. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 2 - Clima cálido.....	106
Tabla 65. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 3 - Clima cálido.....	107
Tabla 66. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 4 - Clima cálido.....	107
Tabla 67. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 5 - Clima cálido.....	108
Tabla 68. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 6 - Clima cálido.....	108
Tabla 69. Consumo mensual de agua potable por tipología de vivienda - Clima cálido	109
Tabla 70. Empresas de servicios públicos clima frío.....	111
Tabla 71. Empresas de servicios públicos clima cálido húmedo.....	111
Tabla 72. Valores de consumo mensual SUI.....	112

Tabla 73. Valores de consumo mensual SUI	112
Tabla 74. Valores de consumo mensual SUI	113
Tabla 75. Valores de consumo mensual SUI	113
Tabla 76. Valores de consumo mensual SUI	114
Tabla 77. Valores de consumo mensual SUI	114
Tabla 78. Resumen datos de consumo de agua por aparato según modelación por aparato Edge – App para proyectos en clima Frío	119
Tabla 79 Resultados totales consumo de agua y porcentaje de ahorro según el modelo Edge – App para proyectos en clima Frío	119
Tabla 80 Resumen datos de consumo de agua por aparato según modelación por aparato Edge – App para proyectos en clima Cálido.....	120
Tabla 81 Resultados totales consumo de agua y porcentaje de ahorro según el modelo Edge – App para proyectos en clima Cálido	120
Tabla 82. N - Uso de aparatos hidrosanitarios	123
Tabla 83. T - Uso de aparatos hidrosanitarios	123
Tabla 84. Valores estimados para N y t.....	124
Tabla 85. N - Uso de aparatos hidrosanitarios	124
Tabla 86. t - Uso de aparatos hidrosanitarios	125
Tabla 87. Valores estimados para N y t.....	125
Tabla 88. N - Uso de aparatos hidrosanitarios	126
Tabla 89. t - Uso de aparatos hidrosanitarios	126
Tabla 90. Valores estimados para N y t.....	127
Tabla 91. N - Uso de aparatos hidrosanitarios	127
Tabla 92. t - Uso de aparatos hidrosanitarios	128
Tabla 93. Valores estimados para N y t.....	128
Tabla 94. N - Uso de aparatos hidrosanitarios	129
Tabla 95. t - Uso de aparatos hidrosanitarios	129
Tabla 96. Valores estimados para N y t.....	130
Tabla 97. N -Uso de aparatos hidrosanitarios.....	130
Tabla 98. t - Uso de aparatos hidrosanitarios	131
Tabla 99. Valores estimados para N y t.....	131
Tabla 100. Habitantes por vivienda	132
Tabla 101. Habitantes por vivienda	133
Tabla 102. Consumo por vivienda	134
Tabla 103. Consumo por vivienda	135
Tabla 104. Consumo por habitante.....	136
Tabla 105. Consumo por habitante.....	136
Tabla 106. Consumo por habitante.....	137
Tabla 107. Valores de referencia normativa para el consumo de agua por habitante al día.....	139
Tabla 108. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIP.....	140
Tabla 109. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIS.....	140
Tabla 110. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo NO VIS.....	141
Tabla 111. Resumen general de resultados	142
Tabla 112. Valores recomendados para uso de aparatos en clima frío	145

Tabla 113. Valores recomendados para uso de aparatos en clima cálido húmedo..145

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa	25
Ilustración 3 Estructura política integral de vivienda	27
Ilustración 4. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIP - Clima frío	54
Ilustración 5. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIS - Clima frío	56
Ilustración 6. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo NO VIS - Clima frío	57
Ilustración 7. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIP - Clima cálido.....	59
Ilustración 8. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIS - Clima cálido.....	60
Ilustración 9. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo NO VIS - Clima cálido.....	62
Ilustración 10. Ducha comercial característica instalada en viviendas VIP y VIS.....	64
Ilustración 11. Curva de funcionamiento en ducha – VIP y VIS.....	65
Ilustración 12. Grifería de lavamanos característica instalada en viviendas VIP y VIS	65
Ilustración 13. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - VIP y VIS	66
Ilustración 14. Sanitario de característico instalado en viviendas VIP y VIS	67
Ilustración 15. Grifería de lavaplatos característica instalada en viviendas VIP y VIS.....	68
Ilustración 16. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - VIP y VIS	69
Ilustración 17. Grifería de lavadero y lavadora característica instalada en viviendas VIP y VIS.....	69
Ilustración 18. Curva de funcionamiento en grifería lavadero y lavadora - VIP y VIS.....	70
Ilustración 19. Ducha comercial característica instalada en viviendas NO VIS	71
Ilustración 20. Curva de funcionamiento en ducha - NO VIS.....	72
Ilustración 21. Grifería de lavamanos característica instalada en viviendas NO VIS.....	73
Ilustración 22 Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - NO VIS	74
Ilustración 23 Sanitario de doble pulsador característico instalado en viviendas NO VIS.....	75
Ilustración 24. Grifería de lavaplatos característica instalada en viviendas NO VIS	76
Ilustración 25. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - NO VIS.....	77
Ilustración 26. Grifería de lavadero y lavadora característica instalada en viviendas NO VIS.....	77
Ilustración 27. Curva de funcionamiento en grifería lavadero y lavadora - NO VIS	78
Ilustración 28. Estrato de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios	80
Ilustración 29. Habitantes de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios	81
Ilustración 30. Número de veces que se usa el lavamanos	82
Ilustración 31. Tiempo de uso del lavamanos.....	83
Ilustración 32. Número de veces que se usa el lavaplatos.....	83
Ilustración 33. Número de veces que se usa la ducha.....	85
Ilustración 34. Tiempo de uso de la ducha.....	85
Ilustración 35. Número de veces que se usa el lavadero	86

Ilustración 36. Tiempo de uso del lavadero.....	87
Ilustración 37. Número de veces que se usa el sanitario.....	87
Ilustración 38. Estrato de la vivienda - Uso de lavadora	88
Ilustración 39. Habitantes en la vivienda - Uso de lavadora.....	88
Ilustración 40. Localización de la vivienda - Uso de lavadora.....	89
Ilustración 41. Disponibilidad de lavadora	89
Ilustración 42. Capacidad de la lavadora.....	90
Ilustración 43. Número de veces que se usa la lavadora	90
Ilustración 44. Habitantes por vivienda en la ciudad de Cartagena	103
Ilustración 45. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima frío VIP.....	116
Ilustración 46. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. Consumo de aparatos en proyecto en clima frío VIS.....	116
Ilustración 47. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima frío NO VIS	117
Ilustración 48. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima cálido VIP	117
Ilustración 49. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima cálido VIS.....	118
Ilustración 50. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. Consumo de aparatos en proyecto en clima cálido NO VIS.....	118

Introducción

Consumos eficientes de aparatos sanitarios residenciales - método de estimación, es una investigación que tiene como finalidad aportar al sector de la construcción de vivienda residencial del país; un método mediante en el cual se facilite la implementación de la Resolución 549 de 2015.

Como lo sugirió Permiñan y Marbello (2014) “aunque a nivel mundial se está trabajando en materia de innovación tecnológica asociada a la cadena de consumo doméstico de agua, las distintas opciones existentes en el mercado son poco conocidas y utilizadas por el grueso de la población” (Shiama et al., 2011) (p.33).

Así mismo, en Colombia la implementación de tecnología en lo referente al ahorro de agua se ha realizado de manera parcial en algunos sectores diferentes de la vivienda residencial. Por tanto, existen limitantes para su implementación como el alto costo de inversión inicial (Permiñan y Marbello, 2014).

De acuerdo con lo anterior, se analizará la aplicabilidad de la resolución 549 de 2015, respecto al uso eficiente del recurso hídrico en los proyectos de vivienda residencial que actualmente se encuentran en ejecución.

Este estudio se desarrolló a través de revisión bibliográfica y documental de la normatividad colombiana vigente, como la Resolución 549 de 2015, RAS2017, NTC-1500, acto seguido se realizó la evaluación en diferentes proyectos de vivienda de acuerdo con su tipología y la región del país en donde se desarrollan. A continuación, se desarrolló la investigación correspondiente a los aparatos sanitarios existentes en el mercado a través del acercamiento a los representantes del sector comercial de aparatos sanitarios.

Después, se elaboró y aplicó las encuestas a los habitantes de diferentes poblaciones en el país tales como Cartagena, Zipaquirá y Bogotá. De tal manera, que una vez recopilada la información se tabularon los resultados.

Posteriormente, se procedió a la retroalimentación con las entidades prestadoras del servicio de agua potable; en relación con obtener la información relacionada con el uso de agua mensual en el municipio de Zipaquirá y la ciudad de Cartagena y a su vez se analizaron los datos de consumo de agua mensual encontrados en el Sistema Único de Servicios Públicos Domiciliarios. Por último, se utilizó el software Edge App, con el fin de determinar diferentes valores de referencia sobre el consumo de agua en viviendas del país.

Finalmente se realizó un análisis comparativo entre diferentes líneas base de consumo establecidas con el fin de ajustar la línea base de consumo adoptada para luego determinar el método de cálculo de porcentaje de ahorro de agua en viviendas residenciales por el uso de aparatos sanitarios.

Objetivos

Los siguientes son los objetivos propuestos para esta investigación.

Objetivo general

Realizar un análisis sobre el consumo de agua y tendencias de uso en aparatos sanitarios en las viviendas residenciales del país y su relación con la aplicación de la Resolución 549 de 2015 del MVCT por parte de los constructores.

Objetivos específicos

Evaluar los parámetros que intervienen en el consumo eficiente de agua en vivienda residencial, de acuerdo con la normatividad del país, como es el caso de la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio - MCVT.

Establecer la dinámica de consumo de agua de tipo residencial en Colombia en ciudades con clima cálido húmedo y frío.

Analizar el panorama actual sobre la implementación de la Resolución 549 de 2015 en proyectos de vivienda residencial.

Proponer un método práctico que permita a los constructores de vivienda residencial del país, dar cumplimiento a la Resolución 549 de 2015.

Capítulo I - Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

1.1. Contexto histórico y descripción de la Resolución 549-15

Antes de explicar la estructura con la que está conformada la Resolución 549-15 y sus anexos respectivos, es importante contextualizar este estudio dentro del marco general de la situación del país en temas de sostenibilidad y medio ambiente. Por lo anterior en las siguientes líneas se indicará un breve resumen y su contexto histórico.

El concepto de sostenibilidad en Colombia fue introducido en ámbitos sociales y políticos por primera vez gracias a la convención de Estocolmo en 1972, en la cual se originaron los primeros elementos para la conservación del medio ambiente e igualdad social, de la que hizo parte el Gobierno Nacional. Posteriormente se dio relevancia política a los temas concernientes al medio ambiente para el país en la creación de la Constitución Política de Colombia de 1991. Sin embargo, a pesar de que a partir de ese momento en el país se implementaran diferentes leyes y normas respecto al tema, fue solo hasta el 2010 que el MVCT¹ consideró la implementación de una normativa mediante la cual los constructores se vieran en la necesidad de tomar medidas respecto al uso razonable del agua y la energía, a través de la creación del “*Reglamento de Construcción Sostenible*”². De esta manera y en colaboración con CAMACOL³, el IFC⁴ y la SECO⁵, el MVCT realiza en el año 2015, la expedición del Decreto 1285 de 2015 "Por el cual se modifica el decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones"⁶ y junto a este la Resolución 0549 de 2015 con la cual se adopta la “Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de Agua y Energía”, la cual representa los lineamientos a seguir para la

¹ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

² Normativa de uso obligatorio del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT)

³ Cámara Colombiana de la Construcción

⁴ International Financial Corporation

⁵ Secretaría de Estado para Asuntos Exteriores de Suiza

⁶ Decreto 1285 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio

implementación de estándares constructivos en cuanto a eficiencia del uso del agua y la energía con los cuales se incentiva el desarrollo sostenible en edificaciones.

Es importante tener en cuenta que la implementación de la guía se ha venido realizando de manera gradual en el tiempo teniendo en cuenta el impacto socioeconómico que tiene, de tal manera que para el primer año de entrada en vigor (2015) de la norma se indican parámetros que actualmente ya no aplican. Por lo anterior el presente estudio se enfocará en los parámetros establecidos en la Resolución 549 de 2015 que se deben tener en cuenta desde el año 2016 en adelante y únicamente para el caso de viviendas residenciales en climas cálido húmedo y frío.

1.2. Contenido de la Resolución 549 de 2015

La Resolución 549-15 hace parte del Decreto 1285 de 2015, cuyo cumplimiento es de carácter obligatorio y sus parámetros representan la primera normativa para la implementación del desarrollo sostenible en el sector de la construcción del país. Dentro de ella, se establecen los criterios mínimos de uso eficiente de los recursos ambientales en materia de agua y energía, como los porcentajes de ahorro sobre una determinada línea base de consumo que se deberán ver reflejados en los proyectos ejecutados a partir de la fecha de expedición.

Sin embargo, teniendo en cuenta que es la primera normativa que implementa estándares de sostenibilidad en el país, cuenta con un anexo en el cual se orienta a los constructores para dar cumplimiento a la misma: Anexo No. 1 - Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Es importante tener en cuenta que dentro de esta guía se encuentra la especificación de cada uno de los parámetros de la Resolución.

Para la obtención de los datos establecidos en la Resolución 549-15 referentes al uso de tipo residencial, se realizaron estudios de las condiciones habitacionales en diferentes zonas del país en ciudades representativas cuyos parámetros climatológicos

y de uso del suelo tienen características que agrupan gran parte de la población total del territorio de la siguiente manera:

Tabla 1. Proyectos evaluados

Ciudad	No. De Proyectos	VIS	NO VIS	Clima
Bogotá	8	4	4	Frío
Medellín	10	6	4	Templado
Cali	10	5	5	Cálido seco
Barranquilla	13	3	10	Cálido húmedo

Fuente: CAMACOL

Lo anterior representa un total de 41 proyectos evaluados para el desarrollo de la guía de implementación de la Resolución. A continuación, serán descritos los parámetros de sostenibilidad a tener en cuenta para la ejecución de los proyectos de construcción.

1.2.1. Clasificación climatológica del país en la Resolución 549 de 2015

La ubicación geográfica y las condiciones geomorfológicas de Colombia permite que se cuente con una gran variedad de clima dentro del mismo territorio. Lo anterior da la pauta para que el clima sea una característica de alto impacto en las condiciones sociales, políticas y económicas de los habitantes en las diferentes regiones del país, haciendo necesario clasificarlas en grupos de acuerdo con las similitudes referentes entre sí.

Existen diferentes metodologías de cálculo a fin de determinar una categorización que permita estandarizar los lugares representativos de la media de la población colombiana, en el caso de estudio realizado para la creación de la Resolución 549-15, el MVCT⁷, se optó por apoyarse en información del IDEAM⁸, en la cual se clasifican las

⁷ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

⁸ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

condiciones climatológicas del país según la altura sobre el nivel del mar y la humedad.

Para la clasificación del clima se tuvieron en cuenta los pisos térmicos en el país y teniendo en cuenta que Colombia se encuentra en una Región Andina Tropical, se realizó el estudio con el Modelo de Caldas en el cual se establece una relación entre la altura y la temperatura de la zona, tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2. Modelo climatológico de Caldas

PISO TÉRMICO	RANGO ELEVACIÓN	RANGO TEMPERATURAS
CÁLIDO	0 a 800	$T \geq 24^{\circ}\text{C}$
TEMPLADO	800 a 1800	$24^{\circ}\text{C} > T > 18^{\circ}\text{C}$
FRÍO	1800 a 2800	$18^{\circ}\text{C} > T > 12^{\circ}\text{C}$
MUY FRÍO	2800 a 3700	$12^{\circ}\text{C} > T > 6^{\circ}\text{C}$
EXTREMADAMENTE FRÍO	3700 a 4700	$6^{\circ}\text{C} > T > 0^{\circ}\text{C}$
NIVAL	>4700	$T < 0^{\circ}\text{C}$

Fuente: IDEAM

Con el fin de definir los límites característicos en las diferentes regiones del país y una vez realizado el modelo climatológico de Caldas, se estableció la relación entre la precipitación anual y temperatura media según el modelo climatológico de Richard Lang el cual consiste en emplear un factor que permite la agrupación del tipo de clima en 6 principales conjuntos tal como se muestra en la siguiente tabla:

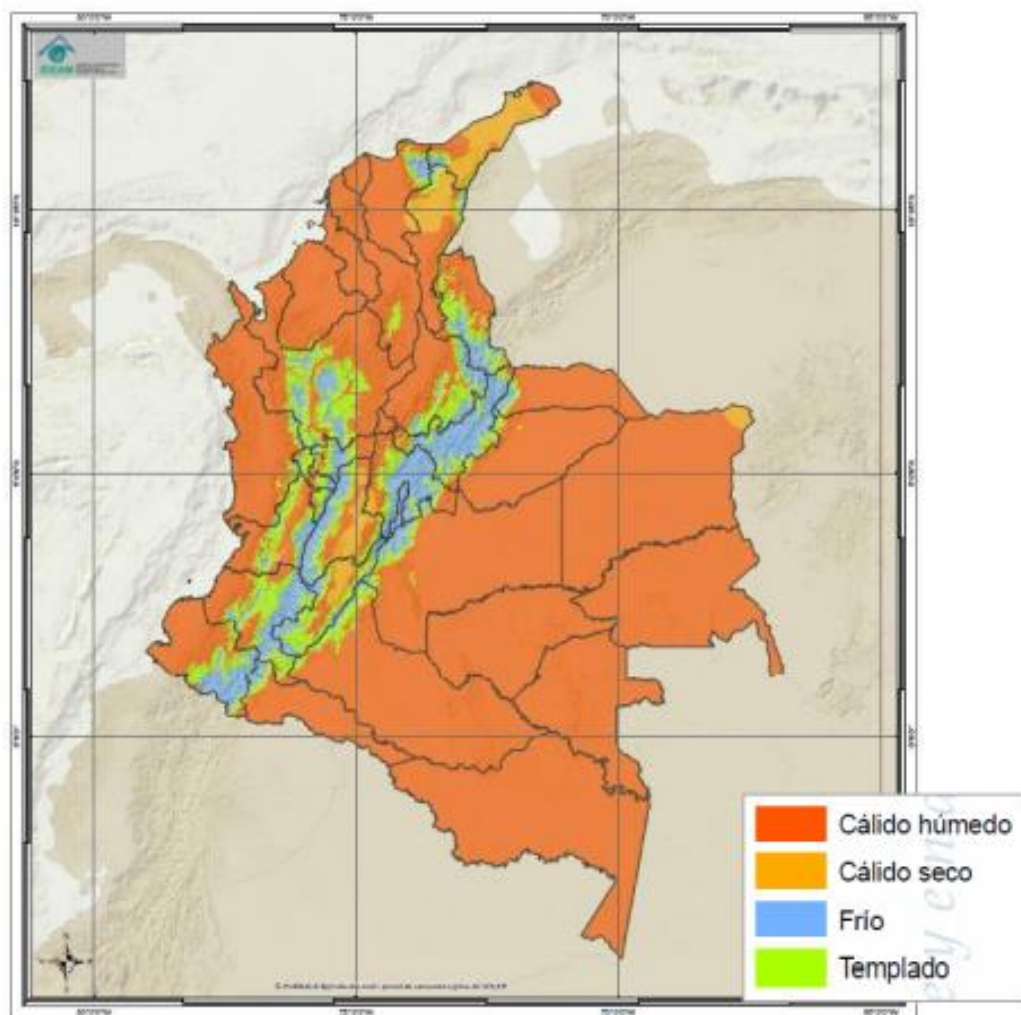
Tabla 3. Modelo climatológico de Richard Lang

COCIENTE P/T	CLASE DE CLIMA
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semihumedo
100.1 a 160.0	Húmedo
Mayor a 160.0	Superhumedo

Fuente: IDEAM

Como resultado de los análisis anteriormente mencionados, se dio origen al Anexo No. 2 de la Resolución 549 de 2015, el cual contiene el mapa de Colombia indicado en la siguiente imagen, con la clasificación climatológica del país de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa en diferentes regiones:

Ilustración 1 Clasificación del Clima en Colombia según la Temperatura y la Humedad Relativa



Fuente: Anexo No. 2 - Resolución 549 de 2015

Finalmente, en la siguiente tabla se presenta la clasificación de climas en el país en las ciudades representativas que se tuvo en cuenta para la determinación de la línea base de consumo y los porcentajes de ahorro en agua y energía:

Tabla 4. Ciudades representativas evaluadas por tipo de clima en la Resolución 549 de 2015

Tipo de clima	Temperatura (°C)	Altitud (msnm)	Ciudad representativa
Frío	12 - 18	2000m - 2999m	Bogotá (2625m)
Templado	18 - 24	1000m - 1999m	Medellín (1495m)
Cálido seco	> 24; HR < 75%	< 1000m	Cali (997m)
Cálido húmedo	> 24; HR > 75%		Barranquilla (18m)

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

En resumen, las características climatológicas generales establecidas por la Resolución 549 de 2015, dentro del ámbito de la construcción de viviendas residenciales son:

- Clima frío: existen grandes diferenciales de temperatura a lo largo del día y la noche, lo que produce una pérdida de calor importante tal como sucede en la ciudad de Bogotá.
- Clima templado: Aunque la variación de temperatura entre el día y la noche no es considerable, a lo largo del año se presentan temporadas fuertes de radiación. El caso ejemplar es la ciudad de Medellín.
- Cálido seco: en estas zonas no existen diferencias temporales de clima, sin embargo, al contar con altas temperaturas y viento seco, surge la necesidad de controlar el calor. Este es el caso de la ciudad de Cali.
- Cálido húmedo: son regiones en las cuales se tiene viento húmedo, sin embargo, presentan altas temperaturas, lo que genera la necesidad de regularla. Para este caso es considerable la ciudad de Barranquilla.

1.2.2. Clasificación socioeconómica

Con el fin de entender apropiadamente las características socioeconómicas que abarcan la clasificación de la población que habita en Colombia, a continuación, se presenta el contexto histórico que conlleva a tales determinaciones.

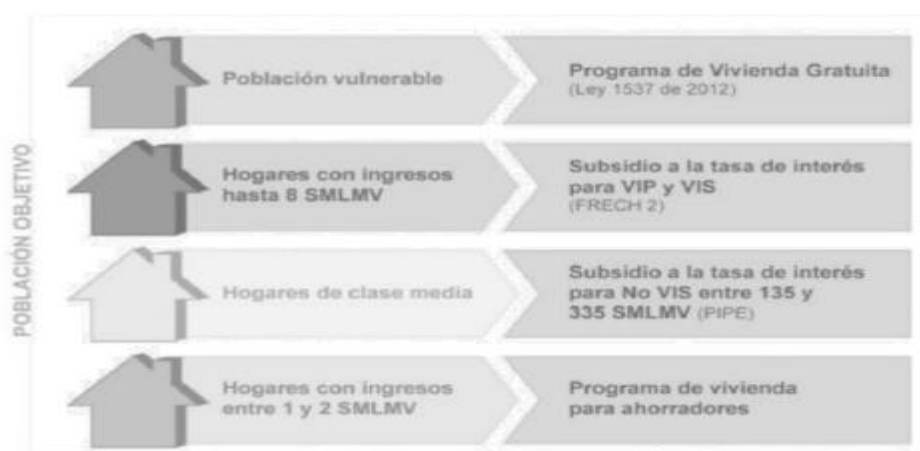
Dentro de la Constitución Nacional de 1991 vigente, se incluyó uno de los derechos más importantes e invulnerables que debe tener la mayoría de la población colombiana: el derecho a una vivienda digna.

Es así como mediante la creación de la Ley 3 de 1991, se consagra el llamado Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social, con el cual el gobierno nacional inicia un programa para que las familias colombianas tuvieran la oportunidad de contar con medidas de financiamiento, ahorros y créditos hipotecarios para adquisición de una vivienda propia.

La puesta en marcha del programa mencionado anteriormente fue acondicionándose a medida que los periodos gubernamentales variaban, mejorando la normatividad respecto al llamado programa de Subsidio Familiar de Vivienda (SFV) y a la financiación.

Hoy en día, de acuerdo con el MVCT⁹, la estructura de política integral de vivienda con la cual se rige el país se resume en el siguiente diagrama:

Ilustración 2 Estructura política integral de vivienda



Fuente: MVCT

⁹ Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

A continuación, se describen las particularidades básicas de los programas vigentes a la fecha del presente documento, designados por el gobierno para la adquisición de vivienda propia indicada en la ilustración anterior:

- *Programa de Vivienda Gratuita (Ley 537 de 2012)*: Consiste en un sistema que permite a los hogares en condiciones de vulnerabilidad superiores y cuyas posibilidades de ahorro o condiciones económicas carentes para la adquisición de créditos en entidades financieras, tuvieran la posibilidad de adquirir una vivienda de forma gratuita. En este grupo se encuentra la población desplazada, víctimas del conflicto armado y afectados por tragedias naturales, entre otros. Estas viviendas hacen parte de la clasificación tipo VIP encontrada en la Resolución 549-15, de la cual se mencionará en líneas adelante.
- *Subsidio a la tasa de interés VIS y VIP (FRECH)*: También llamado FRECH, debido a la proveniencia de los recursos para su ejecución, que son dados desde el Gobierno Nacional por medio del Fondo de Reservas para la Estabilización de la Cartera Hipotecaria. Su función consiste en brindar accesibilidad a la compra de vivienda de la llamada “clase media colombiana” encontrada en estratos 2 y 3, cuyos ingresos no superan los 8 SMMLV¹⁰, mediante el subsidio a la tasa de interés que aplican los bancos a los créditos hipotecarios para vivienda propia. Como su nombre lo indica, en este grupo encontramos viviendas tipo VIP y VIS.
- *Subsidio a la tasa de interés no VIS (PIPE)*: este programa se dirige a hogares que generalmente hacen parte del estrato 2 y 3, con el propósito de incentivar la compra de vivienda nueva No VIS con un precio de entre 135 y 335 SMMLV, en el cual se subsidia la tasa de interés cobrada por las entidades bancarias.
- *Programa de vivienda para ahorradores*: Es un programa desarrollado para

¹⁰ Salario mínimo mensual legal vigente

habitantes que se encuentren en condiciones informales de empleo y no pueden beneficiarse de los créditos que ofrecen las entidades bancarias.

Lo anterior conlleva a realizar la clasificación socioeconómica de la población indicada en la Resolución 549-15, de la siguiente manera:

- *Vivienda de Interés Social Prioritaria (VIP)*: El valor máximo de la vivienda es de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMMLV). Actualmente estos proyectos se encuentran regularmente asociados a los estratos socioeconómicos 1 y 2.
- *Vivienda de Interés Social (VIS)*: Son viviendas cuyo valor máximo corresponde a ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMMLV). Actualmente estos proyectos se encuentran regularmente asociados a los estratos socioeconómicos 2 y 3.
- *Viviendas no vis*: Corresponden a viviendas residenciales en las cuales el costo asciende por encima de los 135 SMMLV. Estos proyectos se encuentran estratificados socialmente desde estrato 3 hasta estrato 6.

1.2.3. Línea base de consumo de la Resolución 549 de 2015

Dentro de los estudios realizados para la creación de la Resolución 549-15, se realizó el cálculo de una línea base de consumo para energía y agua, la cual define los consumos estimados de agua y energía para los diferentes tipos de proyectos teniendo en cuenta el estrato socioeconómico y el clima en el cual se vayan a desarrollar. La tabla presentada dentro de la norma con los valores anteriormente mencionados es el resultado de un análisis en los 41 proyectos evaluados, en el cual se tuvo en cuenta los métodos utilizados en el diseño y construcción de estos, las condiciones culturales sobre el uso del agua como horarios, tipos de personas que habitan la vivienda, y en general las costumbres que rigen las características de la población.

Dentro de los estudios realizados para la determinación de los valores encontrados en la línea base de consumo, se consideraron datos de diferentes fuentes tales como constructoras, entidades de acueducto en las ciudades representativas que suministran el servicio, normas vigentes y algunos diseñadores de redes hidráulicas, como se evidencia a continuación:

Tabla 5 Análisis de selección de datos de la línea base de consumo en la Resolución 549-15 para clima Frío

Tipo Edificio	BOG - Referencia Agua (lts/persona/día)						Benchmark seleccionado para simulación
	NTC 1500	Compañías de Servicios Públicos	Corpoema (Datos Primarios)	ICT Verificación	Diseñadores		
Hotel	250-500 Lts/ habitación/ día	1609.87 Lts/día/edf	188	Sin datos disponibles	3* 400 Lts/ hab/ día 5* 500 Lts/ hab/ día	Corpoema	188.5
Oficina	90 Lts/ persona/día		14		45 Lts/ persona/día	Diseñadores	45 Lts/ persona/ día
Centro Comercial	20 Lts/m ² y min. 400 Lts/día		0.87		6 Lts/m ²	Diseñadores	6 Lts/m ²
Público - Hospital	600 Lts/ persona/día	24098.26 Lts/día/edf	620		800 lts/cama	Corpoema	620.2
Público - Educativo	50 Lts/ estudiante/ día	No disponible	No disponible	No disponible	50 Lts/ estudiante/ día	Diseñadores	50 Lts/ estu./ día
Vivienda VIP (1)	200-250 Lts/ persona/día	199.87	Sin datos disponibles	78.13	80 Lts/ persona/día	ICT Verificación	78.1
Vivienda VIS (2-3)		219.31	Corpoema encuestó únicamente áreas comunales	105.68		ICT Verificación	105.7
Vivienda no VIS (4-6)		272.03		145.41	157 Lts/ persona/día	ICT Verificación	145.4

Fuente: IFC

De la misma manera el IFC realizó este análisis para los climas cálidos y templado matemático por la metodología de Benchmark¹¹.

A continuación, se presenta la línea base de consumo por tipo de vivienda y clima de la Resolución 549 de 2015:

¹¹ Metodología de análisis estadístico para selección de valores outlier

Tabla 6 Línea base de consumo de agua. Resolución 549 de 2015

lt/pers/día	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	188,5	564,0	242,0	278,9
Hospitales	620,2	600,0	438,0	800,0
Oficinas	45,0	45,0	52,0	45,8
Centros comerciales	6 lt/m ²	6 lt/m ²	6 lt/m ²	6 lt/m ²
Educativos	50,0	50,0	50,0	24,8
Vivienda no VIS	145,4	145,3	189,8	174,9
Vivienda VIS	105,7	113,9	156,7	125,4
Vivienda VIP	78,1	98,3	189,8	110,6

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

1.2.4. Porcentajes mínimos de ahorro

Para establecer los porcentajes mínimos de ahorro de los recursos, dentro de los estudios realizados se elaboró el análisis costo - beneficio tanto para los constructores como para todos los mecanismos relacionados que se ven afectados por la implementación de la Resolución 549 de 2015, mediante una matriz de implementación anexa a la guía de la siguiente manera:

- Costo de la edificación: se determinaron las especificaciones de los proyectos clasificados, con las cuales se estableció el costo de estos.
- Costo de las medidas de ahorro sugeridas por la línea base: se establecieron los costos de cada medida de ahorro sugerida en la Resolución 459-15 de acuerdo con las opciones disponibles en el mercado.
- Costo de las medidas de ahorro sugeridas por la línea base optimizado: consiste en la determinación del costo del conjunto de medidas necesarias aplicadas a un proyecto modelo que dé cumplimiento a los porcentajes de ahorro respectivos.
- Variación en el precio: Según la modelación del proyecto anteriormente mencionado, se calculó la diferencia entre este proyecto y el valor inicial de la edificación, obteniendo como resultado que, implementando las medidas, aumentaba el costo de la edificación. La diferencia de precios dio lugar a un

factor de ajuste al costo inicial del proyecto.

- Determinación del porcentaje de ahorro y energía: a partir del cálculo anterior, se multiplicaron dichos factores con los cobros de agua y energía reales, en diferentes regiones del país, obteniendo como resultado el reflejo del ahorro real en el proyecto.
- Cálculos de retorno de inversión: Finalmente el aumento en el costo de la vivienda se repartió en el ahorro de costos particulares, obteniendo como resultado el retorno de inversión por la implementación de las diferentes medidas.

De acuerdo con los criterios evaluados anteriormente mencionados, se obtuvieron los porcentajes de ahorro que deberán ser aplicados a la línea base de consumo de la Resolución 549 de 2015, con el fin de dar su cumplimiento:

Tabla 7. Porcentajes mínimos de ahorro. Resolución 549 de 2015

Agua	Porcentaje mínimo de ahorro			
	Frio	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	25	10	35	45
Hospitales	10	40	10	40
Oficinas	30	35	45	20
Centros comerciales	25	15	45	20
Educativos	45	40	40	40
Vivienda no VIS	25	25	20	20
Vivienda VIS	10	15	10	15
Vivienda VIP	10	15	10	15

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

1.2.5. Medidas prescriptivas para el cumplimiento de la Resolución 549 de 2015

En la norma se indican las medidas prescriptivas a implementar con el fin de cumplir con los porcentajes de ahorro, que para el caso del ahorro en el consumo de agua son:

- Accesorios de conservación de agua
- Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua
- Recolección de agua lluvia y reutilización

Lo anterior se presenta en las siguientes tablas tomadas del anexo No. 1 de la Resolución 549 de 2015:

Tabla 8. Medidas prescriptivas para clima frío. Resolución 549 de 2015.

FRÍO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/VIP
Relación ventana pared	x	x		x	x	x	x
Protección solar	x		x	x	x	x	
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día	x	x	x	x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		x
Economizadores de aire	x	x			x		
Coficiente de Desempeño (COP)	x	x	x	x	x		
Variadores de velocidad - torres de enfriamiento	x	x	x	x			
Sensores de monóxido de carbono para parqueaderos (CO)	x	x	x				
Variadores de velocidad - bombas	x	x	x	x			
Control de iluminación exterior		x			x		
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	x
Agua caliente solar	x			x		x	
Accesorios de conservación de agua	x	x	x	x	x	x	x
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua					x		
Recolección de aguas lluvia y reutilización					x		

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

Tabla 9. Medidas prescriptivas para clima templado. Resolución 549 de 2015

TEMPLADO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/MP
Relación ventana pared	x	x	x	x	x	x	x
Protección solar	x	x	x	x	x		
Reflectividad de la cubierta		x					
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día		x		x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		x
Economizadores de aire	x	x	x	x	x		
Coefficiente de Desempeño (COP)		x	x	x	x		
Sensores de monóxido de carbono para parqueaderos (CO)	x	x	x	x			
Variadores de velocidad - bombas			x	x			
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Control de iluminación exterior		x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	x
Agua caliente solar	x			x		x	
Accesorios de conservación de agua	x	x	x	x	x	x	x
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua					x		

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

Tabla 10. Medidas prescriptivas para clima seco. Resolución 549 de 2015

CÁLIDO SECO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/VIP
Relación ventana pared	x	x	x	x	x	x	x
Protección solar	x	x	x	x	x	x	
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día	x	x		x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		
Coefficiente de Desempeño (COP)	x	x	x	x			x
Recuperación de calor del aire de retorno				x			
Variadores de velocidad - torres de enfriamiento	x	x					
Sensores de monóxido de carbono para parqueaderos (CO)	x	x	x				
Variadores de velocidad - bombas	x	x	x				
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Control de iluminación exterior		x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	x
Agua caliente solar	x			x		x	
Accesorios de conservación de agua	x	x	x	x	x	x	x
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua							
Recolección de aguas lluvia y reutilización							

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

Tabla 11. Medidas prescriptivas para clima húmedo. Resolución 549 de 2015

CÁLIDO HÚMEDO	Hotel	Oficina	Centro comercial	Hospital	Educativo	Vivienda no VIS	Vivienda VIS/VIP
Relación ventana pared	x	x	x	x	x	x	x
Protección solar	x	x	x	x	x		
Ventilación natural	x	x	x	x	x	x	
Luz día y control de luz día		x		x	x		
Iluminación de energía eficiente	x	x	x	x	x		
Coefficiente de Desempeño (COP)	x	x	x	x			x
Variadores de velocidad - torres de enfriamiento	x						
Variadores de velocidad - bombas	x	x	x	x			
Recuperación de calor del aire de retorno	x		x	x	x		
Controles: sensores de ocupación	x	x			x		
Control de iluminación exterior		x			x		
Sub-medidores de electricidad		x	x				
Corrección de Factor de Potencia	x	x	x	x	x	x	
Agua caliente solar	x			x		x	x
Accesorios de conservación de agua	x	x	x	x	x	x	x
Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de agua							
Recolección de aguas lluvia y reutilización							

Fuente: anexo No. 1 - Resolución 549 de 2015

Posteriormente dentro del documento de la Resolución 549 de 2015 se sugieren cuáles son los tipos de aparatos y las sus características, que se tendrán en cuenta para considerar el ahorro de agua. Lo anterior con base en el uso tradicional que se les da a los aparatos hidrosanitarios.

Teniendo en cuenta que esta investigación únicamente se realiza para los proyectos

de vivienda residencial, los aparatos a tener en cuenta son grifería de lavamanos, grifería de lavaplatos, grifería de ducha, grifería de lavadero e inodoro.

1.2.6. Características de viviendas residenciales y la Resolución 549-15

Para uso residencial los porcentajes de ahorro encontrados en la Resolución 549-15 son de carácter obligatorio en viviendas no vis, sin embargo, dentro del documento se sugieren porcentajes mínimos de ahorro para viviendas vis y vip y por tanto de igual manera se evaluarán en este documento todos los tipos de vivienda. Aunque para vivienda tipo VIP, la línea base de consumo tenga unos valores diferentes a la VIS, los porcentajes de ahorro para los dos conjuntos son los mismos y, por tanto, las medidas que se deben tomar para el cumplimiento de la norma, también.

Previamente dentro de la presente investigación, se realizó el estudio de proyectos típicos de vivienda residencial que actualmente se están ejecutando en el país para diferentes tipos de clima, en el cual se encontró que los mismos cuentan con características socioeconómicas dentro del marco de las establecidas en la Resolución 549-15 (VIP, VIS y NO VIS) presentadas a continuación:

Tabla 12. Características de viviendas ofertadas en Colombia entre el año 2018 y 2020

CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDAS OFERTADAS 2018-2020 EN COLOMBIA					
TIPOLOGÍA	UBICACIÓN	CLIMA	VALOR	ÁREA	CARACTERÍSTICAS HIDROSANITARIAS
VIP	IBAGUÉ	CÁLIDO	\$75,000,000.00	40,61 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos y un baño
VIS	CARTAGENA	CÁLIDO	\$118,600,000.00	51,00 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos, un baño y un punto previsto como baño
NO VIS	CARTAGENA	CÁLIDO	\$429,000,000.00	63,00 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos, punto hidráulico para nevera, baño privado y dos baños sociales
VIP	BOGOTÁ	FRÍO	\$82,000,000.00	43,00 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos, calentador y un baño
VIS	BOGOTÁ	FRÍO	\$130,000.00	50,00 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos, calentador, un baño y punto previsto como baño
NO VIS	BOGOTÁ	FRÍO	\$420,000,000.00	69,00 m ²	Lavadora, lavadero, lavaplatos, punto hidráulico para nevera, baño privado y un baño social

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior con la cual se concluye el estudio preliminar a los proyectos de vivienda residencial evaluados, se puede concluir que:

- El valor de la vivienda en clima frío es mayor que el valor de la vivienda en clima cálido en lo que respecta a ciudades de tipo metropolitanas tales como Cartagena y Bogotá.
- La diferencia de costo entre vivienda tipo VIP y VIS no es significativamente grande en comparación con la vivienda de tipo NO VIS.
- El área de los apartamentos es similar para cada tipología en los diferentes climas.
- La mayor diferencia de características habitacionales con las cuales se entregan las viviendas en lo que respecta al conjunto de aparatos hidrosanitarios, es la cantidad de cuartos de baño.
- En viviendas tipo VIP se entrega un baño mientras que en viviendas tipo VIS se entrega un baño construido, pero se deja a voluntad del residente la posibilidad de instalar aparatos hidrosanitarios adicionales mediante un punto taponado que generalmente tiene la capacidad de abastecer un cuarto de baño (sanitario, lavamanos y ducha).
- La principal característica de las viviendas tipo NO VIS es que se entregan con un baño privado, baño(s) social(les) y un punto adicional para nevera.

Capítulo II - Consumo de agua en aparatos sanitarios según la normatividad colombiana

2.1. RAS-2000

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, define los parámetros a tener en cuenta para la implementación de la demanda de agua por habitante al día en una vivienda residencial a nivel nacional.

Lo anterior, teniendo en cuenta el número de habitantes el cual se designa por el nivel de complejidad del sistema, de acuerdo con la tabla B.2.2. de la RAS-2000:

Tabla 13. Dotación neta según nivel de complejidad del sistema

TABLA B.2.2
Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab-día)	Dotación neta máxima (L/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: RAS-2000

2.2. Resolución 0330 del 8 de junio de 2017 - MVCT

En el año 2017, la norma RAS-2000 fue modificada de acuerdo con la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 por parte del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, dentro de la cual se modificó la Dotación neta máxima de la siguiente manera: “La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá

utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 1.”¹²

Tabla 14. Dotación neta máxima RAS-2017

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330 del MVCT

2.3. Código internacional de fontanería (CIP)

El código internacional de fontanería corresponde a uno de los documentos de referencia para la normatividad que se tiene en cuenta en nuestro país para el diseño de redes de suministro de agua potable. Dentro de las directrices del documento, se establecen los valores de consumo de agua por cada tipo de aparato sanitario y así mismo la presión de trabajo requerida.

¹² Resolución 0330 del MVCT

Tabla 15. Presión requerida por los aparatos

TABLE 604.3
WATER DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN CRITERIA REQUIRED
CAPACITY AT FIXTURE SUPPLY PIPE OUTLETS

FIXTURE SUPPLY OUTLET SERVING	FLOW RATE ^a (gpm)	FLOW PRESSURE (psi)
Bathtub, balanced-pressure, thermostatic or combination balanced-pressure/ thermostatic mixing valve	4	20
Bidet, thermostatic mixing valve	2	20
Combination fixture	4	8
Dishwasher, residential	2.75	8
Drinking fountain	0.75	8
Laundry tray	4	8
Lavatory, private	0.8	8
Lavatory, private, mixing valve	0.8	8
Lavatory, public	0.4	8
Shower	2.5	8
Shower, balanced-pressure, thermostatic or combination balanced-pressure/ thermostatic mixing valve	2.5 ^b	20
Sillcock, hose bibb	5	8
Sink, residential	1.75	8
Sink, service	3	8
Urinal, valve	12	25
Water closet, blow out, flushometer valve	25	45
Water closet, flushometer tank	1.6	20
Water closet, siphonic, flushometer valve	25	35
Water closet, tank, close coupled	3	20
Water closet, tank, one piece	6	20

For SI: 1 pound per square inch = 6.895 kPa,

1 gallon per minute = 3.785 L/m.

a. For additional requirements for flow rates and quantities, see Section 604.4.

b. Where the shower mixing valve manufacturer indicates a lower flow rating for the mixing valve, the lower value shall be applied.

Fuente: 2.3. Código internacional de fontanería - CIP

Los valores publicados en la CIP sobre el caudal de los aparatos son:

Tabla 16. Caudal requerido por los aparatos

TABLE 604.4
MAXIMUM FLOW RATES AND CONSUMPTION FOR
PLUMBING FIXTURES AND FIXTURE FITTINGS

PLUMBING FIXTURE OR FIXTURE FITTING	MAXIMUM FLOW RATE OR QUANTITY ^a
Lavatory, private	2.2 gpm at 60 psi
Lavatory, public (metering)	0.25 gallon per metering cycle
Lavatory, public (other than metering)	0.5 gpm at 60 psi
Shower head ^a	2.5 gpm at 80 psi
Sink faucet	2.2 gpm at 60 psi
Urinal	1.0 gallon per flushing cycle
Water closet	1.6 gallons per flushing cycle

For SI: 1 gallon = 3.785 L, 1 gallon per minute = 3.785 L/m,
1 pound per square inch = 6.895 kPa.

a. A hand-held shower spray is a shower head.

b. Consumption tolerances shall be determined from referenced standards.

Fuente: 2.3. Código internacional de fontanería - CIP

2.4. Código Colombiano de Fontanería (NTC-1500 V3, 2017)

Dentro de este documento se establecen los requerimientos para diseño de redes internas de agua potable, aguas servidas y sistemas de ventilación a nivel nacional. De igual manera se indican las características de los aparatos sanitarios con los cuales se deben realizar dichos diseños.

A continuación, se presenta la demanda de agua requerida para diferentes tipos de aparatos sanitarios:

Tabla 17. Consumo de caudal para aparatos sanitarios

Tipos de aparatos hidrosanitario	Caudal ^a L/min (gpm)	Presión de flujo kPa (psi)
Bañera, válvula mezcladora balance de presión, termostática, o de combinación balance de presión/termostática	15 (4)	138 (20)
Bidé, válvula de mezclado termostática	8 (2)	138 (20)
Accesorio de combinación	15 (4)	55 (8)
Lavavajillas doméstico	10 (2,75)	55 (8)
Bebedero	3 (0,75)	55 (8)
Lavadero	15 (4)	55 (8)
Lavamanos	8 (2)	55 (8)
Ducha	11 (3)	55 (8)
Ducha, con válvula de mezclado de presión balanceada, termostática, o combinada de presión balanceada/termostática	11 (3)	138 (20)
Grifo de manguera, llave de manguera	19 (5)	55 (8)
Fregadero residencial	9 (2,5)	55 (8)
Fregadero de servicio	11 (3)	55 (8)
Orinal de válvula	45 (12)	172 (25)
Inodoro de desboque o arrastre con válvula fluxómetro	95 (25)	310 (45)
Inodoro, tanque fluxómetro	6 (1,6)	138 (20)
Inodoro, sifónico, válvula de fluxómetro	95 (25)	241 (35)
Inodoro, tanque cierre acoplado	11 (3)	138 (20)
Inodoro, tanque una pieza	23 (6)	138 (20)
Para SI: 1 libra por pulgada cuadrada = 6, 895 kPa. 1 galón por minuto = 3,785 L/min. ^a Para requisitos adicionales de caudales y presión , véase el numeral 7.4.4.		

Fuente: NTC-1500

Por otra parte, la NTC-1500 establece los valores máximos de consumo de agua para cada tipo de aparato:

Tabla 18. Consumos y caudales máximos para accesorios y aparatos hidrosanitarios

Tabla 7.4.4 Consumos y caudales máximos para accesorios y aparatos hidrosanitarios

Accesorios y aparatos hidrosanitarios	Consumos y caudales máximos ^b
Lavamanos privado	8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi)
Lavamanos público, (con cierre automático)	0,9 Lpf (0,25 galones) por ciclo de funcionamiento
Lavamanos público, (otro que no sea con cierre automático)	1,9 L/min (0,5 gpm) a 414 kPa (60 psi)
teleducha ^a	9,5 L/min (2,5 gpm) a 552 kPa (80 psi)
grifo de pocetas	8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi)
Orinales	3,8 Lpf (1,0 galones) por ciclo de funcionamiento
Inodoros	6,0 Lpf (1,6 galones) por ciclo de funcionamiento
Para SI: 1 galón = 3,785 L, 1 galón por minuto = 3,785 L/min, 1 libra por pulgada cuadrada = 6,895 kPa. ^a Una cabeza de ducha manual desmontable es una teleducha. ^b Las tolerancias de consumo deben ser determinadas por normas citadas. Lpf Litros por funcionamiento Nota: Para otros aparatos sanitarios refiérase a la NTC 1644.	

Fuente: NTC-1500

2.5. Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C., establecidos en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

El 23 de septiembre de 2019 la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, crea la Resolución No. 1874, mediante la cual se establecen las medidas a tener en cuenta para la implementación de la Resolución 549 de 2015 en la ciudad de Bogotá, en el cual se incluyen los porcentajes de ahorro de agua, metodología de cálculo de línea base de consumo y medidas prescriptivas de ahorro de agua por tipología de proyecto.

2.5.1. Porcentajes mínimos de ahorro en Bogotá

A continuación, se presentan, en la Tabla 1 del Protocolo, los porcentajes de ahorro obligatorios para edificaciones nuevas en Bogotá:

Tabla 19. Porcentajes mínimos de ahorro para Bogotá

Tabla 1. Porcentajes de ahorro que deben cumplirse en Bogotá desde julio de 2017

	Energía	Agua
Hoteles	20	25
Hospitales	35	10
Oficinas	30	30
Centros comerciales	25	25
Educativos	45	45
Vivienda no VIS	25	25

Fuente: alborada.com.co, perfil de la Bogotá E10 de 2016

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.,

De la misma manera se indican en la Tabla 2. Del protocolo de implementación, la tipología de la vivienda de acuerdo con el estrato socioeconómico del que hace parte:

Tabla 20. Tipos de edificaciones que deben cumplir con los ahorros definidos en la Tabla 1 para Bogotá.

Tabla 2. Tipos de edificaciones que deben cumplir con los ahorros definidos en la Tabla 1 en Bogotá

Tipo de edificación	Escala	Clasificación Usos del Suelo Bogotá Decreto 190 de 2004
Vivienda no VIS	Todas	Residencial localizado en estrato 3,4,5 y 6
Vivienda de interés social (VIS) Vivienda de interés prioritario (VIP)	Todas	Residencial <ul style="list-style-type: none"> • Vivienda de interés social (VIS) • Vivienda de interés prioritario (VIP) Localizado en cualquier estrato

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.,

2.5.2. Metodologías para la aplicación del Protocolo de acuerdo con el tipo de edificación para el ahorro de agua para todos los estratos

A continuación, se describen las medidas a tener en cuenta para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro de agua establecidas dentro del Protocolo de Implementación.

2.5.2.1. Método de desempeño para el ahorro de agua del Protocolo

Teniendo en cuenta el caudal de agua que necesitan los aparatos sanitarios para un óptimo funcionamiento según fichas técnicas del fabricante a una presión mínima de 60psi, es posible continuar con el análisis de consumo.

Una vez definidos dichos caudales, se deben establecer la duración y frecuencia de uso de cada aparato de acuerdo con la tipología de la vivienda establecidos en el Protocolo de Implementación para el cálculo del volumen de agua, las cuales se presentan a continuación:

Tabla 21. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas VIP

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso
	Duchas 4 min/uso
	Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día
	Lavamanos 2 usos/día
	Duchas 1 uso/día
	Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C

Tabla 22. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas VIS

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	4 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 0,5 min/uso Duchas 4 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 2 usos/día Lavamanos 2 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 2 usos/día

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.

Tabla 23. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas Estratos 3 Y 4

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	3,5 personas/Unidad residencial
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 1 min/uso Duchas 8 min/uso Lavaplatos 1 min/uso
Usos diarios por persona	Sanitarios 3 usos/día Lavamanos 3 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 3 usos/día

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.

Tabla 24. Parámetros sugeridos para el cálculo de desempeño de consumo de agua en viviendas Estratos 5 y 6

Ítem	Parámetro
Densidad de ocupación	3 personas/Unidad residencial.
Duración aparatos de flujo	Lavamanos 1 min/uso Duchas 8 min/uso Lavaplatos 1 min/uso.
Usos diarios por persona	Sanitarios 3 usos/día Lavamanos 3 usos/día Duchas 1 uso/día Lavaplatos 3 usos/día.

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.

Finalmente se deberá calcular una línea base de consumo de agua para cada tipo de proyecto de acuerdo con la sumatoria del volumen de agua consumida por los aparatos de descarga y por los aparatos de flujo.

El cálculo del consumo de agua establecido en el Protocolo de Implementación se presenta a continuación:

$$CD = P * CA * F$$

Donde:

CD: Volumen de agua por día [l/día]

P: Número de usuarios del grupo de uso

CA: Caudal de aparato sanitario [lpd]

F: Frecuencia de uso diario

2.5.2.2. Método prescriptivo para el ahorro de agua

Adicionalmente dentro del Protocolo de Implementación se permite la aplicación de una metodología prescriptiva dentro de la cual se sugieren las características de los aparatos sanitarios a instalar, el cual se permite únicamente para viviendas no VIS de estrato 3, 4, 5 y 6. A continuación se muestran las medidas prescriptivas:

Tabla 25. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de vivienda estrato 3 y 4

Medida	Item	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario privado ahorrador	Sanitario	Instalar sanitarios de uso privado de tanque con un caudal máximo de 3,8 lpd.
Accesorios eficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios eficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.

Tabla 26. Medidas de agua requeridas para el método prescriptivo de viviendas de estratos 5 y 6

Medida	Item	Requerimiento
Accesorios eficientes: ducha	Ducha	Instalar duchas con un consumo máximo de 6 lpm a una presión de 60 PSI.
Accesorios eficientes: sanitario privado ahorrador	Sanitario	Instalar sanitarios de uso privado de tanque con un caudal máximo de 3,8 lpd.
Accesorios eficientes: grifo lavaplatos	Lavaplatos	Instalar grifo de lavaplatos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.
Accesorios eficientes: grifo lavamanos	Lavamanos	Instalar lavamanos con un consumo máximo de 6 lpm a 60 PSI.

Fuente: Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C.

2.6. Certificación Edge

Actualmente existen diferentes entidades encargadas de otorgar un reconocimiento a los proyectos de construcción que implementen medidas para garantizar el desarrollo sostenible ambientalmente, una de ellas es EDGE (EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES), el cual corresponde a un sistema de certificación de construcción sostenible creado por Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial.

EDGE evalúa el consumo de agua de las viviendas de acuerdo con la línea base de consumo de agua de la Resolución 549 de 2015 y para la obtención de la certificación requiere un porcentaje de ahorro del 20% a través de diferentes medidas, entre ellas la implementación de aparatos sanitarios eficientes.

El proceso de evaluación de los proyectos se realiza mediante el uso de la aplicación Edge APP, que calcula la línea base del proyecto de acuerdo con el estrato social, el número de habitantes y la ubicación del proyecto, así como también el porcentaje de ahorro que se logra al modificar los aparatos sanitarios tradicionales encontrados en el programa.

2.7. Norma Técnica NS-031 de la EAAB

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, cuenta con su propio sistema de información documental, dentro del cual se encuentra toda la normatividad aplicable a los diseños de acueducto para la ciudad de Bogotá. Es así como se encuentra la NS-031, en la cual se definen los criterios para la estimación de habitantes por vivienda y así mismo la demanda de agua por habitante al día para los proyectos de vivienda residencial.

A continuación, se presentan los parámetros de diseño hidráulico sobre el consumo de agua en viviendas residenciales establecidos en la norma:

- Proyección de población: El número de habitantes por vivienda depende exclusivamente del estrato socioeconómico en el cual se encuentre la vivienda tal como se muestra a continuación:

Tabla 27. Ocupación de Habitantes por Vivienda y por Usuario

Estrato	Número de Habitantes por Vivienda	Número de Habitantes por Usuario
1	4.1	5.5
2	3.6	4.9
3	3.4	4.5
4	2.5	3.4
5	2.8	3.7
6	2.3	3.1

Fuente: Tabla No. 1 de la norma NS-031 de la EAAB: Estudios de Población y demanda de agua en sectores específicos

- Demanda de agua en viviendas residenciales: corresponde a la dotación bruta en litros por habitante al día de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 28. Dotación Bruta Promedio

Estrato	Dotación Bruta L/HAB-DIA
1	110
2	115
3	115
4	150
5	155
6	215

Fuente: Tabla No. 3 de la norma NS-031 de la EAAB: Estudios de Población y demanda de agua en sectores específicos.

Capítulo III - Proyectos típicos de vivienda residencial en Colombia

Si bien es cierto que las diferentes metodologías aplicadas en el país para establecer el valor de la dotación y la demanda en el desarrollo del diseño y la ejecución de los proyectos de vivienda han sido funcionales, es importante resaltar que las condiciones habitacionales de la población han sufrido cambios significativos a lo largo de la historia, tal como se mencionó en el capítulo No. 3 del presente documento.

Así pues, con el fin de tener datos ajustados a las condiciones actuales en las que se encuentran los hogares colombianos, se realizó la evaluación de seis proyectos constructivos de vivienda residencial en ejecución bajo los criterios de clasificación establecidos en la Resolución 549 de 2015 tales como región del país y estrato socioeconómico. Lo anterior se presenta en los siguientes numerales.

3.1. Clima frío

3.1.1. Proyecto de vivienda típico VIP

Este tipo de vivienda se caracteriza por entregarse por parte del constructor al usuario con los siguientes puntos de agua disponibles:

- Cuarto de ropas y cocina: lavadora, lavadero y lavaplatos
- Un baño: sanitario, ducha y lavamanos

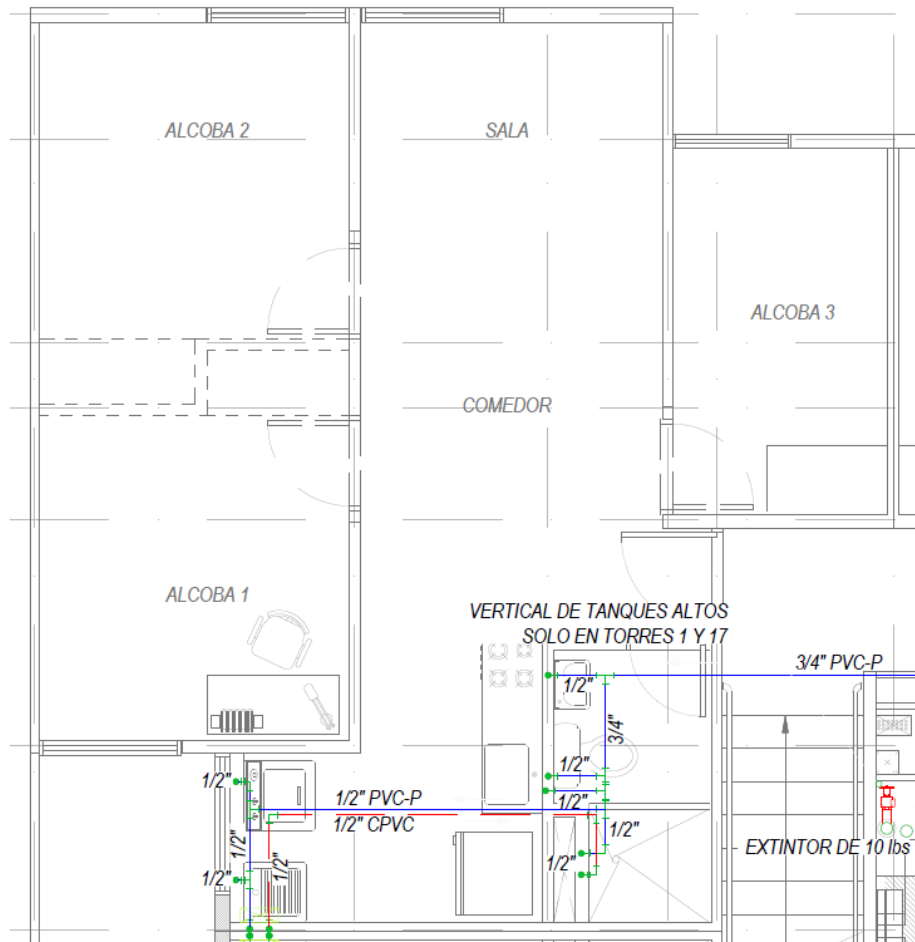
A continuación, se indican las características y el esquema de las redes de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 29. Características de vivienda tipo VIP en clima frío

Tipología	VIP
Valor	\$82.000.000,00
Área	43,00 m ²
Ubicación	Bogotá / Cundinamarca
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 3. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIP - Clima frío



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Proyecto de vivienda típico VIS

Este tipo de vivienda se caracteriza por entregarse por parte del constructor al usuario con los siguientes puntos de agua disponibles:

- Cuarto de ropas y cocina: lavadora, lavadero y lavaplatos
- Un baño: sanitario, ducha y lavamanos
- Punto taponado disponible para futura conexión

A continuación, se indican las características y el esquema de las redes de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 30. Características de vivienda tipo VIS en clima frío

Tipología	VIS
Valor	\$130.000.000,00
Área	50,00 m ²
Ubicación	Bogotá / Cundinamarca
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

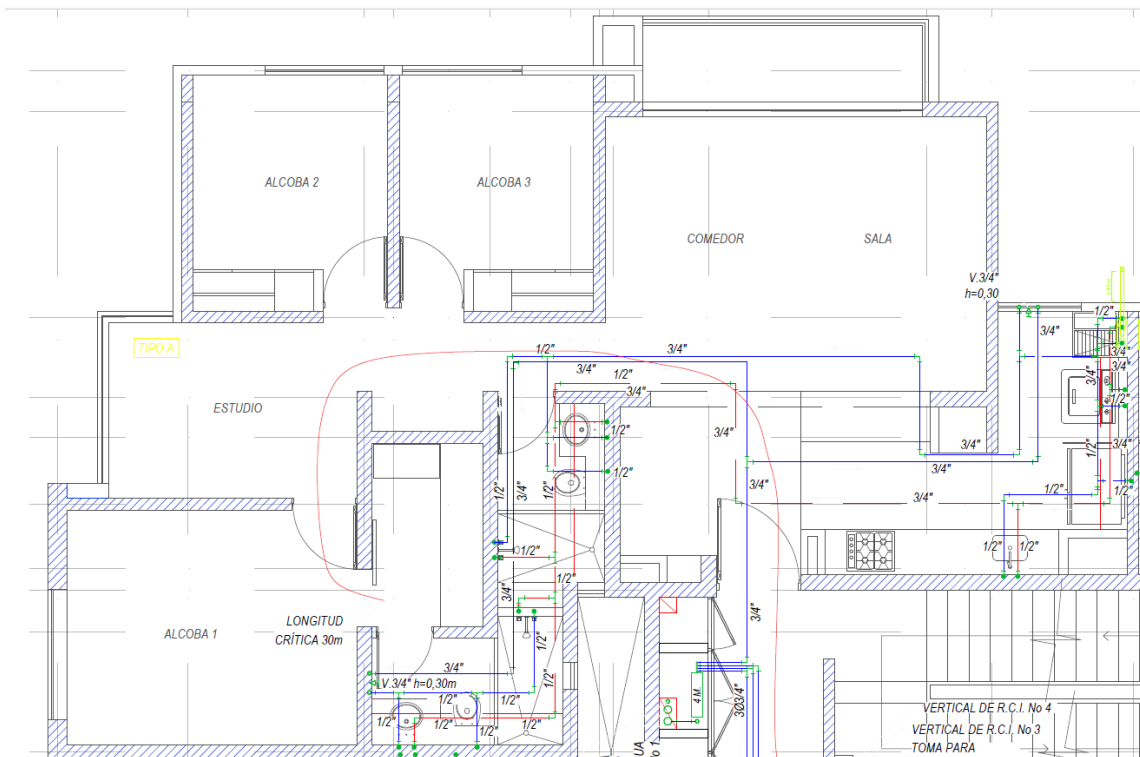
de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 31. Características de vivienda tipo NO VIS en clima frío

Tipología	NO VIS
Valor	\$420.000.000,00
Área	69,00 m ²
Ubicación	Bogotá / Cundinamarca
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 5. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo NO VIS - Clima frío



Fuente: Elaboración Propia

3.2. Clima cálido

3.2.1. Proyecto de vivienda típico VIP

Este tipo de vivienda se caracteriza por entregarse por parte del constructor al usuario con los siguientes puntos de agua disponibles:

- Cuarto de ropas y cocina: lavadora, lavadero y lavaplatos
- Un baño: sanitario, ducha y lavamanos

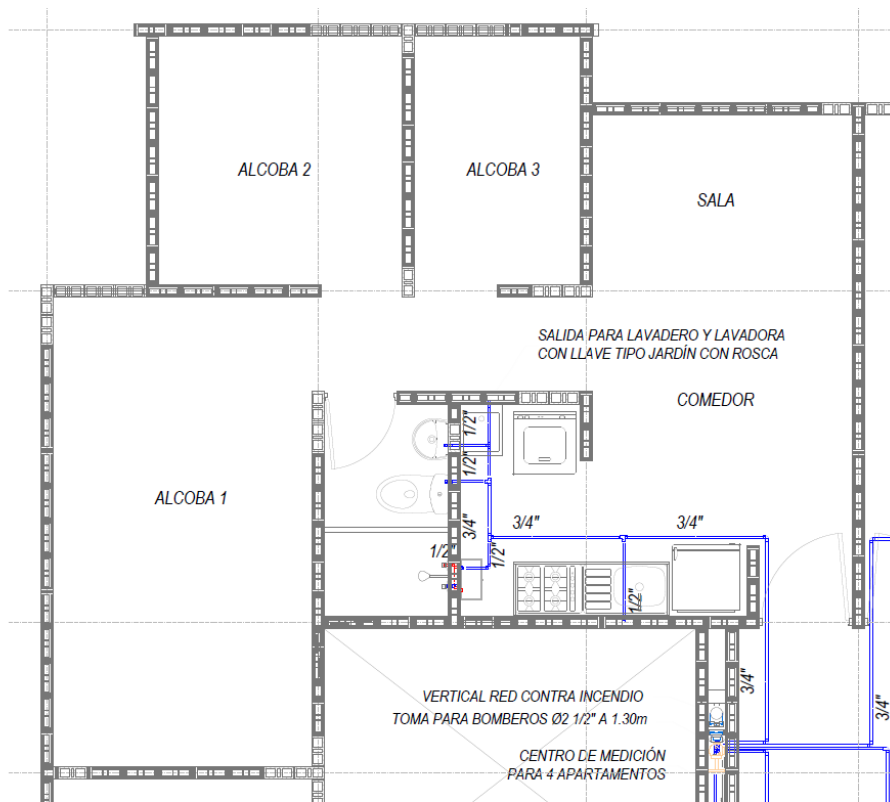
A continuación, se indican las características y el esquema de las redes de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 32. Características de vivienda tipo VIP en clima cálido

Tipología	VIP
Valor	\$75.000.000,00
Área	40,61 m ²
Ubicación	Ibagué / Tolima
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 6. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIP - Clima cálido



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Proyecto de vivienda típico VIS

Este tipo de vivienda se caracteriza por entregarse por parte del constructor al usuario con los siguientes puntos de agua disponibles:

- Cuarto de ropas y cocina: lavadora, lavadero y lavaplatos
- Un baño: sanitario, ducha y lavamanos
- Punto taponado disponible para futura conexión

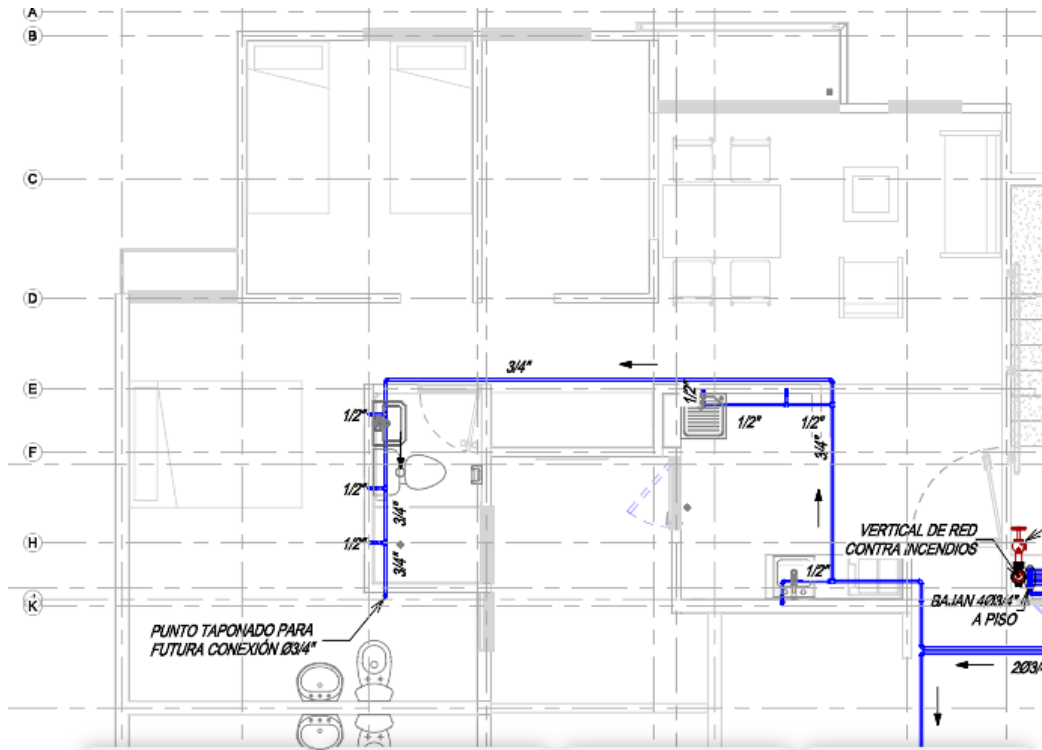
A continuación, se indican las características y el esquema de las redes de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 33. Características de vivienda tipo VIS en clima cálido

Tipología	VIS
Valor	\$118.600.000,00
Área	51,00 m ²
Ubicación	Cartagena / Bolívar
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 7. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo VIS - Clima cálido



Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Proyecto de vivienda típico NO VIS

Este tipo de vivienda se caracteriza por entregarse por parte del constructor al usuario con los siguientes puntos de agua disponibles:

- Cuarto de ropas y cocina: lavadora, lavadero, lavaplatos y nevera*
- Dos baños cada uno con: sanitario, ducha y lavamanos
- Un baño social con: sanitario y lavamanos

*Es importante tener en cuenta que, debido al bajo consumo y la probabilidad de uso en el punto hidráulico de la nevera, este no se tendrá en cuenta dentro de los cálculos y análisis respectivos.

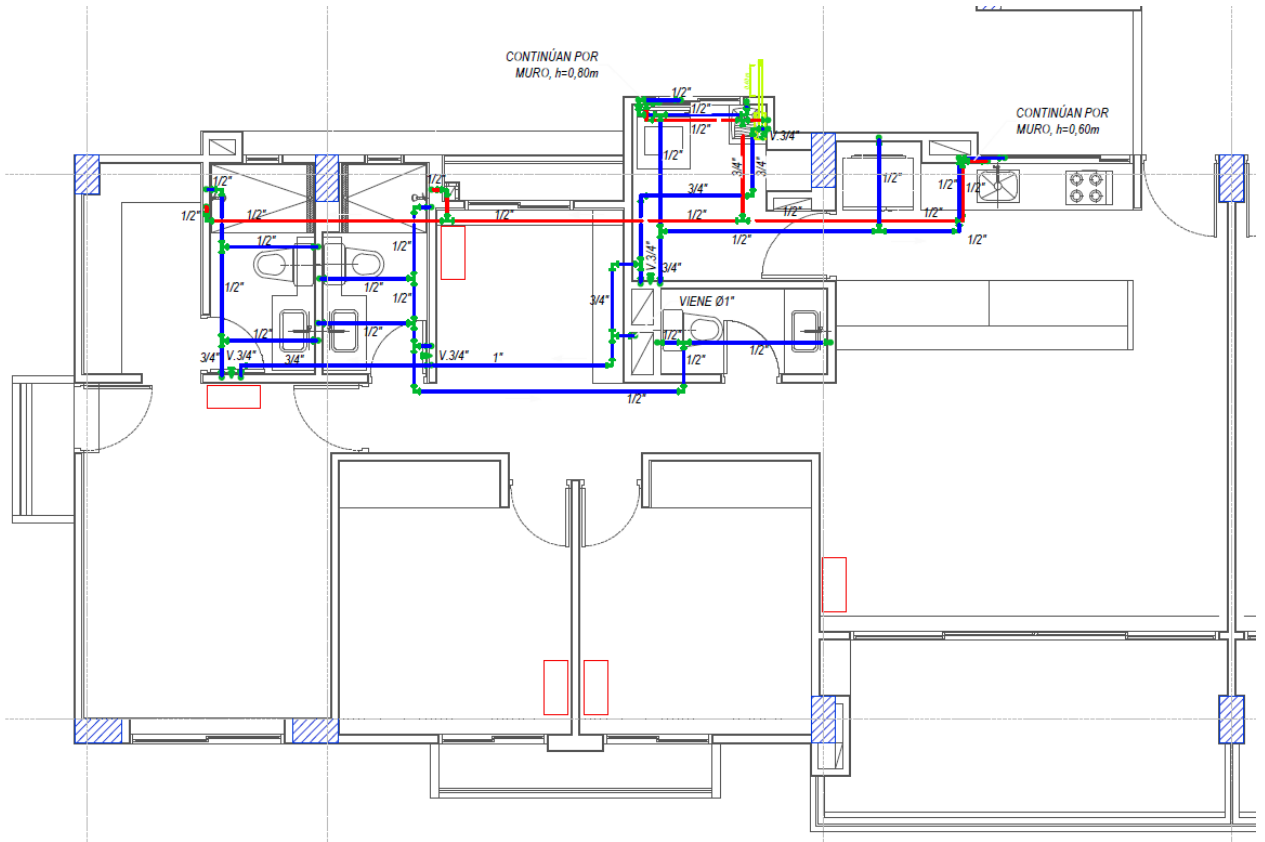
A continuación, se indican las características y el esquema de las redes de alimentación de agua potable para esa tipología de vivienda:

Tabla 34 Características de vivienda tipo NO VIS en clima cálido

Tipología	NO VIS
Valor	\$429.000.000,00
Área	63,00 m ²
Ubicación	Cartagena / Bolívar
Dormitorios	3

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 8. Esquema de redes hidráulicas en vivienda tipo NO VIS - Clima cálido



Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV - Descripción de aparatos Hidrosanitarios

En este capítulo se describen los tipos de aparatos hidrosanitarios que actualmente se implementan en nuestro país para proyectos de vivienda residencial. Para ello fue necesario obtener información sobre las características de los aparatos hidrosanitarios en proyectos de vivienda que se encuentran en ejecución. Una vez realizada la investigación sobre dichos proyectos clasificados según la región y estrato socioeconómico, se realizó la revisión de los aparatos hidrosanitarios instalados con los cuales se entrega la vivienda.

Teniendo en cuenta la revisión de las referencias comerciales típicas de los aparatos en dichos proyectos se procede a consultar con los fabricantes las características técnicas de funcionamiento de cada aparato, con el fin de tener la referencia de consumo real en una vivienda residencial. A continuación, se describen los resultados.

4.1. Tipología de aparatos hidrosanitarios instalados en viviendas VIP y VIS

4.1.1. Ducha

Actualmente los constructores se encuentran ofreciendo en el mercado duchas en las cuales el consumo de agua sea eficiente sin que se vea afectado el confort que requerido por el usuario. Por esta razón la ducha que se instala en las viviendas tipo VIP y VIS cuenta con las siguientes características:

Ilustración 9. Ducha comercial característica instalada en viviendas VIP y VIS



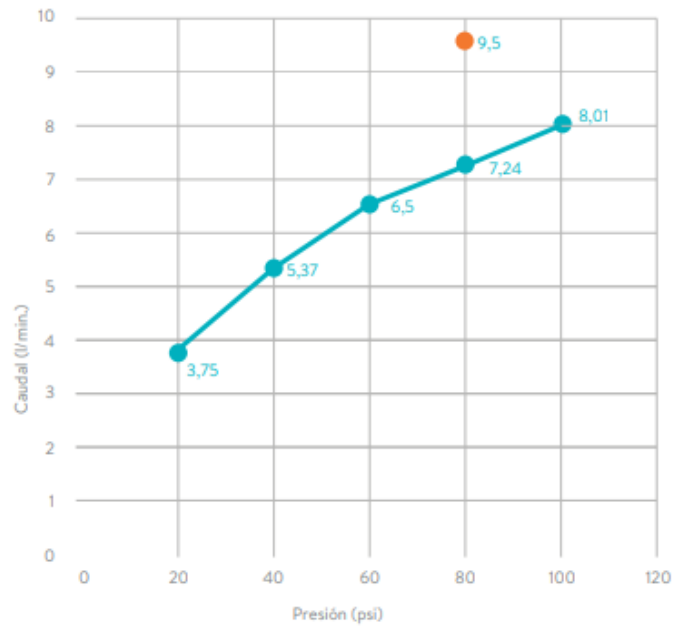
Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 35. Presión y caudal requerido para ducha – VIP y VIS

DUCHA VIS Y VIP	
Marca	Grival
Referencia	Artesa
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento (psi)	43
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	5.77

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 10. Curva de funcionamiento en ducha – VIP y VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

4.1.2. Lavamanos:

A continuación, se presenta la grifería de los lavamanos que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 11. Grifería de lavamanos característica instalada en viviendas VIP y VIS



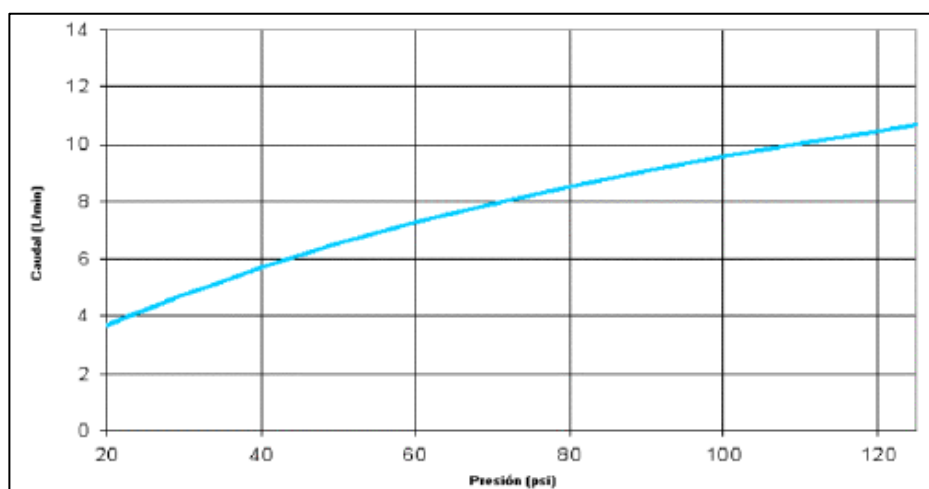
Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 36. Presión y caudal requerido para grifería de lavamanos - VIP y VIS

Lavamanos VIS Y VIP	
Marca	Grival
Referencia	Tamara
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento (psi)	43
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	5.87

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 12. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - VIP y VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

4.1.3. Sanitario:

A continuación, se presentan las características generales de los sanitarios que se instalan en viviendas residenciales de tipo VIP y VIS:

Ilustración 13. Sanitario de característico instalado en viviendas VIP y VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 37. Caudal de descarga requerido para sanitario - VIP y VIS

Sanitario VIS Y VIP	
Marca	Corona
Referencia	Smart
Caudal de descarga (lpf)	4.8

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Lavaplatos:

A continuación, se presenta la grifería de los lavaplatos que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 14. Grifería de lavaplatos característica instalada en viviendas VIP y VIS



PISCIS PICO CISNE
Ref. 545030001 - Subcj.
Ref. 545040001 - Cj.

Fuente: manual técnico del fabricante

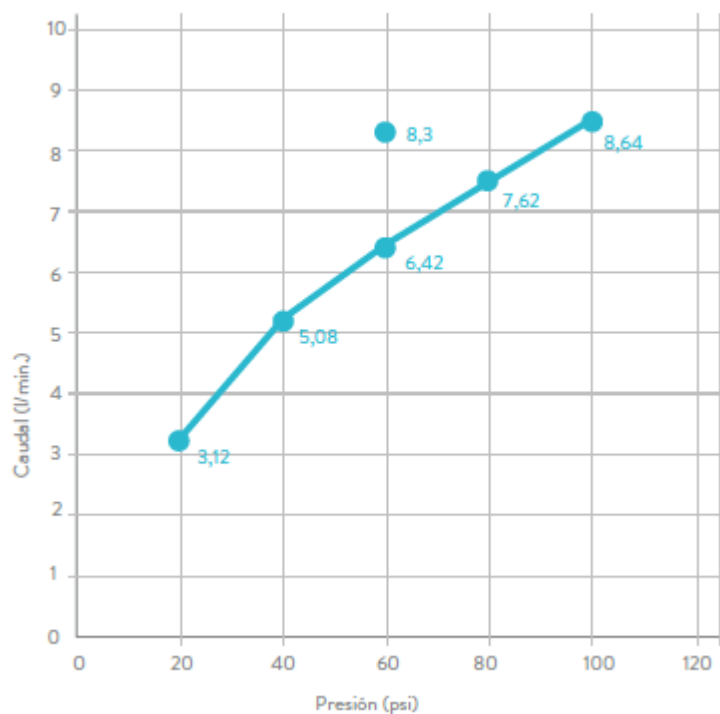
Tabla 38. Presión y caudal requerido para grifería de lavaplatos - VIP y VIS

Lavaplatos VIS Y VIP	
Marca	Grival
Referencia	Piscis
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento (psi)	43
Caudal para Presión de funcionamiento evaluada (l/min)	5.46

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - VIP y VIS

DIAGRAMA DE CAUDAL



Fuente: manual técnico del fabricante

4.1.5. Grifería para lavaderos y lavadoras:

A continuación, se presenta la grifería de los lavaderos y lavadoras que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 16. Grifería de lavadero y lavadora característica instalada en viviendas VIP y VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

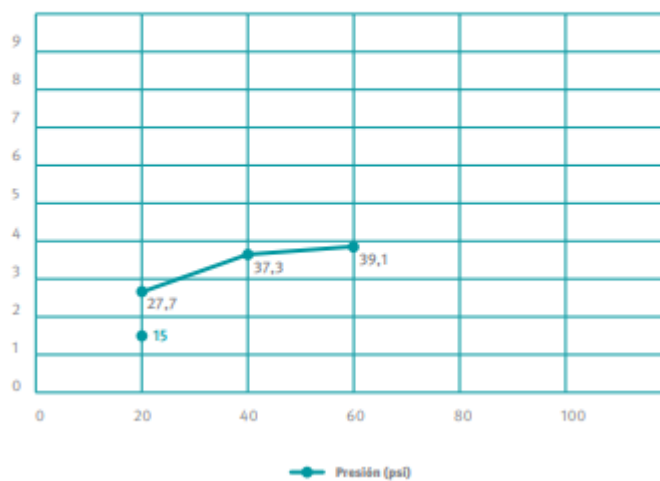
Tabla 39. Presión y caudal requerido para grifería de lavadero y lavadora - VIP y VIS

Lavadero VIS Y VIP	
Marca	Grival
Referencia	Llave Jardín liviana
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento evaluada (psi)	20
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	27.70

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 17. Curva de funcionamiento en grifería lavadero y lavadora - VIP y VIS

DIAGRAMA DE CAUDAL



Fuente: manual técnico del fabricante

4.2. Tipología de aparatos hidrosanitarios instalados en viviendas NO VIS

4.2.1. Ducha:

Actualmente los constructores se encuentran ofreciendo en el mercado duchas en las cuales el consumo de agua sea eficiente sin que se vea afectado el confort que requerido por el usuario. Por esta razón la ducha que se instala en las viviendas tipo NO VIS cuenta con las siguientes características:

Ilustración 18. Ducha comercial característica instalada en viviendas NO VIS



PISCIS PLUS SU
Ref. 544245551 - SSB

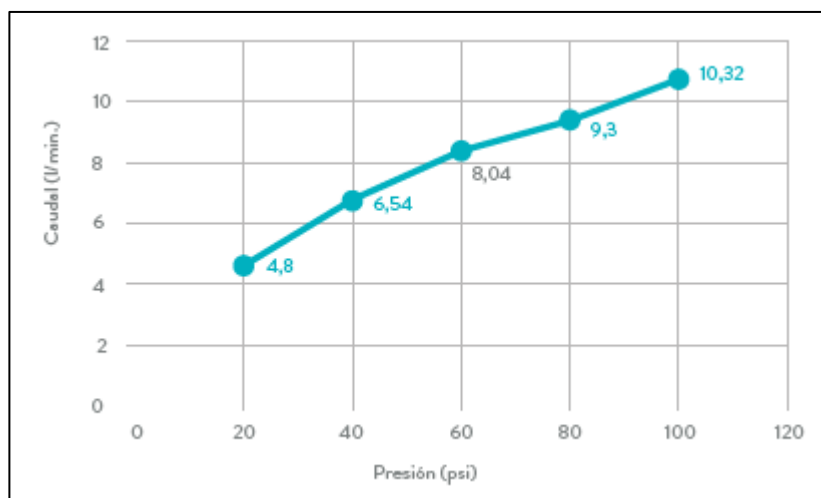
Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 40. Presión y caudal requerido para ducha - NO VIS

DUCHA NO VIS	
Marca	Grival
Referencia	Piscis plus
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento (psi)	43
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	6.9

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 19. Curva de funcionamiento en ducha - NO VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

4.2.2. Lavamanos:

A continuación, se presenta la grifería de los lavamanos que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 20. Grifería de lavamanos característica instalada en viviendas NO VIS



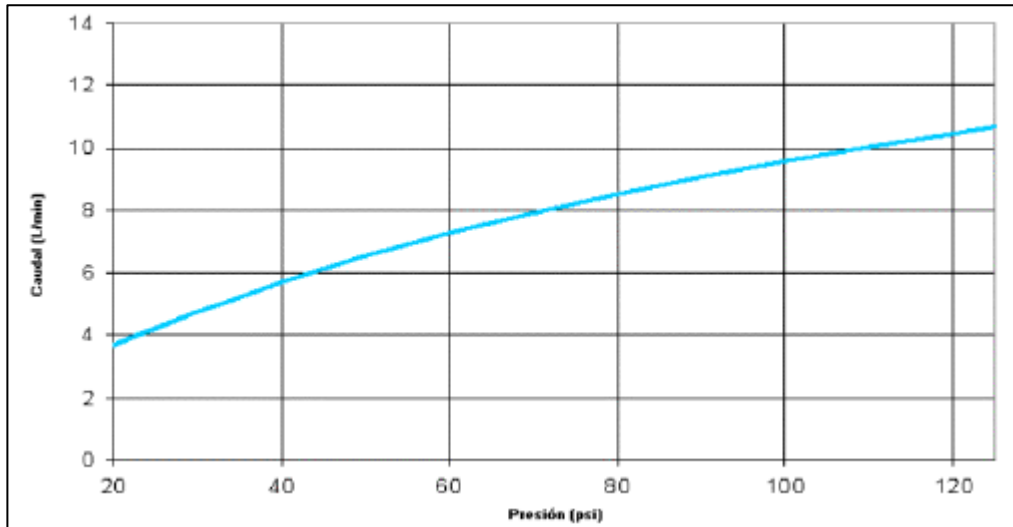
Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 41. Presión y caudal requerido para grifería de lavamanos - NO VIS

Lavamanos NO VIS	
Marca	Grival
Referencia	Tamara
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento mínima (psi)	43
Caudal de funcionamiento para Presión de funcionamiento mínima (l/min)	5.87

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 21 Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - NO VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

4.2.3. Sanitario:

A continuación, se presenta las características generales de los sanitarios que se instalan en viviendas residenciales de tipo NO VIS, los cuales generalmente cuentan con doble pulsador para descargas líquidas y para descargas sólidas:

Ilustración 22 Sanitario de doble pulsador característico instalado en viviendas NO VIS



SANITARIO **SMART** REDONDO
BLANCO
Ref. O29191001

Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 42. Caudal de descarga requerido para sanitario - NO VIS

Sanitario NO VIS	
Marca	Corona
Referencia	Smart
Caudal de descarga para líquidos (lpf)	4.2
Caudal de descarga para sólidos (lpf)	6

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. Lavaplatos:

A continuación, se presenta la grifería de los lavaplatos que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 23. Grifería de lavaplatos característica instalada en viviendas NO VIS



ALUVIA 5.7 l/min. TCTA
Ref. AV5040001 - Subcj.
Ref. AV5020001 - Cj.

Fuente: manual técnico del fabricante

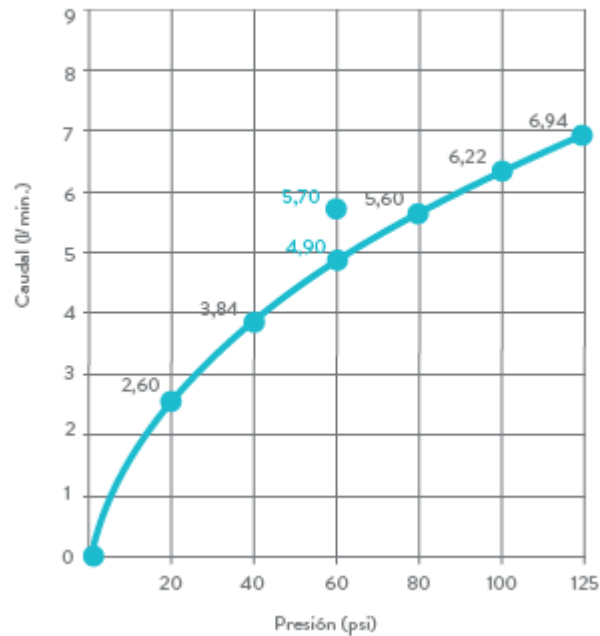
Tabla 43. Presión y caudal requerido para grifería de lavaplatos - NO VIS

Lavaplatos NO VIS	
Marca	Grival
Referencia	Aluvia
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento (psi)	43
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	4.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 24. Curva de funcionamiento en grifería lavamanos - NO VIS

DIAGRAMA DE CAUDAL



Fuente: manual técnico del fabricante

4.2.5. Grifería para lavaderos y lavadoras:

A continuación, se presenta la grifería de los lavaderos y lavadoras que actualmente los constructores instalan para esta tipología de viviendas:

Ilustración 25. Grifería de lavadero y lavadora característica instalada en viviendas NO VIS



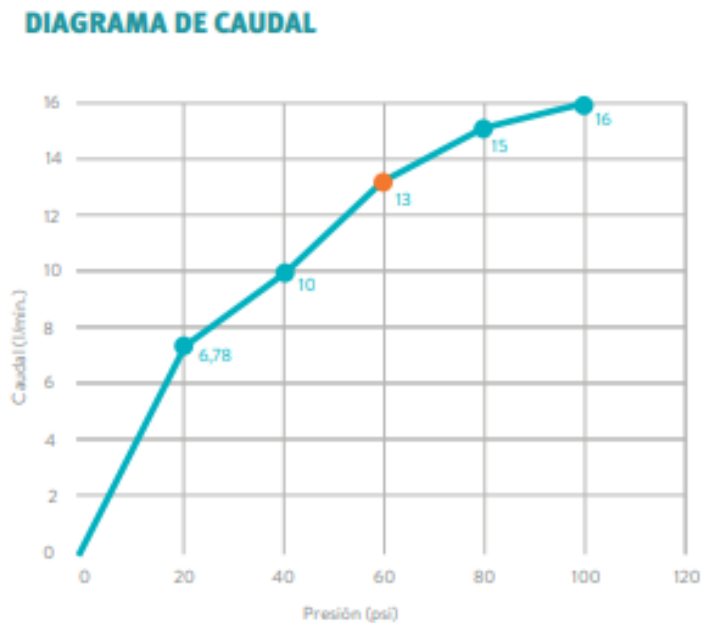
Fuente: manual técnico del fabricante

Tabla 44. Presión y caudal requerido para grifería de lavadero y lavadora - NO VIS

Lavadero NO VIS	
Marca	Grival
Referencia	Terminal cocina
Presión mínima requerida (psi)	20
Presión máxima permitida (psi)	125
Presión de funcionamiento evaluada (psi)	20
Caudal para presión de funcionamiento evaluada (l/min)	6.78

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 26. Curva de funcionamiento en grifería lavadero y lavadora - NO VIS



Fuente: manual técnico del fabricante

Capítulo V - Encuestas realizadas en campo sobre el uso de los aparatos hidrosanitarios

Con el fin de obtener los valores numéricos sobre el consumo en los aparatos hidrosanitarios y lavadoras cercano a la realidad del país, fue necesario realizar encuestas en diferentes zonas del país con el fin de tener una muestra representativa.

Es así como por medio de una plataforma digital se describieron dos formatos (aparatos hidrosanitarios y lavadoras) de preguntas para su diligenciamiento, los cuales fueron respondidos por diferentes usuarios durante un periodo aproximado de un mes.

De esta manera se obtuvo la muestra representativa a procesar estadísticamente mediante análisis cualitativo de manera inicial y posteriormente los datos fueron evaluados mediante un análisis cuantitativo por la metodología de detección de valores “outlier” del valor crítico de Chauvenet.

5.1. Descripción de las encuestas realizadas

Con base en los criterios de clasificación regional y socioeconómica del país establecida en la Resolución 549 de 2015, se consultó en diferentes hogares colombianos la estratificación social con el fin de determinar la tipología de su vivienda y la ubicación de esta para encasillarla dentro de una clasificación climatológica.

Así pues, se procede a realizar diferentes preguntas, cuyas respuestas permitieron conocer estadísticamente datos tales como los aparatos hidrosanitarios con los que regularmente cuenta un hogar colombiano y a su vez la frecuencia de uso que se le da de acuerdo con el número de habitantes que residen en la vivienda.

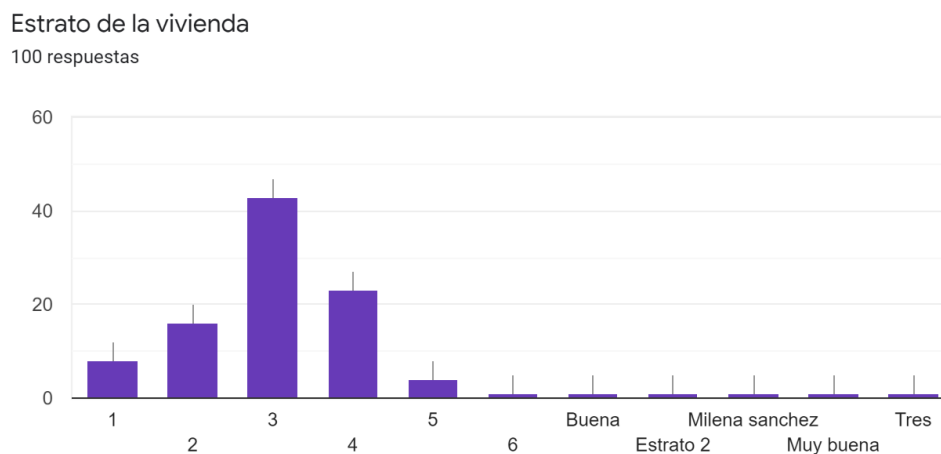
Se realizaron dos tipos de encuestas: una para establecer el uso de los aparatos

hidrosanitarios de lavamanos, ducha, sanitario, lavaplatos y lavadero, y la segunda para establecer el uso que se le da a la lavadora habitualmente en la vivienda, obteniendo los resultados generales mostrados en los siguientes numerales.

5.1.1. Encuestas realizadas sobre el uso de los aparatos hidrosanitarios

5.1.1.1. Estrato de la vivienda:

Ilustración 27. Estrato de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2. Número de habitantes en la vivienda

Ilustración 28. Habitantes de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.3. Localidad / ciudad de la vivienda

Debido a la densidad de la información, a continuación, se presenta el cuadro resumen de los datos procesados en las diferentes regiones del país de las cuales se obtuvo datos:

Tabla 45. Localización de la vivienda - Uso de aparatos hidrosanitarios

CLIMA FRÍO - LOCALIDAD/CIUDAD DE LA VIVIENDA	CLIMA CÁLIDO - LOCALIDAD/CIUDAD DE LA VIVIENDA
BOGOTÁ	VILLETA
SIMIJACA	SAN FRANCISCO CUND.
CHÍA	CALI
FACATATIVA	YUMBO
CAJICÁ	ARMENIA
ZIPAQUIRÁ	TURBACO
FUNZA	

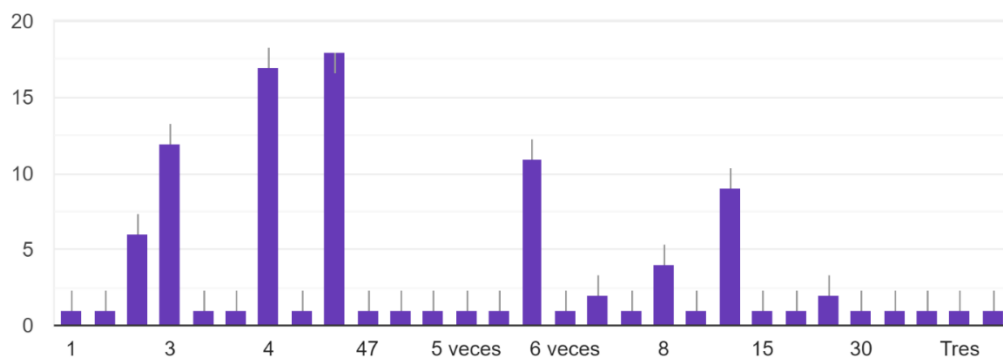
Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.4. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavamanos cuando lo utiliza?

Ilustración 29. Número de veces que se usa el lavamanos

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavamanos cuando lo utiliza?

101 respuestas



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.5. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos SEGUNDOS mantiene abierta la llave del lavamanos cuando la usa?

5.1.1.7. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos SEGUNDOS mantiene abierta la llave del lavaplatos cuando lo usa?

Debido a la densidad de la información, a continuación, se presenta el cuadro resumen de los datos procesados en las diferentes regiones del país de las cuales se obtuvo datos:

Tabla 46. Tiempo de uso del lavaplatos

CLIMA FRÍO - ¿APROXIMADAMENTE (ANTES DE LA EMERGENCIA SANITARIA) UN HABITANTE DE LA VIVIENDA CUANTOS SEGUNDOS MANTIENE ABIERTA LA LLAVE DEL LAVAPLATOS CUANDO LO USA?
PROMEDIO
229
31
36
31
473

CLIMA CÁLIDO - ¿APROXIMADAMENTE (ANTES DE LA EMERGENCIA SANITARIA) UN HABITANTE DE LA VIVIENDA CUANTOS SEGUNDOS MANTIENE ABIERTA LA LLAVE DEL LAVAPLATOS CUANDO LO USA?
32
22
20

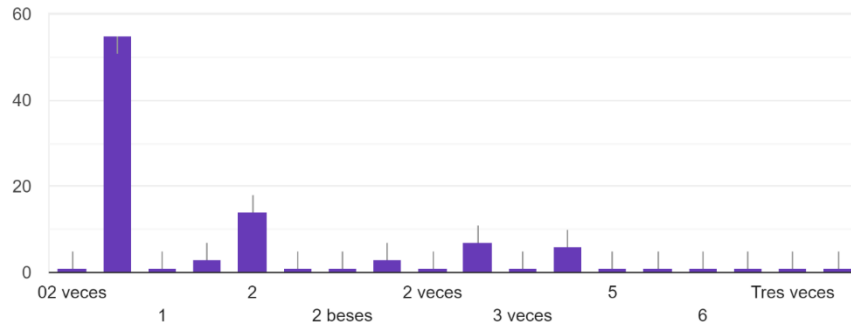
Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.8. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave de la ducha cuando la utiliza?

Ilustración 32. Número de veces que se usa la ducha

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave de la ducha cuando la utiliza?

100 respuestas



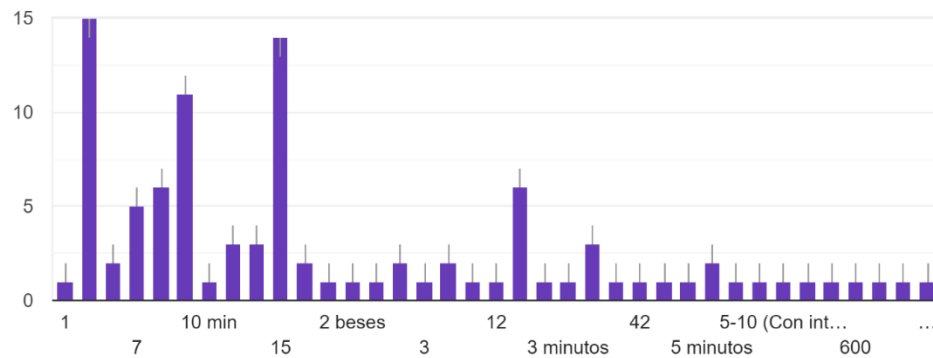
Fuente: Elaboración Propia

- 5.1.1.9. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos MINUTOS mantiene abierta la llave de la ducha cuando la usa?

Ilustración 33. Tiempo de uso de la ducha

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos MINUTOS mantiene abierta la llave de la ducha cuando la usa?

99 respuestas

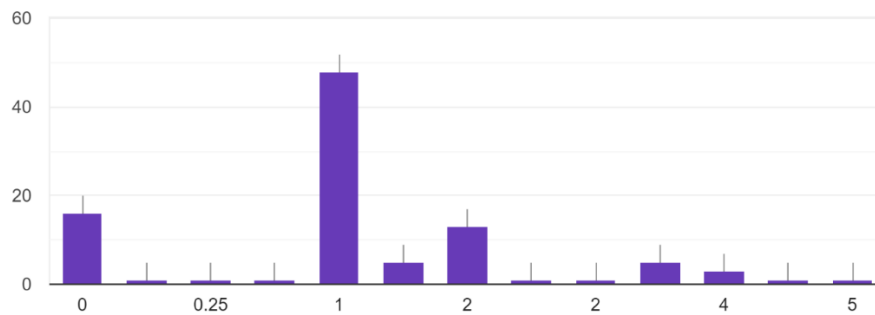


Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.10. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavadero cuando lo utiliza?

Ilustración 34. Número de veces que se usa el lavadero

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavadero cuando lo utiliza?
97 respuestas



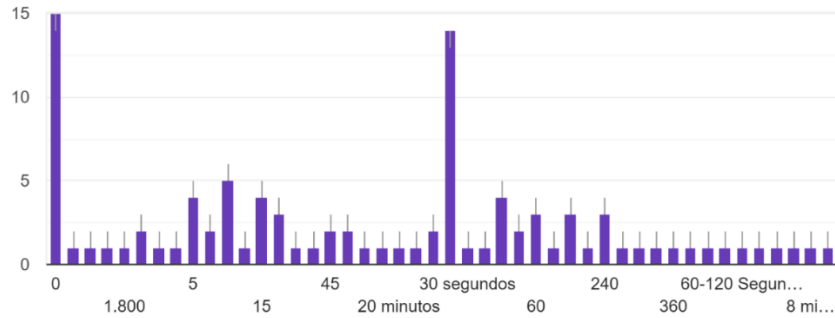
Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.11. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos SEGUNDOS mantiene abierta la llave del lavadero cuando lo usa?

Ilustración 35. Tiempo de uso del lavadero

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos SEGUNDOS mantiene abierta la llave del lavadero cuando lo usa?

100 respuestas



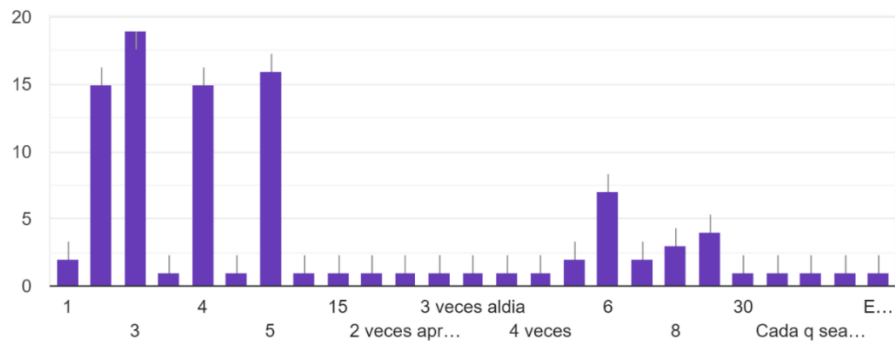
Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.12. ¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda descarga el tanque del inodoro?

Ilustración 36. Número de veces que se usa el sanitario

Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda descarga el tanque del inodoro?

100 respuestas

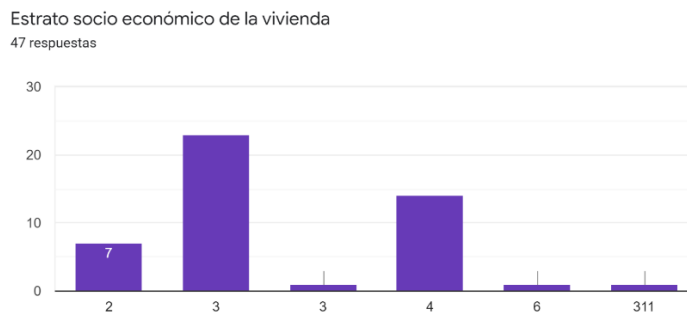


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Encuestas realizadas sobre el uso de la lavadora

5.1.2.1. Estrato socio económico de la vivienda

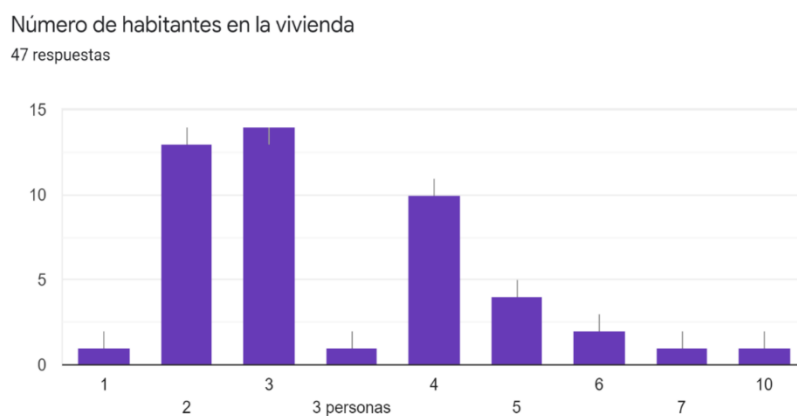
Ilustración 37. Estrato de la vivienda - Uso de lavadora



Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.2. Número de habitantes en la vivienda

Ilustración 38. Habitantes en la vivienda - Uso de lavadora

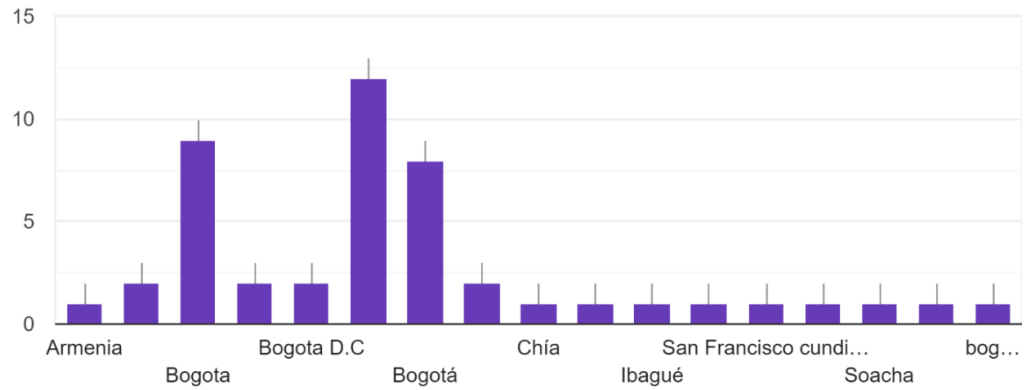


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.3. Ciudad de la vivienda

Ilustración 39. Localización de la vivienda - Uso de lavadora

Ciudad de la vivienda
47 respuestas

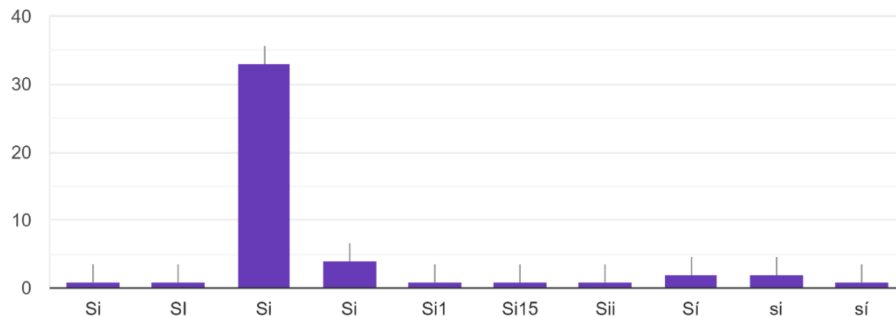


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.4. ¿En su vivienda disponen de una lavadora?

Ilustración 40. Disponibilidad de lavadora

En su vivienda disponen de una lavadora?
47 respuestas

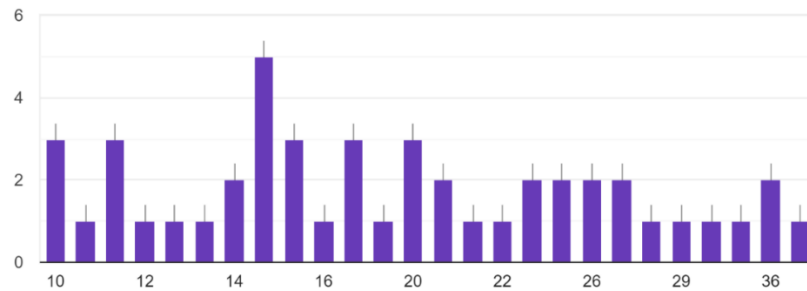


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.5. ¿Cuánta capacidad (especificar libras o kilogramos) es la lavadora de su vivienda?

Ilustración 41. Capacidad de la lavadora

Cuanta capacidad (especificar libras o kilogramos) es la lavadora de su vivienda?
47 respuestas

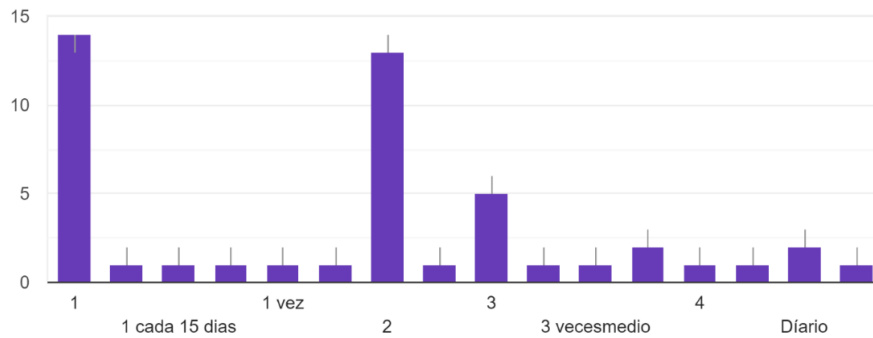


Fuente: Elaboración Propia

5.1.2.6. ¿Aproximadamente cuantas veces a la semana se utiliza la lavadora?

Ilustración 42. Número de veces que se usa la lavadora

Aproximadamente cuantas veces a la SEMANA se utiliza la lavadora?
47 respuestas



Fuente: Elaboración Propia

5.2. Resumen de los datos procesados estadísticamente para clima frío

Una vez se procesaron los datos de las encuestas con los criterios cualitativos y cuantitativos descritos al inicio de este capítulo, se obtuvieron los siguientes cuadros de resumen para clima frío

5.2.1. Uso de aparatos hidrosanitarios

Tabla 47. Resumen de resultados encuestas aparatos hidrosanitarios - Clima frío

Tipología de la vivienda	Número de habitantes en la vivienda	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavamanos cuando lo utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavamanos cuando la usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavaplatos cuando lo utiliza?	¿aproximadamente (antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavaplatos cuando lo usa?
VIP	5	5	25	7	130
VIS	3	5	21	7	36
NO VIS	3	4	32	5	252

Tipología de la vivienda	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave de la ducha cuando la utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos minutos mantiene abierta la llave de la ducha cuando la usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavadero cuando lo utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavadero cuando lo usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda descarga el tanque del inodoro?
VIP	2	10	1	19	5
VIS	2	8	1	20	4
NO VIS	1	11	1	33	4

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2. Uso de lavadoras

Tabla 48. Resumen de resultados encuestas lavadoras - Clima frío

TIPOLOGÍA	Número de habitantes en la vivienda	¿En su vivienda disponen de una lavadora?	¿Cuánta capacidad (especificar libras o kilogramos) es la lavadora de su vivienda?	Unidad de la capacidad	¿Aproximadamente cuantas veces a la semana se utiliza la lavadora?
VIP	5	si	16	kg	2
VIS	4	si	15	kg	2
NO VIS	3	si	18	kg	2,50

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Resumen de los datos procesados estadísticamente para clima cálido

Una vez se procesaron los datos de las encuestas con los criterios cualitativos y cuantitativos descritos al inicio de este capítulo, se obtuvieron los siguientes cuadros de resumen para clima cálido.

5.3.1. Uso de aparatos hidrosanitarios

Tabla 49. Resumen de resultados encuestas aparatos hidrosanitarios - Clima cálido

TIPOLOGÍA	Número de habitantes en la vivienda	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavamanos cuando lo utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavamanos cuando la usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavaplatos cuando lo utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavaplatos cuando lo usa?
VIP	4	5	18	5	32
VIS	3	7	14	13	22
NO VIS	3	4	20	6	20

TIPOLOGÍA	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave de la ducha cuando la utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos minutos mantiene abierta la llave de la ducha cuando la usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda abre la llave del lavadero cuando lo utiliza?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) un habitante de la vivienda cuantos segundos mantiene abierta la llave del lavadero cuando lo usa?	¿Aproximadamente (Antes de la emergencia sanitaria) cuantas veces al día un habitante de la vivienda descarga el tanque del inodoro?
VIP	2	15	1	25	4
VIS	2	20	2	12	6
NO VIS	2	15	2	35	4

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Uso de lavadoras

Tabla 50. Resumen de resultados encuestas lavadoras - Clima cálido

TIPOLOGÍA	Número de habitantes en la vivienda	¿En su vivienda disponen de una lavadora?	¿Cuánta capacidad (especificar libras o kilogramos) es la lavadora de su vivienda?	Unidad de la capacidad	¿aproximadamente cuantas veces a la semana se utiliza la lavadora?
VIS	4	si	18	kg	3

Fuente: Elaboración Propia

**Capítulo VI - Consumo de agua mensual en viviendas residenciales.
Información tomada desde datos facturados por entidades prestadoras del
servicio de acueducto**

Dentro de la investigación realizada se vio la necesidad de obtener los datos sobre el consumo típico de la población colombiana de acuerdo con las características establecidas en la Resolución 549 de 2015, tales como su estrato social y ubicación, con el fin de tener las características del consumo de agua en los aparatos hidrosanitarios ajustados a la realidad. Es así como se recolectó la información pertinente de la siguiente manera:

- **Clima frío:** Se obtuvo la muestra de datos sobre el consumo mensual de agua potable durante el año 2017 por vivienda en el municipio de Zipaquirá - Cundinamarca, recolectados por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Zipaquirá - EAAZ.
- **Clima cálido:** Se obtuvo la muestra de datos sobre el consumo mensual de agua potable durante el año 2018 por vivienda en el municipio de Cartagena - Bolívar, recolectados por Aguas de Cartagena - ACUACAR.

Los datos de volumen de agua consumido al mes analizados para las dos regiones fueron recibidos por vivienda y a su vez por estrato socioeconómico, lo que permitió obtener la muestra representativa a procesar estadísticamente mediante un análisis cuantitativo por la metodología de detección de valores “outlier” del valor crítico de Chauvenet.

Es importante tener en cuenta que comercialmente los proyectos de vivienda se caracterizan por tener un estrato particular de acuerdo con la tipología de la que hacen parte, a continuación, se referencian los estratos que representan cada una de ellas:

- VIP: Estratos 1 y 2
- VIS: Estrato 3
- NO VIS: Estratos 4, 5 y 6

Una vez se procesaron los datos recolectados con los parámetros estadísticos descritos anteriormente, se obtuvieron los datos totales validados. A continuación, se presenta un resumen de los datos característicos recolectados y procesados.

6.1. Datos recopilados en el Municipio de Zipaquirá – Cundinamarca

El municipio de Zipaquirá en el departamento de Cundinamarca cuenta con un número de habitantes de 132.416 y tiene una altura promedio sobre el nivel del mar de 2608 m, ubicándolo dentro del grupo de regiones que hacen parte de la clasificación de clima frío en el marco de la Resolución 549 de 2015.¹³

Adicionalmente y con el fin de referenciar los datos sobre el número de habitantes por vivienda obtenidos en el estudio de población relacionado en el Capítulo No. 7 del presente documento, se encontró que según la información estadística del DANE¹⁴, la distribución característica sobre el número de habitantes por vivienda que reside en el municipio de Zipaquirá se presenta a continuación:

¹³ Datos estadísticos recopilados del Anexo No. 2 de la Resolución 549 de 2015.

¹⁴ Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Tabla 51. Habitantes por vivienda en el municipio de Zipaquirá

Número de personas	2005	2018
1 persona	11,03%	14,33%
2 personas	13,91%	20,90%
3 personas	20,75%	25,03%
4 personas	25,14%	23,22%
5 personas y más	29,17%	16,52%

Fuente: Censo del DANE 2018

Teniendo en cuenta que el valor el número de personas por vivienda mayormente es de 3 personas, se tomó este valor para validar estadísticamente los resultados obtenidos en las encuestas con elaboración propia realizadas, lo cual se presenta a continuación:

Tabla 52. Número de habitantes por vivienda en clima frío

HABITANTES POR VIVIENDA EN CLIMA FRÍO					
TIPOLOGÍA	ENCUESTAS (Hab)	DANE 2018 (Hab)	PROMEDIO (Hab)	DESV. EST.	CHAUVENET (DANE COMPARADO CON PROMEDIO)
VIP	5	3	4,00	0,71	VÁLIDO
VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO
NO VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la información sobre el consumo de agua potable mensual recolectada por medio de la Empresa de Acueducto y Aseo de Zipaquirá – EAAZ, en el municipio se encuentra un total de 28433 hogares que cuentan con el servicio de acueducto. A continuación, se presenta el esquema de los datos obtenidos:

Tabla 53. Esquema de datos EAAZ.

Ruta	CATASTRO	Nombres	Dir Ruta	USO	Estrato	Promedio Bimensual (m3)
1001x	01-00-0103-03xx1	1		RESIDENCIAL	3	85
1001x	01-00-0334-00xx2	2	DG 4 28 xx1	RESIDENCIAL	3	37
1001x	01-00-0334-00xx3	3	DG 4 28 xx2	RESIDENCIAL	2	17
1001x	01-00-0334-00xx4	4	DG 4 28 xx3	RESIDENCIAL	3	3

Fuente: Elaboración Propia

A partir de dichos datos, fue posible encontrar el valor característico del consumo de agua mensual por vivienda realizando el análisis estadístico cuantitativo por la metodología de detección de valores “outlier” del valor crítico de Chauvenet y finalmente la correlación con la desviación estándar de los datos. Los resultados del análisis mencionado se presentan en las siguientes tablas.

6.1.1. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 1

Tabla 54. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 1 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 1				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	12,23	11,28	7025	VÁLIDO
2	11,73	9,84	6967	VÁLIDO
3	11,56	9,49	6938	VÁLIDO
4	11,52	9,41	6930	VÁLIDO
5	11,51	9,39	6928	VÁLIDO
6	11,56	0,58	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 2

Tabla 55. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 2 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 2				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	14,05	80,01	12397	VÁLIDO
2	11,67	13,31	12375	VÁLIDO
3	11,05	8,92	12310	VÁLIDO
4	10,67	8,00	12199	VÁLIDO
5	10,52	7,71	12147	VÁLIDO
6	10,48	7,63	12129	VÁLIDO
7	10,46	7,60	12123	VÁLIDO
8	10,46	0,57	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.1.3. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 3

Tabla 56. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 3 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 3				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	14,74	49,02	5774	VÁLIDO
2	12,97	11,72	5759	VÁLIDO
3	11,39	9,18	5716	VÁLIDO
4	11,17	8,69	5685	VÁLIDO
5	11,11	8,59	5676	VÁLIDO
6	10,90	8,57	5674	VÁLIDO
7	10,88	8,55	5673	VÁLIDO
8	10,10	0,56	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.1.4. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 4

Tabla 57. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 4 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 4				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	18,71	76,89	3172	VÁLIDO
2	17,04	13,58	3167	VÁLIDO
3	16,90	8,85	3131	VÁLIDO
4	16,69	0,56	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.1.5. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 5

Tabla 58. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 5 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 5				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	16,70	15,27	17	VÁLIDO
2	12,00	8,04	15	VÁLIDO
3	10,65	6,35	14	VÁLIDO
4	10,65	0,54	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.1.6. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 6

Tabla 59. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 6 - Clima frío

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 6				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	10,25	-	1	-

Fuente: Elaboración Propia

6.1.7. Resumen de resultados por tipología de vivienda en clima frío

Finalmente se encasillaron los estratos dentro de la tipología representativa, promediando los datos para estratos 1 y 2 en tipología VIP y estratos 4, 5 y 6 en tipología NO VIS. A continuación, se exponen los valores obtenidos:

Tabla 60. Consumo mensual de agua potable por tipología de vivienda - Clima frío

CONSUMO DE AGUA MENSUAL EN CLIMA FRÍO	
TIPOLOGÍA	CONSUMO(m3)
VIP	11,01
VIS	10,10
NO VIS	12,53

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Datos recopilados en la ciudad de Cartagena – Bolívar

La ciudad de Cartagena en el departamento de Bolívar cuenta con un número de habitantes de 1.057.445 y tiene una altura promedio sobre el nivel del mar de 1 m,

ubicándolo dentro del grupo de regiones que hacen parte de la clasificación de clima cálido húmedo en el marco de la Resolución 549 de 2015.¹⁵

Adicionalmente y con el fin de referenciar los datos sobre el número de habitantes por vivienda obtenidos en el estudio de población relacionado en el Capítulo No. 7 del presente documento, se encontró que según la información estadística del DANE¹⁶, la distribución característica sobre el número de habitantes por vivienda que reside en la ciudad de Cartagena se presenta a continuación:

Ilustración 43. Habitantes por vivienda en la ciudad de Cartagena

Número de personas	2005	2018
1 persona	5,72%	11,51%
2 personas	13,60%	19,18%
3 personas	19,65%	24,28%
4 personas	19,25%	23,31%
5 personas y más	41,77%	21,72%

Fuente: Censo del DANE 2018

Teniendo en cuenta que el valor el número de personas por vivienda mayormente es de 3 personas, se tomó este valor para validar estadísticamente los resultados obtenidos en las encuestas con elaboración propia realizadas, lo cual se presenta a continuación:

¹⁵ Datos estadísticos recopilados del Anexo No. 2 de la Resolución 549 de 2015.

¹⁶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Tabla 61. Número de habitantes por vivienda en clima frío

HABITANTES POR VIVIENDA EN CLIMA CÁLIDO					
TIPOLOGÍA	ENCUESTAS (Hab)	DANE 2018 (Hab)	PROMEDIO (Hab)	DESV. EST.	CHAUVENET (DANE COMPARADO CON PROMEDIO)
VIP	4	3	3,50	0,35	VÁLIDO
VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO
NO VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la información sobre el consumo de agua potable mensual recolectada por medio de la Empresa Aguas de Cartagena – Acucar, en la ciudad se encuentra un total de 15723 hogares que cuentan con el servicio de acueducto. A continuación, se presenta el esquema de los datos obtenidos:

Tabla 62. Esquema de datos EAAZ.

Nombres	Localización	USO	Estrato	Promedio Bimensual (m3)
1	cra 4 26 xx1	RESIDENCIAL	2	25
2	cra 4 5 xx1	RESIDENCIAL	3	18
3	cra 4 53 xx2	RESIDENCIAL	2	43
4	cra 4 72 xx3	RESIDENCIAL	2	5

Fuente: Elaboración Propia

A partir de dichos datos, fue posible encontrar el valor característico del consumo de agua mensual por vivienda realizando el análisis estadístico cuantitativo por la metodología de detección de valores “outlier” del valor crítico de Chauvenet y finalmente la correlación con la desviación estándar de los datos. Los resultados del análisis mencionado se presentan en las siguientes tablas.

6.2.1. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 1

Tabla 63. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 1 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 1				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	14,35	50,21	7025	VÁLIDO
2	14,23	12,46	6967	VÁLIDO
3	13,05	8,75	6938	VÁLIDO
5	13,22	0,59	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 2

Tabla 64. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 2 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 2				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	11,96	12,19	12375	VÁLIDO
2	14,36	7,80	12310	VÁLIDO
3	14,99	6,88	12199	VÁLIDO
4	15,34	6,59	12147	VÁLIDO
5	15,51	6,51	12129	VÁLIDO
6	15,58	0,55	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.3. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 3

Tabla 65. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 3 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 3				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	13,19	47,92	5774	VÁLIDO
2	14,96	10,62	5759	VÁLIDO
3	15,54	8,08	5716	VÁLIDO
4	15,76	7,59	5685	VÁLIDO
5	15,85	0,54	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.4. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 4

Tabla 66. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 4 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 4				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	14,19	75,76	3172	VÁLIDO
2	15,98	12,45	3167	VÁLIDO
3	18,13	7,72	3131	VÁLIDO
4	19,13	0,57	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.5. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 5

Tabla 67. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 5 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 5				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	14,99	14,15	17	VÁLIDO
2	14,53	6,92	15	VÁLIDO
3	14,15	5,23	14	VÁLIDO
4	14,03	0,58	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.6. Análisis de datos para datos encontrados en Estrato 6

Tabla 68. Análisis estadístico de consumo mensual Estrato 6 - Clima cálido

VALIDACIÓN DE DATOS ESTRATO 6				
No. DE VALIDACIÓN	PROMEDIO (m3)	DESV. STD	No. DE MUESTRAS	CHAUVENET CON EL PROMEDIO
1	30,34	15,32	1	-
2	23,02	6,30	14	VÁLIDO
3	20,42	0,54	RESULTADO AJUSTADO A DESVIACIÓN ESTÁNDAR	

Fuente: Elaboración Propia

6.2.7. Resumen de resultados por tipología de vivienda en clima cálido húmedo

Finalmente se encasillaron los estratos dentro de la tipología representativa, promediando los datos para estratos 1 y 2 en tipología VIP y estratos 4, 5 y 6 en tipología NO VIS. A continuación, se exponen los valores obtenidos:

Tabla 69. Consumo mensual de agua potable por tipología de vivienda - Clima cálido

CONSUMO DE AGUA MENSUAL EN CLIMA CÁLIDO	
TIPOLOGÍA	CONSUMO(m3)
VIP	13,72
VIS	12,49
NO VIS	17,86

Fuente: Elaboración Propia

**Capítulo VII – Consumo de agua mensual en viviendas residenciales.
Información tomada desde el Sistema Único de Información de Servicios
Públicos Domiciliarios SUI**

Con el fin de obtener datos aproximados reales sobre el consumo de agua mensual en diferentes regiones del país por tipología de vivienda y aplicando los lineamientos establecidos dentro de la RAS-2017 para la obtención de valores de dotación para diseño de acueducto en diferentes regiones del país, se realizó la recopilación de información sobre demanda de agua mensual en el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios SUI para el año 2015, el cual es el sistema de información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), dentro del cual se almacena la información de las entidades prestadoras de servicios públicos en el país, entre ellos el servicio de acueducto.

Es importante tener en cuenta que dentro de los criterios de selección de las ciudades y municipios fue necesario revisar previamente la disponibilidad de los datos dentro del sistema, teniendo en cuenta que en los reportes de algunas entidades no cuentan con la información requerida con las características anteriormente especificadas.

Es así como se recolecto la información descrita anteriormente de la siguiente manera:

- **Clima frío:** de acuerdo con el Anexo No. 2 de la Resolución 549 de 2015, dentro del cual se expone el listado de regiones clasificadas dentro del grupo de clima frío, fueron seleccionadas las entidades prestadoras del servicio de acueducto en las ciudades y municipios de Tunja, Manizales, Sogamoso, Duitama, Pasto y Rionegro:

Tabla 70. Empresas de servicios públicos clima frío

TUNJA	VEOLIA AGUAS DE TUNJA S.A E.S.P.
MANIZALES	AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.
SOGAMOSO	COMPAÑÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SOGAMOSO S.A. E.S.P.
DUITAMA	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE DUITAMA S.A. E.S.P.
PASTO	EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO EMPOPASTO S.A. E.S.P.
RIONEGRO	EMPRESAS PÚBLICAS DE RIONEGRO S.A. E.S.P.

Fuente: Elaboración Propia

- Clima cálido húmedo: de acuerdo con el Anexo No. 2 de la Resolución 549 de 2015, dentro del cual se expone el listado de regiones clasificadas dentro del grupo de clima cálido húmedo, fueron seleccionadas las entidades prestadoras del servicio de acueducto en las ciudades y municipios de Cartagena, Villavicencio y Arauca:

Tabla 71. Empresas de servicios públicos clima cálido húmedo

CARTAGENA	AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.
VILLAVICENCIO	EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE VILLAVICENCIO E.S.P.
ARAUCA	EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ARAUCA E.S.P.

Fuente: Elaboración Propia

Para cada una de las entidades prestadoras del servicio de acueducto en las ciudades seleccionadas en los dos tipos de clima, se realizó el proceso de filtro de los datos de consumo promedio de agua mensual por construcción de tipo residencial por estrato 1 y 2 para la tipología VIP, estrato 3 para la tipología VIS y estratos 4, 5 y 6 para la tipología NO VIS.

A continuación, se presentan las tablas resumen con el promedio de los datos debidamente importados desde las bases de datos del Sistema Único de Información

de Servicios Públicos Domiciliarios SUI.

7.1. Proyectos en clima frío

7.1.1. Tipología de vivienda VIP

Tabla 72. Valores de consumo mensual SUI

TUNJA - MANIZALES - SOGAMOSO - DUITAMA - PASTO - RIONEGRO (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS VIP - CLIMA FRÍO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	16.194.390.557,00	8.222.408,00	395.204	13,35	1.969,54
feb/2019	19.442.187.455,00	9.923.900,00	478.537	11,55	1.959,13
mar/2019	14.022.950.381,00	7.074.363,00	345.743	12,71	1.982,22
abr/2019	17.957.510.774,00	9.026.015,00	428.737	11,87	1.989,53
may/2019	16.548.248.430,00	8.200.537,00	396.697	12,61	2.017,95
jun/2019	20.358.310.218,00	10.122.696,00	480.695	11,69	2.011,15
jul/2019	14.570.483.171,00	7.134.606,00	348.700	13,13	2.042,23
ago/2019	22.067.186.534,00	10.920.385,00	517.933	11,57	2.020,73
sep/2019	12.790.834.872,00	6.318.493,00	313.557	13,75	2.024,35
oct/2019	22.892.837.062,00	11.092.593,00	518.870	11,40	2.063,79
nov/2019	14.265.464.338,00	7.091.963,00	351.527	12,24	2.011,50
dic/2019	20.688.550.971,00	10.196.177,00	480.701	11,34	2.029,05
PROMEDIO	17.649.912.896,92	8.777.011,33	421.408,42	12,27	2.010,10

Fuente: Elaboración Propia

7.1.2. Tipología de vivienda VIS

Tabla 73. Valores de consumo mensual SUI

TUNJA - MANIZALES - SOGAMOSO - DUITAMA - PASTO - RIONEGRO (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS VIS - CLIMA FRÍO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	18.320.481.103,00	6.383.867,00	356.965	12,74	2.869,81
feb/2019	22.890.301.301,00	7.801.231,00	478.015	11,69	2.934,19
mar/2019	17.213.858.536,00	5.975.877,00	339.678	12,75	2.880,56
abr/2019	23.112.319.924,00	7.835.895,00	462.066	11,91	2.949,54
may/2019	18.820.647.664,00	6.386.861,00	358.593	12,56	2.946,78
jun/2019	23.912.938.356,00	7.945.622,00	481.740	11,70	3.009,57
jul/2019	17.970.951.109,00	6.076.009,00	341.885	12,86	2.957,69
ago/2019	25.616.348.470,00	8.513.957,00	517.950	11,52	3.008,75
sep/2019	16.534.922.312,00	5.590.662,00	309.406	13,20	2.957,60
oct/2019	26.054.552.094,00	8.651.510,00	519.616	11,45	3.011,56
nov/2019	17.269.177.448,00	5.859.249,00	324.678	12,25	2.947,34
dic/2019	25.065.162.627,00	8.337.281,00	508.708	11,35	3.006,40
PROMEDIO	21.065.138.412,00	7.113.168,42	416.608,33	12,17	2.956,65

Fuente: Elaboración Propia

7.1.3. Tipología de vivienda NO VIS

Tabla 74. Valores de consumo mensual SUI

TUNJA - MANIZALES - SOGAMOSO - DUITAMA - PASTO - RIONEGRO (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS NO VIS - CLIMA FRÍO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	25.735.832.924,00	6.135.996,00	324.711	11,45	4.194,24
feb/2019	12.569.311.400,00	2.952.311,00	162.742	11,15	4.257,45
mar/2019	24.065.935.854,00	5.726.546,00	315.573	11,61	4.202,52
abr/2019	12.535.854.505,00	2.998.995,00	153.534	11,16	4.180,02
may/2019	26.407.723.521,00	6.132.052,00	325.652	11,16	4.306,51
jun/2019	13.265.110.528,00	3.052.435,00	163.728	11,34	4.345,75
jul/2019	25.388.566.636,00	5.896.632,00	317.702	11,53	4.305,60
ago/2019	13.972.956.272,00	3.239.464,00	177.518	10,99	4.313,35
sep/2019	24.867.751.809,00	5.743.417,00	305.806	11,92	4.329,78
oct/2019	14.175.018.377,00	3.302.949,00	177.810	10,83	4.291,62
nov/2019	25.456.923.899,00	5.899.014,00	309.349	11,07	4.315,45
dic/2019	13.890.909.584,00	3.236.178,00	172.522	10,74	4.292,38
PROMEDIO	19.360.991.275,75	4.526.332,42	242.220,58	11,25	4.277,89

Fuente: Elaboración Propia

7.2. Proyectos en clima cálido húmedo

7.2.1. Tipología de vivienda VIP

Tabla 75. Valores de consumo mensual SUI

CARTAGENA - VILLAVICENCIO - ARAUCA (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS VIP - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	7.618.680.587,00	2.388.287,00	219.201	13,52	3.190,02
feb/2019	7.387.114.151,00	2.236.088,00	220.092	13,16	3.303,59
mar/2019	7.677.078.615,00	2.432.935,00	221.116	13,69	3.155,48
abr/2019	7.811.269.525,00	2.470.840,00	222.030	13,57	3.161,38
may/2019	7.914.547.494,00	2.525.486,00	222.756	13,66	3.133,87
jun/2019	7.858.984.129,00	2.389.078,00	223.629	13,45	3.289,55
jul/2019	7.911.113.074,00	2.439.798,00	218.935	13,72	3.242,53
ago/2019	8.026.756.280,00	2.464.805,00	225.269	13,59	3.256,55
sep/2019	8.169.891.362,00	2.520.667,00	226.005	13,24	3.241,16
oct/2019	8.215.854.486,00	2.529.703,00	227.336	13,17	3.247,75
nov/2019	8.195.466.850,00	2.482.381,00	228.078	13,10	3.301,45
dic/2019	8.356.602.331,00	2.563.040,00	228.824	13,06	3.260,43
PROMEDIO	7.928.613.240,33	2.453.592,33	223.605,92	13,41	3.231,98

Fuente: Elaboración Propia

7.2.2. Tipología de vivienda VIS

Tabla 76. Valores de consumo mensual SUI

CARTAGENA - VILLAVICENCIO - ARAUCA (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS VIS - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	4.698.004.657,00	1.073.847,00	94.417	13,70	4.374,93
feb/2019	4.581.689.534,00	1.003.699,00	94.512	13,43	4.564,80
mar/2019	4.800.004.143,00	1.113.226,00	95.323	13,84	4.311,80
abr/2019	4.762.497.611,00	1.072.216,00	95.399	13,62	4.441,73
may/2019	4.796.905.768,00	1.092.686,00	96.107	13,53	4.390,01
jun/2019	4.911.941.129,00	1.044.643,00	96.242	13,47	4.702,03
jul/2019	5.114.854.324,00	1.114.035,00	100.754	13,34	4.591,29
ago/2019	5.025.529.667,00	1.068.615,00	96.973	13,62	4.702,84
sep/2019	5.102.837.762,00	1.085.196,00	97.245	13,18	4.702,23
oct/2019	5.121.515.218,00	1.097.279,00	97.384	13,24	4.667,47
nov/2019	5.123.689.603,00	1.073.924,00	97.648	12,94	4.771,00
dic/2019	5.196.654.408,00	1.122.067,00	97.898	13,15	4.631,32
PROMEDIO	4.936.343.652,00	1.080.119,42	96.658,50	13,42	4.570,95

Fuente: Elaboración Propia

7.2.3. Tipología de vivienda NO VIS

Tabla 77. Valores de consumo mensual SUI

CARTAGENA - VILLAVICENCIO - ARAUCA (2015)					
DATOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS NO VIS - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO					
Periodo	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo (m3/mes)	Costo por m3 (\$)
ene/2019	3.321.522.277,00	729.945,00	48.658	17,90	4.550,37
feb/2019	3.311.889.166,00	723.612,00	48.720	16,96	4.576,89
mar/2019	3.296.816.678,00	721.078,00	49.069	16,53	4.572,07
abr/2019	3.312.333.755,00	706.338,00	49.176	16,96	4.689,45
may/2019	3.370.256.000,00	711.990,00	49.324	16,20	4.733,57
jun/2019	3.232.519.350,00	637.295,00	49.403	15,89	5.072,25
jul/2019	3.447.653.574,00	717.023,00	51.380	16,73	4.808,29
ago/2019	3.381.663.404,00	688.857,00	49.763	16,13	4.909,09
sep/2019	3.431.155.303,00	702.810,00	49.889	15,92	4.882,05
oct/2019	3.386.642.663,00	677.685,00	50.379	15,62	4.997,37
nov/2019	3.353.881.918,00	661.915,00	50.413	15,09	5.066,94
dic/2019	3.481.953.131,00	711.165,00	50.796	15,18	4.896,13
PROMEDIO	3.360.690.601,58	699.142,75	49.747,50	16,26	4.812,87

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VIII – Estimación de línea base de consumo a partir de la modelación de proyectos con el software Edge App de Edge Buildings

Como bien se mencionó en el numeral 4.6 del presente documento, Edge es una entidad que fomenta las construcciones sostenibles, y en la cual actualmente las constructoras confían las certificaciones de consumo eficiente de los recursos en los proyectos de vivienda residencial entre otros.

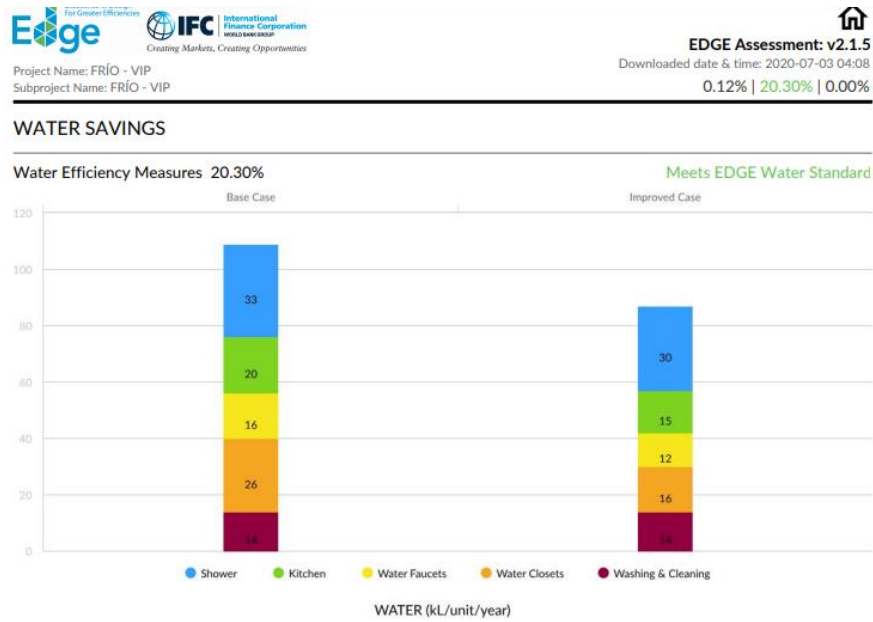
Con el fin de realizar la evaluación de los proyectos, Edge dispuso su aplicación Edge App de libre uso para que se pueda realizar una evaluación preliminar de los mismos, sobre la gestión de los recursos y así mismo la eficiencia en el consumo de agua con respecto de una línea base generada por el mismo programa, con la cual se comparan los datos de los aparatos hidrosanitarios que se instalan en la vivienda.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se realizó la modelación de los proyectos evaluados en esta investigación, con el fin de tener los respectivos valores de consumo de agua según la aplicación y verificar los valores de consumo que se tienen en cuenta para lograr una certificación comercial en sostenibilidad en proyectos de vivienda y así mismo verificar posibles variaciones con respecto a los requerimientos de ahorro en la Resolución 549 de 2015. A continuación, se indican los resultados obtenidos por la modelación de los 6 proyectos cada uno por tipo de clima y tipología de vivienda.

7.3. Proyectos en clima frío

7.3.1. Tipología de vivienda VIP

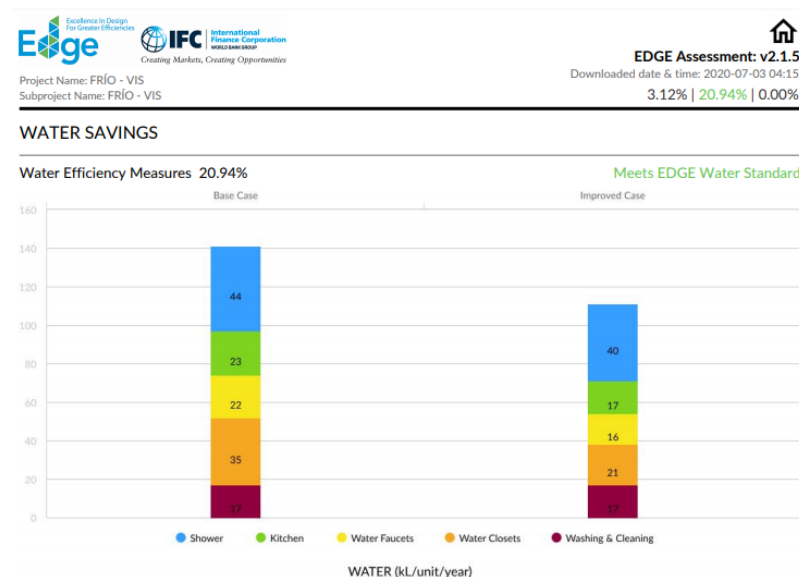
Ilustración 44. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima frío VIP



Fuente: "Edge App"

7.3.2. Tipología de vivienda VIS

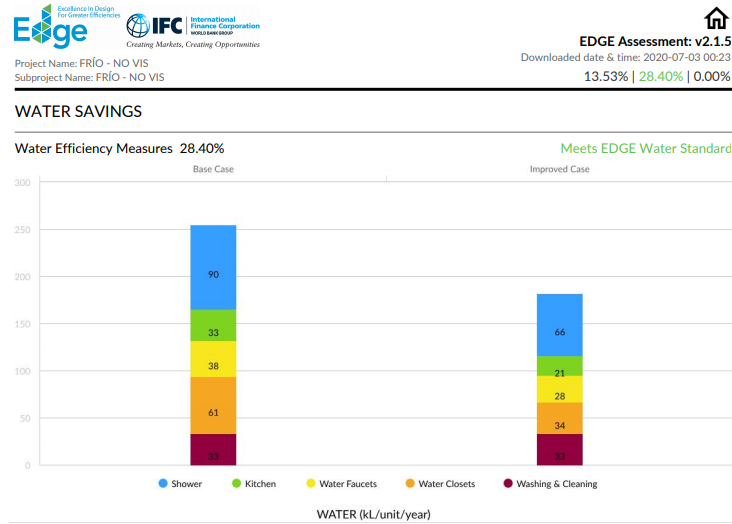
Ilustración 45. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. Consumo de aparatos en proyecto en clima frío VIS



Fuente: "Edge App"

7.3.3. Tipología de vivienda NO VIS

Ilustración 46. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima frío NO VIS

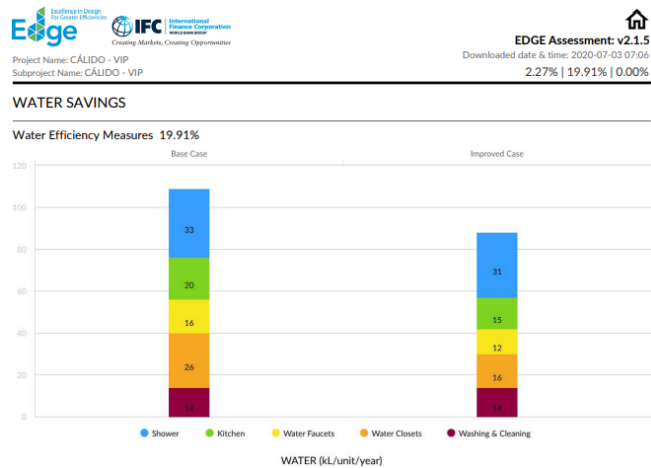


Fuente: "Edge App"

7.4. Proyectos en clima cálido

7.4.1. Tipología de vivienda VIP

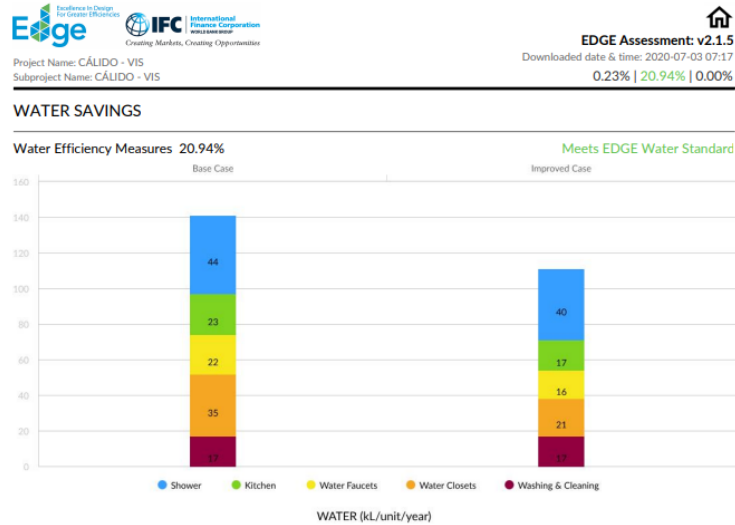
Ilustración 47. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima cálido VIP



Fuente: "Edge App"

7.4.2. Tipología de vivienda VIS

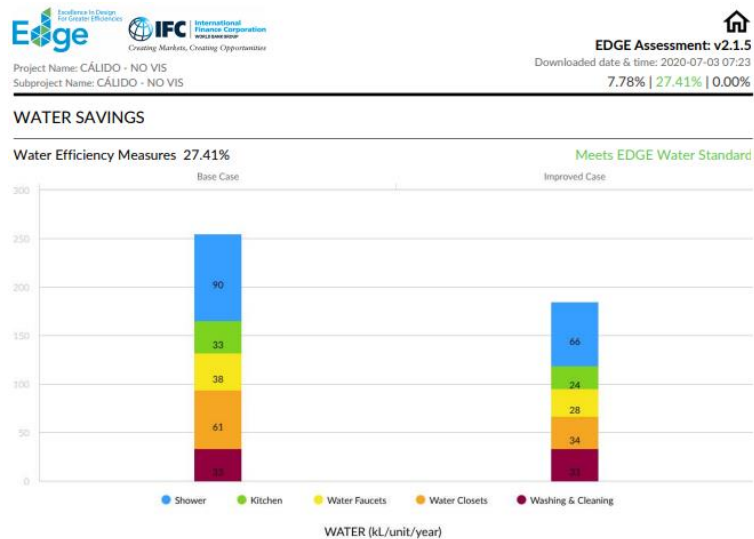
Ilustración 48. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. consumo de aparatos en proyecto en clima cálido VIS



Fuente: "Edge App"

7.4.3. Tipología de vivienda NO VIS

Ilustración 49. Comparación consumo de agua según línea base Edge vs. Consumo de aparatos en proyecto en clima cálido NO VIS



Fuente: "Edge App"

7.5. Resumen de resultados del programa para Clima Frío

Una vez analizados los resultados obtenidos por el programa en las modelaciones realizadas por tipología de vivienda, a continuación, se presentan las tablas de resumen con los consumos en las viviendas por habitante al día en clima frío:

Tabla 78. Resumen datos de consumo de agua por aparato según modelación por aparato Edge – App para proyectos en clima Frío

FRÍO						
UNIDADES	VIP		VIS		NO VIS	
	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL
	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año
DUCHA	33	30	44	40	90	66
COCINA	20	15	23	17	33	21
GRIFOS	16	12	22	16	38	28
SANITARIOS	26	16	35	21	61	34
LAVADO Y LIMPIEZA	14	14	17	17	33	33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79 Resultados totales consumo de agua y porcentaje de ahorro según el modelo Edge – App para proyectos en clima Frío

TOTALES						
kl/viv/año	109	87	141	111	255	182
l/viv/año	109000	87000	141000	111000	255000	182000
l/viv/mes	9083,33	7250	11750,00	9250	21250,00	15166,6667
m3/viv/mes	9,08	7,25	11,75	9,25	21,25	15,17
l/hab/día	60,56	48,33	78,33	61,67	141,67	101,11
% DE AHORRO	20,18		21,28		28,63	

Fuente: Elaboración Propia

7.6. Resumen de resultados del programa para Clima Cálido

Una vez analizados los resultados obtenidos por el programa en las modelaciones realizadas por tipología de vivienda, a continuación, se presentan las tablas de resumen con los consumos en las viviendas por habitante al día en clima cálido:

Tabla 80 Resumen datos de consumo de agua por aparato según modelación por aparato Edge – App para proyectos en clima Cálido

CÁLIDO						
UNIDADES	VIP		VIS		NO VIS	
	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL	LÍNEA BASE	CONSUMO TOTAL
	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año	kl/viv/año
DUCHA	33	30	44	40	90	66
COCINA	20	15	23	17	33	21
GRIFOS	16	12	22	16	38	28
SANITARIOS	26	16	35	21	61	34
LAVADO Y LIMPIEZA	14	14	17	17	33	33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81 Resultados totales consumo de agua y porcentaje de ahorro según el modelo Edge – App para proyectos en clima Cálido

TOTALES						
kl/viv/año	109	87	141	111	255	182
l/viv/año	109000	87000	141000	111000	255000	182000
l/viv/mes	9083,33	7250	11750,00	9250	21250,00	15166,6667
m3/viv/mes	9,08	7,25	11,75	9,25	21,25	15,17
l/hab/día	60,56	48,33	78,33	61,67	141,67	101,11
% DE AHORRO	20,18		21,28		28,63	

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IX - Análisis comparativo de consumo de agua

Una vez procesados todos los datos recolectados en campo reflejados en los capítulos anteriores, se procedió a realizar un conjunto de análisis y cálculos que permitieron determinar el método para estimar la eficiencia de agua por el uso de aparatos hidrosanitarios.

9.1. Análisis de los patrones de uso de los aparatos hidrosanitarios en diferentes tipos de vivienda residencial

En este campo se indican los resultados obtenidos y analizados sobre la dinámica de uso de los diferentes aparatos hidrosanitarios instalados en una vivienda típica de acuerdo con la región del país en la cual se ejecuta el proyecto y su estratificación social de la siguiente manera:

- A. De acuerdo con los datos obtenidos correspondientes al caudal de cada aparato sanitario para las presiones evaluadas según la información de los fabricantes, fue posible organizarlos para cada tipología de vivienda con el fin de establecer el valor del consumo de agua por habitante por el uso de cada uno de ellos.
- B. La información procesada de los hogares evaluados fue encasillada dentro de los grupos de clima cálido húmedo y frío, y a su vez dentro de los grupos de tipología VIP, VIS y NO VIS, de acuerdo con su estrato socioeconómico.
- C. Con el fin de determinar valores comunes con respecto al tiempo de uso de los aparatos sanitarios y el número de veces que se usan al día por habitante de la vivienda, los datos procesados obtenidos a partir de las encuestas realizadas en campo fueron a su vez comparados y ajustados estadísticamente con la referencia bibliográfica encontrada en los estándares de certificación del Consejo Colombiano de Construcción

Sostenible – CASA Colombia y la Resolución 1874-19 de la Alcaldía de Bogotá.

D. Finalmente, de acuerdo con la información obtenida respecto al número de veces y el tiempo de apertura por cada uso de todos los aparatos sanitarios de cada vivienda, así como el valor del caudal de funcionamiento de cada uno de ellos establecido para las presiones determinadas por las curvas encontradas en los manuales de los fabricantes, se calculó la dotación al día por habitante de la vivienda, obteniendo como resultado una línea base de consumo preliminar.

A continuación, se presentan las referencias de las tablas de cálculo realizadas:

- *Aparatos instalados*: número de aparatos instalados en los proyectos evaluados en el capítulo 8 del presente documento.
- *Q*: caudal de grifería según el catálogo del fabricante.
- *N*: número de usos al día por habitante.
- *N1*: número de veces al día en que se usa el aparato según el instructivo para la certificación CASA – Colombia.
- *N2*: número de veces al día en que se usa el aparato según el instructivo de la Resolución 1874-19 de la Alcaldía de Bogotá.
- *N3*: número de veces al día en que se usa el aparato según las encuestas en campo realizadas por elaboración propia.
- *t*: tiempo de apertura por uso por habitante (minutos).
- *t1*: tiempo que permanece el grifo abierto cada vez que se usa según el instructivo para la certificación CASA – Colombia.
- *t2*: tiempo que permanece el grifo abierto cada vez que se usa según el instructivo de la Resolución 1874-19 de la Alcaldía de Bogotá.
- *t3*: tiempo que permanece el grifo abierto cada vez que se usa según las encuestas en campo realizadas por elaboración propia.
- * - no se consideró la lavadora teniendo en cuenta que la resolución y las

normas no la contemplan dentro de sus análisis y por tanto no tiene valor de referencia. El valor del consumo calculado para el lavadero se determinó con base en encuestas de uso de una lavadora.

9.1.1. Uso de aparatos en viviendas tipo VIP en clima frío

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 82. N - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIP							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4,00	3,00	7,00	4,67	1,65	VÁLIDO	4,67
LAVAMANOS	5,00	3,00	5,00	4,33	0,47	VÁLIDO	4,33
DUCHA	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,08	0,08	0,00	VÁLIDO	0,40
SANITARIO	5,00	3,00	5,00	4,33	0,47	VÁLIDO	4,33

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 83. T - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIP							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1,00	1,00	2,17	1,39	0,55	VÁLIDO	1,39
LAVAMANOS	1,00	1,00	0,42	0,81	0,27	VÁLIDO	0,81
DUCHA	8,00	8,00	10,00	8,67	0,94	VÁLIDO	8,67
LAVADERO*			0,48	0,48	0,00	VÁLIDO	0,48

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

Tabla 84. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIP				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	5,46	4,67	1,39	35,39
LAVAMANOS	5,87	4,33	0,81	20,49
DUCHA	5,77	1,00	8,67	50,01
LAVADERO*	27,70	0,40	0,48	5,32
SANITARIO	4,80	4,33		20,80
			TOTAL POR HABITANTE	132,00

Fuente: Elaboración Propia

9.1.2. Uso de aparatos en viviendas tipo VIS en clima frío

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 85. N - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4	3	7,00	4,67	1,650	VÁLIDO	4,67
LAVAMANOS	5	3	5,00	4,33	0,471	VÁLIDO	4,33
DUCHA	1	1	1,00	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,10	0,10	0,000	VÁLIDO	0,10
SANITARIO	5	3	4,00	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 86. t - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1	1	0,6	0,87	0,189	VÁLIDO	0,87
LAVAMANOS	1	1	0,35	0,78	0,306	VÁLIDO	0,78
DUCHA	8	8	8	8,00	0,000	VÁLIDO	8,00
LAVADERO*			0,60	0,60	0,000	VÁLIDO	0,60

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

la 87. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO VIS				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	5,46	4,67	0,87	22,08
LAVAMANOS	5,87	4,33	0,78	19,93
DUCHA	5,77	1,00	8,00	46,16
LAVADERO*	27,70	0,10	0,60	1,66
SANITARIO	4,80	4,00		19,20
			TOTAL POR HABITANTE	109,03

Fuente: Elaboración Propia

9.1.3. Uso de aparatos en viviendas tipo NO VIS en clima frío

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 88. N - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO NO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4	3	5	4,00	0,707	VÁLIDO	4,00
LAVAMANOS	5	3	4	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00
DUCHA	1	1	1	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,17	0,17	0,000	VÁLIDO	0,17
SANITARIO	5	3	4	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 89. t - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO NO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1	1	4,20	2,07	1,508	VÁLIDO	2,07
LAVAMANOS	1	1	0,53	0,84	0,220	VÁLIDO	0,84
DUCHA	8	8	11,00	9,00	1,414	VÁLIDO	9,00
LAVADERO*			1,00	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

Tabla 90. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA FRÍO TIPO NO VIS				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	4	4,00	2,07	33,07
LAVAMANOS	5,87	4,00	0,84	19,83
DUCHA	6,9	1,00	9,00	62,10
LAVADERO*	6,78	0,17	1,00	1,13
SANITARIO	4,2	4,00		16,80
			TOTAL POR HABITANTE	132,92

Fuente: Elaboración Propia

9.1.4. Uso de aparatos en viviendas tipo VIP en clima cálido

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 91. N - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIP							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4	3	5	4,00	0,707	VÁLIDO	4,00
LAVAMANOS	5	3	5	4,33	0,471	VÁLIDO	4,33
DUCHA	1	1	1	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,15	0,15	0,000	VÁLIDO	0,15
SANITARIO	5	3	4	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 92. t - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIP							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1	1	0,53	0,84	0,220	VÁLIDO	0,84
LAVAMANOS	1	1	0,30	0,77	0,330	VÁLIDO	0,77
DUCHA	8	8	15,00	10,33	3,300	VÁLIDO	10,33
LAVADERO*			0,90	0,90	0,000	VÁLIDO	0,90

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

Tabla 93. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIP				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	5,46	4,00	0,84	18,44
LAVAMANOS	5,87	4,33	0,77	19,50
DUCHA	5,77	1,00	10,33	59,62
LAVADERO*	27,70	0,15	0,90	3,74
SANITARIO	4,80	4,00		19,20
			TOTAL POR HABITANTE	120,51

Fuente: Elaboración Propia

9.1.5. Uso de aparatos en viviendas tipo VIS en clima cálido

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 94. N - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4	3	13	6,67	4,478	VÁLIDO	6,67
LAVAMANOS	5	3	7	5,00	1,414	VÁLIDO	5,00
DUCHA	1	1	1	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,15	0,15	0,000	VÁLIDO	0,15
SANITARIO	5	3	6	4,67	0,943	VÁLIDO	4,67

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 95. t - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1	1	0,37	0,79	0,299	VÁLIDO	0,79
LAVAMANOS	1	1	0,23	0,74	0,361	VÁLIDO	0,74
DUCHA	8	8	20,00	12,00	5,657	VÁLIDO	12,00
LAVADERO*			0,90	0,90	0,000	VÁLIDO	0,90

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

Tabla 96. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO VIS				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	5,46	6,67	0,79	28,72
LAVAMANOS	5,87	5,00	0,74	21,85
DUCHA	5,77	1,00	12,00	69,24
LAVADERO*	27,70	0,15	0,90	3,74
SANITARIO	4,80	4,67		22,40
			TOTAL POR HABITANTE	145,94

Fuente: Elaboración Propia

9.1.6. Uso de aparatos en viviendas tipo NO VIS en clima cálido

- Resultados obtenidos para el valor de N:

Tabla 97. N -Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO NO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	N						
	N1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	N2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	N3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	CHAUVENET (N3 COMPARADO CON PROMEDIO)	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	4	3	6	4,33	1,179	VÁLIDO	4,33
LAVAMANOS	5	3	4	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00
DUCHA	1	1	1	1,00	0,000	VÁLIDO	1,00
LAVADERO*			0,15	0,15	0,000	VÁLIDO	0,15
SANITARIO	5	3	4	4,00	0,000	VÁLIDO	4,00

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados obtenidos para el valor de t:

Tabla 98. t - Uso de aparatos hidrosanitarios

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO NO VIS							
APARATO HIDROSANITARIO	t (min)						
	t1 - CERTIFICACIÓN CASA COLOMBIA	t2 - RES. 1874-19 ALCALDÍA DE BOGOTÁ	t3 - ENCUESTAS	PROMEDIO	DESV. EST.	VALIDACIÓN CHAUVENET	SELECCIONADO
LAVAPLATOS	1	1	0,33	0,78	0,314	VÁLIDO	0,78
LAVAMANOS	1	1	0,33	0,78	0,314	VÁLIDO	0,78
DUCHA	8	8	15,00	10,33	3,300	VÁLIDO	10,33
LAVADERO*			0,90	0,90	0,000	VÁLIDO	0,90

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la línea base de consumo a partir de los datos anteriormente calculados:

Tabla 99. Valores estimados para N y t

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL CONSUMO DE APARATOS HIDROSANITARIOS - CLIMA CÁLIDO TIPO NO VIS				
APARATO HIDROSANITARIO	Q	N	t (min)	DOTACIÓN AL DÍA POR HABITANTE (Q x N x t) CALCULADA
	(l/min y l/ fluxación para el sanitario)	SELECCIONADO	SELECCIONADO	I
LAVAPLATOS	4	4,33	0,78	13,48
LAVAMANOS	5,87	4,00	0,78	18,26
DUCHA	6,9	1,00	10,33	71,30
LAVADERO*	6,78	0,15	0,90	0,92
SANITARIO	4,2	4,00		16,80
			TOTAL POR HABITANTE	120,76

Fuente: Elaboración Propia

9.2. Análisis de la estimación de habitantes por vivienda

En este espacio, se muestran los resultados obtenidos y analizados sobre el

número de habitantes que hacen parte de una vivienda típica de acuerdo con la región del país en la cual se ejecuta el proyecto y su estratificación social de la siguiente manera:

- A. A partir de las encuestas realizadas en campo, fue posible obtener un número de habitantes común para climas cálido húmedo y frío, así como de acuerdo con el estrato social en el que residen.
- B. Se obtuvo datos oficiales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, sobre el número de habitantes por vivienda en diferentes ciudades representativas en clima cálido húmedo y clima frío según el último Censo Nacional realizado en el año 2018.
- C. Con los datos recopilados fue posible ajustar estadísticamente los datos obtenidos en las encuestas previamente realizadas en campo con elaboración propia y así se obtuvo un valor específico para la estimación del número de habitantes por vivienda.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

9.2.1. Habitantes por vivienda en clima frío

Tabla 100. Habitantes por vivienda

HABITANTES POR VIVIENDA EN CLIMA FRÍO					
TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA	ENCUESTAS REALIZADAS EN CAMPO (Hab)	CENSO POBLACIONALDA NE 2018 (Hab)	PROMEDIO (Hab)	DESV. EST.	CHAUVENET (DANE COMPARADO CON PROMEDIO)
VIP	5	3	4,00	0,71	VÁLIDO
VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO
NO VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que el promedio cumple con el criterio estadístico de Chauvenet, el número de habitantes por vivienda en clima frío seleccionado fue este valor.

9.2.2. Habitantes por vivienda en clima cálido

Tabla 101. Habitantes por vivienda

HABITANTES POR VIVIENDA EN CLIMA FRÍO					
TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA	ENCUESTAS REALIZADAS EN CAMPO (Hab)	CENSO POBLACIONALDA NE 2018 (Hab)	PROMEDIO (Hab)	DESV. EST.	CHAUVENET (DANE COMPARADO CON PROMEDIO)
VIP	5	3	4,00	0,71	VÁLIDO
VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO
NO VIS	3	3	3,00	0,00	VÁLIDO

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que el promedio cumple con el criterio estadístico de Chauvenet, el número de habitantes por vivienda en clima cálido seleccionado fue este valor.

9.3. Análisis de los datos de consumos mensuales recolectados de acuerdo con la información disponible en diferentes entidades prestadoras del servicio de acueducto

A continuación, se muestran los resultados obtenidos y analizados a partir del consumo promedio mensual durante el año 2015 que se facturó por parte de dos entidades de servicios de acuerdo con la región del país en el cual residen sus habitantes y la estratificación social a la que pertenecen de la siguiente manera:

- A. A partir del procesamiento estadístico de datos de consumo de agua mensual por vivienda, fue posible clasificar los datos de acuerdo con la estratificación social con el fin de encasillarlos dentro de los diferentes grupos de tipología de esta.
- B. Teniendo en cuenta el análisis realizado en el numeral 9.2 del presente documento sobre el número de habitantes que residen típicamente en una vivienda en el país, fue posible obtener el consumo de agua mensual por

habitante en las regiones respectivas.

C. Finalmente, a partir de los datos anteriormente mencionados, fue posible determinar una línea base de consumo a partir de los datos de consumo mensual de agua facturado.

A continuación, se presentan las referencias de las tablas de cálculo realizadas:

- *Tipo de vivienda*: clasificación del tipo de vivienda residencial establecida en la Resolución 549-15.
- *No. de hab. por vivienda*: número de habitantes en una vivienda de acuerdo con el análisis realizado en el numeral 9.2 del presente documento.

9.3.1. Consumo de agua mensual en clima frío – Zipaquirá año 2015

Tabla 102. Consumo por vivienda

DEMANDA DE APARATOS POR HABITANTE - CLIMA FRÍO			
TIPO DE VIVIENDA	No. DE HAB. POR VIVIENDA	DEMANDA SEGÚN DATOS DE LAS ENTIDADES DE SERVICIOS PÚBLICOS POR VIVIENDA	DEMANDA SEGÚN DATOS DE LAS ENTIDADES DE SERVICIOS PÚBLICOS POR VIVIENDA
	N	m³/viv/mes	L/PER/DÍA
VIP	4,00	11,01	91,71
VIS	3,00	12,08	112,23
NO VIS	3,00	10,31	139,24

Fuente: Elaboración Propia

9.3.2. Consumo de agua mensual en clima cálido húmedo – Cartagena año 2015

Tabla 103. Consumo por vivienda

DEMANDA DE APARATOS POR HABITANTE - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO			
TIPO DE VIVIENDA	No. DE HAB. POR VIVIENDA	DEMANDA SEGÚN DATOS DE LAS ENTIDADES DE SERVICIOS PÚBLICOS POR VIVIENDA	DEMANDA SEGÚN DATOS DE LAS ENTIDADES DE SERVICIOS PÚBLICOS POR VIVIENDA
	N	m3/viv/mes	L/PER/DÍA
VIP	3,60	13,72	127,04
VIS	3,10	12,49	134,32
NO VIS	3,10	17,86	192,04

Fuente: Elaboración Propia

9.4. Análisis de los datos de consumos mensuales recolectados de acuerdo con la información exportada desde el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI

A continuación, se muestran los resultados obtenidos y analizados a partir del consumo promedio mensual durante el año 2015 reportados por las diferentes entidades prestadoras del servicio de acueducto, los cuales fueron recolectados, procesados y almacenados en la base de datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI y debidamente exportados para la realización de análisis cualitativos y cuantitativos dentro de la presente investigación. Los datos anteriormente mencionados fueron clasificados según la región del país en el cual residen sus habitantes y la estratificación social a la que pertenecen de la siguiente manera:

- A. A partir del procesamiento estadístico de datos de consumo de agua mensual por vivienda, fue posible clasificar los datos de acuerdo con la estratificación

social con el fin de encasillarlos dentro de los diferentes grupos de tipología de esta.

B. Teniendo en cuenta el análisis realizado en el numeral 9.2 del presente documento sobre el número de habitantes que residen típicamente en una vivienda en el país, fue posible obtener el consumo de agua mensual por habitante en las regiones respectivas.

C. Finalmente, a partir de los datos anteriormente mencionados, fue posible determinar una línea base de consumo a partir de los datos de consumo mensual de agua facturado.

9.4.1. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIP – año 2015

Tabla 104. Consumo por habitante

VIP							
CLIMA	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo por vivienda (m3/mes)	Costo por m3 (\$)	No. De Habitantes por vivienda	Promedio de Consumo por habitante (L/PER/DÍA)
FRÍO	\$ 17.649.912.896,92	8777011,33	421408,42	12,27	\$ 2.010,10	4,00	102,22
CÁLIDO HÚMEDO	\$ 7.928.613.240,33	2453592,33	223605,92	13,41	\$ 3.231,98	3,60	124,17

Fuente: Elaboración Propia

9.4.2. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIS – año 2015

Tabla 105. Consumo por habitante

VIS							
CLIMA	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo por vivienda (m3/mes)	Costo por m3 (\$)	No. De Habitantes por vivienda	Promedio de Consumo por habitante (L/PER/DÍA)
FRÍO	\$ 21.065.138.412,00	7113168,42	416608,33	12,17	\$ 2.956,65	3,00	135,17
CÁLIDO HÚMEDO	\$ 4.936.343.652,00	1080119,42	96658,50	13,42	\$ 4.570,95	3,10	144,32

Fuente: Elaboración Propia

9.4.3. Consumo de agua mensual por clima en viviendas tipo VIS – año 2015

Tabla 106. Consumo por habitante

NO VIS							
CLIMA	Facturación total (\$)	Consumo total (m3)	Numero de suscriptores (UN)	Promedio de Consumo por vivienda (m3/mes)	Costo por m3 (\$)	No. De Habitantes por vivienda	Promedio de Consumo por habitante (L/PER/DÍA)
FRÍO	\$ 19.360.991.275,75	4526332,42	242220,58	11,25	\$ 4.277,89	3,00	124,95
CÁLIDO HÚMEDO	\$ 3.360.690.601,58	699142,75	49747,50	16,26	\$ 4.812,87	3,10	174,83

Fuente: Elaboración Propia

9.5. Determinación de línea base de consumo

De acuerdo con los datos anteriormente analizados, fue posible determinar una línea base de consumo aproximada para clima frío y clima cálido húmedo en viviendas tipo VIP, VIS y NO VIS de la siguiente manera:

- A. Se tuvo en cuenta los valores normativos de referencia indicados en el Capítulo II del presente documento, con el fin de tener una pauta aproximada sobre los resultados.
- B. Se organizaron los datos de línea base previamente calculados en los numerales 9.1., 9.3. y 9.4. del presente documentos, de tal manera que fuera posible compararlos y establecer una relación entre ellos.
- C. Se realizó un análisis estadístico de los valores calculados con el fin de validarlos y determinar la línea base propuesta en esta investigación.
- D. Los datos estimados sobre la línea base de consumo desde la aplicación Edge App, no fueron tenidos en cuenta, ya que según los modelos realizados se comprobó que se encuentran muy cercanos a los establecidos por la línea base de la Resolución 549 de 2015, lo cual conlleva a desviaciones estadísticas altas, entendiendo que los valores analizados corresponden a datos históricos reales.

A continuación, se presentan las referencias de las tablas de cálculo realizadas:

- 1: corresponde a la clasificación del tipo de clima de la región en el marco de referencia estipulado dentro de la Resolución 549-15.
- 2: corresponde a la clasificación de la altura de la región en el marco de referencia estipulado dentro de la Resolución 549-15.
- 3: corresponde al consumo de agua al día por persona de acuerdo con la línea base de consumo estipulada dentro de la Resolución 549-15.
- 4: corresponde al consumo de agua al día por persona de acuerdo con la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017 - MVCT.
- 5: corresponde al consumo de agua al día por persona de acuerdo con la dotación establecida en la NS-031 de la EAAB asumida para la región de clima frío y datos de disponibilidad del servicio de acueducto expedida por Aguas de Cartagena S.A. asumida para la región de clima cálido húmedo.
- 6: corresponde a los resultados obtenidos de línea base de consumo a partir de la modelación de los proyectos evaluados en la aplicación Edge App en el Capítulo VIII del presente documento.
- 7: corresponde a los resultados obtenidos de línea base de consumo a partir del análisis de uso de aparatos sanitarios realizado en el numeral 9.1. del presente documento.
- 8: corresponde a los resultados obtenidos de línea base de consumo a partir del análisis de datos recolectados en entidades del servicio de acueducto realizado en el numeral 9.3. del presente documento.
- 9: corresponde a los resultados obtenidos de línea base de consumo a partir del análisis de datos recopilados del Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI realizado en el numeral 9.4. del presente documento.
- 10: corresponde al cálculo de la desviación estándar entre los datos 7, 8 y 9.
- 11: corresponde al cálculo del promedio entre los datos 7, 8 y 9.
- 12: corresponde a la validación estadística de valores outlier por medio del criterio de Chauvenet realizado entre el promedio calculado (9) y los valores de

consumo para línea base calculada en el numeral 9.1. (7).

- 13: corresponde a la línea base de consumo adoptada, la cual corresponde al promedio entre los valores 7,8 y 9 teniendo en cuenta la desviación estándar y la validación estadística bajo el criterio de Chauvenet.

9.5.1. Valores normativos de referencia sobre el consumo de agua al día por habitante

Tabla 107. Valores de referencia normativa para el consumo de agua por habitante al día

VALORES NORMATIVOS DE REFERENCIA SOBRE EL CONSUMO DE AGUA POR HABITANTE AL DÍA PARA DIFERENTES TIPOS DE VIVIENDA EN CLIMA FRÍO Y CLIMA CÁLIDO HÚMEDO - COLOMBIA				
1	2	3	4	5
TIPOLOGÍA VIP				
CLIMA	ALTITUD	CONSUMO SEGÚN LÍNEA BASE RES. 549-15 MVCT	CONSUMO SEGÚN RAS-2017	CONSUMO SEGÚN NS-031 - EAAB Y ACUACAR
	m.s.n.m	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día
FRÍO	>2000	78,1	120	110
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	110,6	140	185,19
TIPOLOGÍA VIS				
FRÍO	>2000	105,7	120	115
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	125,4	140	185,19
TIPOLOGÍA NO VIS				
FRÍO	>2000	145,4	120	152,5
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	174,9	140	277,78

Fuente: Elaboración Propia

9.5.2. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIP

Tabla 108. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIP

CÁLCULO DE LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA									
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13
TIPOLOGÍA VIP									
LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA		CONSUMOS CALCULADOS CON INFORMACIÓN RECOLECTADA EN CAMPO				ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PROPIOS			LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA
CLIMA	ALTITUD	MODELO EDGE APP	ANÁLISIS SOBRE EL USO DE APARATOS	DATOS RECOLECTADOS E.S.P. 2015	DATOS RECOLECTADOS S.U.I. 2015	DESV. EST.	PROMEDIO CALCULADO	CHAUVENET	
	m.s.n.m	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día		l/hab/día		l/hab/día
FRÍO	>2000	76,11	132,00	91,71	102,22	20,902	108,65	VÁLIDO	108,65
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	76,11	120,51	127,04	124,17	3,273	123,90	VÁLIDO	123,90

Fuente: Elaboración Propia

9.5.3. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIS

Tabla 109. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo VIS

CÁLCULO DE LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA									
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13
TIPOLOGÍA VIS									
LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA		CONSUMOS CALCULADOS CON INFORMACIÓN RECOLECTADA EN CAMPO				ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PROPIOS			LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA
CLIMA	ALTITUD	MODELO EDGE APP	ANÁLISIS SOBRE EL USO DE APARATOS	DATOS RECOLECTADOS E.S.P. 2015	DATOS RECOLECTADOS S.U.I. 2015	DESV. EST.	PROMEDIO CALCULADO	CHAUVENET	
	m.s.n.m	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día		l/hab/día		l/hab/día
FRÍO	>2000	97,78	109,03	112,23	135,17	14,260	118,81	VÁLIDO	118,81
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	97,78	145,94	134,32	144,32	6,295	141,53	VÁLIDO	141,53

Fuente: Elaboración Propia

9.5.4. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo NO VIS

Tabla 110. Línea base de consumo adoptada para viviendas tipo NO VIS

CÁLCULO DE LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA									
1	2	6	7	8	9	10	11	12	13
TIPOLOGÍA NO VIS									
LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA		CONSUMOS CALCULADOS CON INFORMACIÓN RECOLECTADA EN CAMPO				ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS PROPIOS			LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA
CLIMA	ALTITUD	MODELO EDGE APP	ANÁLISIS SOBRE EL USO DE APARATOS	DATOS RECOLECTADOS E.S.P. 2015	DATOS RECOLECTADOS S.U.I. 2015	DESV. EST.	PROMEDIO CALCULADO	CHAUVENET	
	m.s.n.m	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día	l/hab/día		l/hab/día		l/hab/día
FRÍO	>2000	144,44	132,92	139,24	124,95	7,159	132,37	VÁLIDO	132,37
CÁLIDO HÚMEDO	<1000	144,44	120,76	192,04	174,83	37,196	162,54	VÁLIDO	162,54

Fuente: Elaboración Propia

9.5.5. Resumen de resultados

Tabla 111. Resumen general de resultados

RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN DIFERENTES TIPOS DE VIVIENDA LOCALIZADAS EN CLIMA FRÍO Y CLIMA CÁLIDO HÚMEDO - COLOMBIA						
CLIMA FRÍO						
TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA	ESTRATO SOCIOECONÓMICO DE LA VIVIENDA	NÚMERO DE HABITANTES POR VIVIENDA ADOPTADO	CONSUMO DE AGUA POR VIVIENDA ADOPTADO	LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA	CONSUMO SEGÚN LÍNEA BASE DE LA RES. 549-15 MVCT	COSTO PROMEDIO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO POR VIVIENDA
		Hab	m3/viv-mes	(l/hab/día)	(l/hab/día)	(\$/m3)
VIP	1 y 2	4,00	13,04	108,65	78,1	\$ 2.010,10
VIS	3	3,00	10,69	118,81	105,7	\$ 2.956,65
NO VIS	4, 5 Y 6	3,00	11,91	132,37	145,4	\$ 4.277,89
CLIMA CÁLIDO HÚMEDO						
TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA	ESTRATO SOCIOECONÓMICO DE LA VIVIENDA	NÚMERO DE HABITANTES POR VIVIENDA ADOPTADO	CONSUMO DE AGUA POR VIVIENDA ADOPTADO	LÍNEA BASE DE CONSUMO ADOPTADA	CONSUMO SEGÚN LÍNEA BASE DE LA RES. 549-15 MVCT	COSTO PROMEDIO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO POR VIVIENDA
		Hab	m3/viv-mes	(l/hab/día)	(l/hab/día)	(\$/m3)
VIP	1 y 2	3,60	13,38	123,90	110,6	\$ 3.231,98
VIS	3	3,10	13,16	141,53	125,4	\$ 4.570,95
NO VIS	4, 5 Y 6	3,10	15,12	162,54	174,9	\$ 4.812,87

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo X – Estimación de la eficiencia en el consumo de agua en aparatos sanitarios - Método de cálculo

A partir del análisis comparativo de consumo de agua por habitante al día en una determinada tipología de vivienda para diferentes climas en el país, realizado en el capítulo IX del presente documento, se establece el método para estimar la eficiencia en el consumo de agua por el uso de los aparatos sanitarios instalados.

Dicho método consiste en la construcción de una ecuación que permite estimar el porcentaje de ahorro de agua de acuerdo con la relación que existe entre el consumo al día por habitante en una vivienda y el consumo de agua determinado por una línea base de referencia para una vivienda residencial que puede ser de tipo VIP, VIS o NO VIS situada en cualquier región del país.

De acuerdo con el análisis realizado en el capítulo V del presente documento sobre las características de uso de los aparatos sanitarios en una vivienda residencial, se comprobó que es posible conocer el consumo de agua al día por habitante en una vivienda, si previamente se conocen las características de los aparatos sanitarios instalados, el caudal de consumo de agua que requiere cada uno de ellos a una determinada presión de funcionamiento, el número de veces que se utiliza al día, así como su tiempo de uso.

A continuación, se presenta la ecuación propuesta descrita anteriormente:

$$\% \text{ de Ahorro de agua} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (N_i \times T_i \times Q_i)}{\text{Línea base de consumo}}$$

Ecuación 1

Donde:

% de ahorro de agua: Porcentaje de ahorro total obtenido por el uso de los aparatos hidrosanitarios

$\sum_{i=1}^k (N_i \times T_i \times Q_i)$: Consumo por habitante al día en una vivienda VIS, VIP o NO VIS (considerando el caudal de cada aparato instalado de acuerdo con el tipo de vivienda) (l/hab-día)

k : Aparatos sanitarios instalados en la vivienda

N_i : Número de veces al día que se utiliza el aparato de acuerdo con la ubicación y tipología de la vivienda

T_i : Tiempo de uso del aparato por uso al día de acuerdo con la ubicación y tipología de la vivienda (min)

Q_i : Caudal del aparato especificado por el fabricante (l/min)

Línea base de consumo adoptada: Consumo por habitante al día en una vivienda de acuerdo con su ubicación y tipología según la referencia adoptada (l/hab-día)

No obstante, a continuación, se presentan valores recomendados para N y T de acuerdo con los cálculos realizados en el capítulo V del presente documento por tipo de vivienda y clima:

Tabla 112. Valores recomendados para uso de aparatos en clima frío

VALORES RECOMENDADOS PARA USO DE APARATOS EN CLIMA FRÍO						
APARATO HIDROSANITARIO	VIP		VIS		NO VIS	
APARATO	N	T (min)	N	T (min)	N	T (min)
LAVAPLATOS	4,67	1,39	4,67	0,87	4,00	2,07
LAVAMANOS	4,33	0,81	4,33	0,78	4,00	0,84
DUCHA	1,00	8,67	1,00	8,00	1,00	9,00
LAVADERO*	0,40	0,48	0,10	0,60	0,17	1,00
SANITARIO	4,33	1,00	4,00	1	4,00	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 113. Valores recomendados para uso de aparatos en clima cálido húmedo

VALORES RECOMENDADOS PARA USO DE APARATOS EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO						
APARATO HIDROSANITARIO	VIP		VIS		NO VIS	
APARATO	N	T (min)	N	T (min)	N	T (min)
LAVAPLATOS	4,00	0,84	6,67	0,79	4,33	0,78
LAVAMANOS	4,33	0,77	5,00	0,74	4,00	0,78
DUCHA	1,00	10,33	1,00	12,00	1,00	10,33
LAVADERO*	0,15	0,90	0,15	0,90	0,15	0,90
SANITARIO	4,00	1	4,67	1	4,00	1

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones y recomendaciones

Con el fin de determinar porcentajes de ahorro que permitan brindar un buen manejo del recurso hídrico en los proyectos de vivienda, es recomendable establecer patrones de consumo particulares para la región y tipología de cada proyecto de forma particular.

Para todas las regiones del país estudiadas, en la tipología VIP dentro de la cual se encasillan los estratos 1 y 2, se presenta un mayor consumo de agua por vivienda debido a la cantidad de habitantes que residen en ella.

De acuerdo con esta investigación, el número de habitantes en una vivienda generalmente es inversamente proporcional a su estrato socioeconómico y el consumo de agua por habitante es menor en viviendas tipo VIP respecto a las viviendas tipo NO VIS, lo cual se encuentra alineado con los parámetros para la estimación de demanda de agua establecidos en la NS-031 de la EAB.

El aparato que consume menor cantidad de agua por habitante al día en una vivienda de cualquier tipología y en todo el territorio nacional, corresponde a la llave del lavadero y a su vez la llave de la lavadora.

El aparato hidrosanitario que demanda mayor cantidad de agua por habitante al día en una vivienda de cualquier tipología y en todo el territorio corresponde a la ducha.

Se recomienda realizar la revisión periódica de la línea base de consumo establecida en la Resolución 549 de 2015 teniendo en cuenta la variación histórica del consumo de agua en viviendas residenciales.

Es importante incentivar el cumplimiento de los porcentajes de ahorro sugeridos en la Resolución 549 de 2015 para proyectos de vivienda tipo VIS y VIP teniendo en cuenta

que su cumplimiento no es de carácter obligatorio.

Si bien la aplicación de Edge Buildings permite realizar de manera gratuita y sencilla la evaluación de los proyectos con respecto de la línea base y características de los proyectos establecidas en la Resolución 549 de 2015, es importante tener en cuenta que el número de habitantes en la vivienda es subjetivo al evaluador, lo que puede conllevar a variaciones para la determinación de porcentajes de ahorro.

El método propuesto en esta investigación permite realizar la revisión de porcentaje de ahorro de agua por el uso de aparatos hidrosanitarios en la totalidad del territorio y de manera particular para cada región, haciendo uso de datos especiales tales como línea base de consumo, número de usos del aparato y el tiempo respectivo en cada uno de ellos. Lo anterior brinda la posibilidad de revisar el cumplimiento de la Resolución 549 de 2015 por parte de los habitantes del país.

Referencias bibliográficas

Permiñan, A. & Marbello, R. (2014). Metodología de apoyo a la decisión para la gestión integrada de agua en el sector institucional, *Gestión y ambiente* 17(2,) p.33

Decreto 1285 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015)

Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2015)

Resolución No. 1874 de la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá (2019). Protocolo de implementación para el cumplimiento de los porcentajes de ahorro en agua y energía para la ciudad de Bogotá D. C., establecidos en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

Resolución 0330 del 8 de junio de 2017 - Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (2017)

NS-031 de la EAAB: Estudios de Población y demanda de agua en sectores específicos

Brochure Programa de Certificación Edge Buildings. Recuperado de <https://gbci-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/edge-spanish-brochure.pdf>

NS-031 de la EAAB: Estudios de Población y demanda de agua en sectores específicos

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-1500: Código Colombiano de Fontanería Versión 3 (2017)