

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES. CASO DE ESTUDIO AQUASALVIS.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentando ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

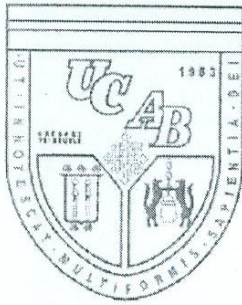
SALAZAR MAYZ, JOSÉ ENRIQUE

TUTOR ACADÉMICO

BLANCO SALAS, HENRY ALBERTO

FECHA

JUNIO DE 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES. CASO DE ESTUDIO AQUASALVIS.**

Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: Diez y nueve (19) puntos

JURADO EXAMINADOR

Nombre: Ing. María Viana

Firma: *[Signature]*

Nombre: Ing. Henry Blanco

Firma: *[Signature]*

Nombre: Ing. José Divassón

Firma: *[Signature]*



REALIZADO POR

TUTOR ACADÉMICO

FECHA

SALAZAR MAYZ, JOSÉ ENRIQUE

BLANCO SALAS, HENRY ALBERTO

JUNIO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida que me ha otorgado, por las bendiciones que me ha concedido y los retos que me ha impuesto.

A mi madre, Ynes Mayz Coral, por su apoyo, consejos y su amor incondicional durante mi vida y mi carrera universitaria. Gracias por ser mi guía, mi compañera y mi modelo a seguir, como persona y futuro profesional, por tus valores y fortaleza.

A mi padre, el Ing. Luis E. Salazar, que, a pesar de su ausencia física, me ha acompañado en espíritu a lo largo de todas mis travesías. Su historia y vida me han permitido determinar el tipo de hombre que deseo ser para mi familia y mis amigos.

A mi familia, que me ha apoyado en todas las etapas de mi vida. Agradezco especialmente a mi tía Miriam Salazar, por su ayuda en el inicio de mi carrera, y a mi padrino, el Doctor José Vilanova, que, ante la ausencia de mi padre, ha sido una figura paterna para mí.

Al Doctor Hernán Córdova, que ha sido un excelente amigo y que nos ha auxiliado cada vez que lo hemos necesitado. Su ayuda fue indispensable para la culminación de mi carrera.

A mis compañeros, por acompañarme, aconsejarme y apoyarme. Gracias especialmente a los ingenieros Fabienne Arecius, Egger Romero, Samuel Vejar y Jesús Ramírez, por su ayuda en estos últimos años. También agradezco a Shaula d'Etorre, por ser una excelente amiga.

A los ingenieros, profesores y profesionales que me ayudaron en la elaboración de este trabajo. A mi tutor, el Ing. Henry Blanco, por su dedicación, apoyo y compromiso en esta investigación. También agradezco a los licenciados Alejandro Mata, Reina Rivero y Douglas Sánchez y a los ingenieros Elis Lobaton, María Virginia Najul, Rafael Ayala y José Luis Méndez.

¡Gracias a todos por su apoyo y colaboración!

Salazar M., José E.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES. CASO DE ESTUDIO AQUASALVIS.

Tutor Académico: Ing. MSc. Henry A. Blanco S.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, UCAB, Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil, 2019

RESUMEN

El prototipo AquaSalvis, desarrollado por la empresa Grupo IID6 C.A., es un sistema unifamiliar de reutilización de aguas grises del lavamanos para la descarga de inodoros, diseñado para el ahorro de agua en el inodoro. El propósito de la investigación es evaluar el prototipo AquaSalvis a través del análisis de su funcionamiento, costos y la percepción de los potenciales usuarios. El sistema se operó durante 3 meses y se realizaron mediciones de los volúmenes de agua, así como pruebas de calidad del agua gris cruda y recuperada del tratamiento simple aplicado (tamizado + desinfección). La evaluación demostró que la capacidad de almacenamiento de agua de 9,5 litros del prototipo AquaSalvis, permite la reutilización óptima del agua gris, y su ahorro, en función al consumo del inodoro, es de 7 a 60%. El agua gris tratada (recuperada), presentó una turbiedad entre 31 – 163 UNT y una DBO superior a los 10 mg/L, no cumpliendo con los requerimientos de las normativas de otros países. Sin embargo, la calidad microbiológica cumplió con las normativas, mientras se mantenga un residual de cloro mayor o igual a 1 mg/L, que implica una dosificación de 76 mg de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ por cada litro de agua gris. El costo del dispositivo, incluyendo su instalación, es de 100 \$ y el periodo de retorno de la inversión, en el mejor de los casos, puede ser de 2 años. Los potenciales usuarios encuestados (179) manifiestan una alta disposición en su adquisición (91,6%) y su mayor preocupación fue más hacia los cambios en la estética del baño (59,8%) que los posibles riesgos a la salud (51,4 %). Finalmente se recomienda hacer algunos ajustes menores al prototipo, manteniendo su costo de inversión y evaluar la posibilidad de ampliar la oferta para varios modelos de capacidad.

Palabras Claves: Aguas grises, Reutilización de aguas grises, Ahorro de agua en inodoros, Reutilización de aguas en viviendas, Aguas grises de lavamanos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. ANTECEDENTES	5
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. REÚSO DE AGUA.....	9
2.2. REÚSO URBANO DE AGUA	10
2.3. AGUAS GRISES	12
2.4. GENERACIÓN DE AGUAS GRISES.....	15
2.5. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA GRIS.....	17
2.5.1. Caracterización Física del Agua Gris.....	17
2.5.2. Caracterización Química del Agua Gris.....	18
2.5.3. Caracterización Microbiológica del Agua Gris	21
2.5.4. Caracterización del Agua Gris según su Origen	21

2.6. RIESGOS POTENCIALES DEL REÚSO DE AGUAS GRISES	25
2.7. TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PARA LA REUTILIZACIÓN	27
2.8. SISTEMAS UNIFAMILIARES PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES	30
2.9. CALIDAD DEL AGUA EN LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA DESCARGAS DE INODOROS.....	34
2.10. LOS USUARIOS Y LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA DESCARGAS DE INODOROS.....	38
2.11. COSTOS DE LOS SISTEMAS PARA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES	42
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	47
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	51
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO	67
4.1. INFORMACIÓN GENERAL	67
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO	68
4.3. SISTEMA HIDRÁULICO E INSTALACIÓN SANITARIA	70

4.4. TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	73
4.5. LIMITACIONES DEL PROTOTIPO	74
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS	76
5.1. CONSUMO DE AGUA DEL LAVAMANOS E INODORO DEL SITIO DE ESTUDIO	76
5.2. CAPACIDAD DE AHORRO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS.....	81
5.3. OPERACIONES DE LLENADO Y VACIADO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS	87
5.4. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y DE AHORRO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS	89
5.5. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA GRIS CRUDA Y RECUPERADA DEL PROTOTIPO AQUASALVIS	92
5.6. ANÁLISIS DE COSTOS ASOCIADOS AL PROTOTIPO.....	102
5.7. ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS	107
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
6.1. CONCLUSIONES	113
6.2. RECOMENDACIONES	115
REFERENCIAS.....	118
ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Aplicaciones del Reúso Urbano de Agua.....</i>	11
Tabla 2. <i>Intervalo de concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en aguas grises combinadas.....</i>	14
Tabla 3. <i>Consumo de agua doméstica en el baño en función de sus piezas sanitarias en litros/persona/día en diferentes países.....</i>	17
Tabla 4. <i>Comparación de parámetros entre aguas grises y negras de hogares con accesorios típicos convencionales.....</i>	20
Tabla 5. <i>Composición y características principales de las aguas grises por pieza sanitaria.</i>	22
Tabla 6. <i>Intervalos de concentraciones de indicadores reportados en aguas grises y residuales sin tratar.</i>	23
Tabla 7. <i>Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de estudios venezolanos según la fuente u origen.....</i>	24
Tabla 8. <i>Niveles de riesgo de exposición de acuerdo a la aplicación del agua recuperada</i>	26
Tabla 9. <i>Eficiencia de tratamiento de algunos sistemas de tratamiento de aguas grises</i>	29
Tabla 10. <i>Diversos dispositivos y sistemas de reutilización de aguas grises para los baños disponibles comercialmente a nivel internacional.</i>	33
Tabla 11. <i>Parámetros y límites de calidad de las aguas recuperadas en el reúso urbano no restringido en diferentes países.</i>	36
Tabla 12. <i>Parámetros y límites de calidad de las aguas recuperadas en la descarga de inodoros</i>	37

Tabla 13. <i>Encuesta realizada antes y después de la implementación del sistema de aguas grises en un edificio académico y residencial de la Universidad de Johannesburgo en Sur África.</i>	39
Tabla 14. <i>Preguntas y opciones exploradas en el estudio de aceptación de reúso de aguas de la Universidad de Flinders y Qeensalnd, Australia.....</i>	41
Tabla 15. <i>Rangos de precios estimados para sistemas de reutilización de aguas grises</i>	43
Tabla 16. <i>Comparación de los costos del agua recuperada y potable en diferentes localidades.</i>	45
Tabla 17. <i>Parámetros y pruebas estandarizadas ejecutadas en el análisis de las muestras del agua gris cruda y el agua recuperada.</i>	50
Tabla 18. <i>Número de muestras por pruebas de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua gris y del agua recuperada.....</i>	61
Tabla 19. <i>Características principales del tanque de almacenamiento del prototipo AQUASALVIS</i>	69
Tabla 20. <i>Características principales de la bomba y la Estructura de Tratamiento del prototipo AQUASALVIS</i>	70
Tabla 21. <i>Información básica del inodoro y lavamanos del sitio de estudio</i>	76
Tabla 22. <i>Consumo de agua del lavamanos e inodoro del sitio de estudio</i>	77
Tabla 23. <i>Consumo de agua del lavamanos por actividad del sitio de estudio.....</i>	78
Tabla 24. <i>Capacidad de ahorro del prototipo AquaSalvis en el sitio de estudio</i>	81
Tabla 25. <i>Comparación del consumo de agua y porcentaje de ahorro en el caso de un solo usuario y dos usuarios.....</i>	82
Tabla 26. <i>Capacidad teórica de ahorro del prototipo AquaSalvis según la bibliografía.....</i>	83

Tabla 27. <i>Capacidad teórica de ahorro del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio usando inodoros de diferentes capacidades de descarga.</i>	84
Tabla 28. <i>Capacidad teórica de ahorro del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio con lavamanos de diferentes caudales.</i>	85
Tabla 29. <i>Capacidades de ahorro teórico del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio en casos más desfavorables según las capacidades de las piezas sanitarias.</i>	86
Tabla 30. <i>Consumo y volumen de agua generado en el lavamanos en diferentes escenarios</i>	90
Tabla 31. <i>Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua gris cruda y del agua recuperada</i>	93
Tabla 32. <i>Parámetros microbiológicos del agua recuperada a diferentes concentraciones de cloro residual</i>	93
Tabla 33. <i>Pruebas de concentración del cloro residual del agua recuperada a diferentes cantidades de hipoclorito de calcio</i>	97
Tabla 34. <i>Costo de compra y/o inversión del prototipo AquaSalvis.....</i>	102
Tabla 35. <i>Costo del consumo de electricidad del prototipo AQUASALVIS a diferentes tarifas y porcentajes de ahorro en el sitio de estudio.....</i>	103
Tabla 36. <i>Resumen de ingresos, gastos y tiempo de retorno de la inversión en los casos explorados</i>	105
Tabla 37. <i>Resultado de la encuesta de la percepción de los usuarios del prototipo AquaSalvis</i>	107
Tabla 38. <i>Resultado de la encuesta de la percepción de los usuarios según el género.....</i>	109
Tabla 39. <i>Resultados de la encuesta de la percepción de los usuarios según el intervalo de edad</i>	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de aguas grises y negras según el tipo de edificación.....	15
Figura 2. Distribución porcentual del consumo de agua doméstica.	16
Figura 3. Distribución porcentual de los niveles de calidad demandados según el tipo de edificación.	27
Figura 4. Prototipo AquaSalvis.....	67
Figura 5. Partes del prototipo AquaSalvis.....	68
Figura 6. Estructura de Tratamiento del prototipo AquaSalvis	69
Figura 7. Instalación del prototipo AquaSalvis en el cuarto de baño del sitio de estudio.	71
Figura 8. Sistema de bombeo del prototipo AquaSalvis.	72
Figura 9. Sensor de nivel e instalación en el tanque del inodoro	72
Figura 10. Imágenes en microscopio de la Malla del Tamizado #1	73
Figura 11. Esquema de tratamiento y sistema dual del prototipo AQUASALVIS.	74
Figura 12. Consumo de agua del lavamanos del sitio de estudio durante el día.	79
Figura 13. Consumo de agua del inodoro del sitio de estudio durante el día.....	80
Figura 14 . Curva de duración de niveles de agua en el prototipo AquaSalvis	87
Figura 15. Curva de volúmenes del prototipo AquaSalvis sin sistema dual	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Descripción del proyecto del producto AquaSalvis del Grupo IID6 C.A. (2017).....	128
Anexo B. Hoja Técnica del Sistema Recover de BioMicrobics.....	130
Anexo C. Hoja Técnica de AQUUS de Ecohoe Solutions S.L.....	133
Anexo D. Hoja Técnica de Ecoplay de Ecohoe Solutions S.L.....	135
Anexo E. Hoja Técnica de Profile Smart 305 de Caroma	137
Anexo F. Hoja Técnica de Aquaserve de Roth	139
Anexo G. Hoja de precio del Profile Smart 305 de Caroma (15/02/2018).....	142
Anexo H. Hoja de precio del Aquaserve de Roth (2015)	144
Anexo I. Vistas y Cortes del prototipo AquaSalvis.....	146
Anexo J. Vistas y Cortes de la Estructura de Tratamiento del Prototipo AquaSalvis.....	148
Anexo K. Conexiones e Instalación del Sistema Hidráulico del Prototipo AquaSalvis.....	150
Anexo L. Conexiones e Instalación del Sensor y la Tubería de Bombeo del Prototipo AquaSalvis en el tanque del inodoro	152
Anexo M. Equipo de Laboratorio para las pruebas de Turbiedad, pH, Conductividad específica, Color aparente y Cloro residual	154
Anexo N. Equipo de Laboratorio para las pruebas de DBO y DQO	156
Anexo O. Ensayo de Tubos Múltiples en muestras de agua gris cruda y recuperada	158
Anexo P. Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio	160
Anexo Q. Registro de Consumo de Agua en el Lavamanos en el sitio de estudio por Actividad	164
Anexo R. Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio con un solo usuario..	168

Anexo S. Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio con dos usuarios.....	171
Anexo T. Registro de Niveles de Agua en el Prototipo AquaSalvis	173
Anexo U. Registro de Consumo de Agua en el Lavamanos por hora	179
Anexo V. Registro del Uso del Inodoro por hora.....	184
Anexo W. Datos de la curva de duración de niveles de agua y curva de volúmenes del prototipo AquaSalvis.....	189
Anexo X. Reportes de Ensayos de Laboratorio realizados en la Planta Experimental de Tratamiento de Agua de la Universidad Central de Venezuela.....	195
Anexo Y. Reportes de Ensayos Microbiológicos realizados en el Laboratorio Sanitario Ambiental LABSAM de la Universidad Católica Andrés Bello	201
Anexo Z. Flujo de inversión de los casos del análisis de costos	210
Anexo AA. Encuesta de Percepción de los Usuarios del Prototipo AQUASALVIS	217

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso y alcance del recurso agua es indispensable, y además de las limitaciones de accesibilidad o disponibilidad, también se puede ver restringido por el manejo, control y mantenimiento de las infraestructuras asociadas a su distribución, que conlleva a la necesidad de mano de obra e inversiones monetarias. En la última década, la disponibilidad del recurso ha disminuido considerablemente como consecuencia del cambio climático, el deterioro de la calidad de agua por el vertido sin apropiado tratamiento de las aguas residuales (WWAP, 2017) y la presión sobre los recursos hídricos por el incremento de la población mundial, por lo que el agua en un futuro será un recurso escaso, con costo elevado y difícil de obtener (Dautant, 2016).

Debido a esto, el modelo tradicional de manejo de agua ya no resulta sostenible (Dautant, 2016), conllevando al desarrollo de técnicas y métodos para la gestión óptima del recurso agua, entre ellas el reúso o reutilización, que permite la explotación de las aguas residuales (WWAP, 2017). Además de ser una medida para la reducción de vertidos, también es una estrategia de ahorro, gracias a la adquisición de agua para actividades como el riego de áreas verdes, la descarga de inodoros y la recarga de los sistemas contra incendios sin requerir de una nueva fuente de agua superficial. Sin embargo, la tecnología empleada en esta práctica debe ser rentable en costos de inversión y operación para competir con el modelo convencional (Herrera, 2015).

En las infraestructuras residenciales, específicamente en las instalaciones sanitarias, el consumo de agua por pieza sanitaria no es proporcional, en realidad, de acuerdo a Blanco, H., Lara, M., Velezmoro, A. y Aguilar, V. (2014), uno de los mayores consumo se presenta en los inodoros con hasta un 40% según la OMS (2003). A su vez, las aguas residuales o servidas, como el conjunto de todas las aguas resultantes de las actividades humanas, pueden ser separadas y procesadas según su fuente, para el recuperación de agua, energía y hasta nutrientes (Daigger, 2012), ya que no solo existen diferencias en las cantidades generadas sino también en su composición física, química y microbiológica. Las aguas relacionadas a los desechos orgánicos (excretas y orina) producidos por el hombre son denominados como aguas negras mientras que las aguas relacionadas con la higiene, limpieza e inclusive la preparación de alimentos como aguas grises.

Los sistemas de reutilización pueden ser de aguas servidas, negras y/o grises, pero ya sea por separado o combinados, representan exigencias distintas por su composición o contenido y volumen generado. En el caso de las aguas grises para reúso doméstico, a nivel internacional, se han creado múltiples sistemas, en forma de prototipos, programas pilotos y hasta productos comerciales, que recolectan todas o una fracción de las aguas grises generadas en una edificación.

Sin embargo, muchos de ellos no presentan similitud en operación y diseño, inclusive en términos de escala, siendo algunos diseñados para una localidad específica, como el programa piloto de la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Witwatersrand (Ilemobade, Olanrewaju & Griffioen, 2012), en el cual se recolectaban las aguas grises de los

lavamanos de los baños públicos y de los laboratorios para el llenado de los tanques de dos inodoros. Mientras que otros, como el Sistema de Aguas Grises de Interiores Personalizado (IGS) del Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildigns in Taiwan (Juan, Chen & Lin, 2016), se encargan de reutilizar todas las aguas grises de la vivienda para la descarga del inodoro.

Indiferente de la escala del sistema, todos deben cumplir los requerimientos normativos, aunque la legislación varía de un país a otro (Lazarova, Hills & Birks, 2003). Además, deberían cumplir con cuatro criterios: “seguridad relacionada con la higiene, estética, tolerancia medioambiental y viabilidad técnica y económica” (Herrera, 2015, p.53), porque de no ser así, existe poca posibilidad que puedan competir, sustituir o garantizar las mismas condiciones del esquema tradicional de suministro de agua potable para estos fines.

En Venezuela, no existe una normativa nacional para el reúso de aguas ni mucho menos para el manejo de aguas grises, mientras que en otros países latinoamericanos como Colombia, Perú, Honduras y México si poseen normativas relacionadas con la temática y promueven la reutilización de aguas (Franco, 2007). Ante la inexistencia de una norma, las obras o proyectos que han empleado esta técnica posiblemente son únicamente adaptables para ellos, ya que su diseño estaría regido por normas internacionales e inclusive el criterio del propio ingeniero.

A su vez, el tratamiento varía de acuerdo a la procedencia de las aguas grises y la calidad estará acondicionada al nuevo uso que se le proporcionará (WHO, 2006). Si el destino del agua no conlleva contacto directo con el ser humano, las exigencias de calidad serán menores por la

baja posibilidad de riesgo de exposición a un agente patógeno, tal como se refleja en los criterios de las Guías EPA (2012), que categoriza las aplicaciones del reúso en restringido y no restringido, es decir, cuando el contacto con los usuarios es controlado o no, respectivamente.

Con base en esta situación, y motivado por el objetivo de desarrollar un dispositivo práctico y económico, la empresa Grupo IID6 C.A. desarrolló un prototipo de sistema de reutilización de aguas grises, denominado AquaSalvis, que recolecta las aguas grises generadas en los lavamanos para su uso en la recarga de los tanques de los inodoros o pocetas. Aun cuando el sistema fue sometido a pruebas preliminares, es necesaria una evaluación completa del prototipo, que permita verificar su funcionamiento hidráulico, la calidad del agua a la salida, la proporción de ahorro del agua potable, así como explorar la cultura de los usuarios, entendida como los saberes, creencias y pautas de conductas hacia este sistema de reúso de agua. Para ello, mediante pruebas de uso y mediciones de los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, se determinará si es factible llevar acabo la inversión planteada para su desarrollo como un producto. Además, si fuese el caso, proponer modificaciones que puedan mejorar y/o proporcionen una mejor factibilidad para su incorporación en el mercado nacional.

En tal sentido esta investigación pretende responder a la siguiente interrogante: ¿El prototipo AguaSalvis puede ser una opción para la reutilización de las aguas grises que se generan en un lavamanos como parte del agua para el llenado del tanque de un inodoro?

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el prototipo de sistema de reutilización de aguas grises lavamanos – inodoro *AquaSalvis* del Grupo IID6 C.A.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Verificar el funcionamiento y operación continua del prototipo *AquaSalvis*.
- Analizar los costos asociados al prototipo *AquaSalvis*.
- Analizar la percepción de los usuarios en términos de aceptación y adquisición del producto *AquaSalvis*.

1.3. ANTECEDENTES

A nivel regional, no parecieran existir muchos estudios relacionados con la evaluación de sistemas prototipos de reutilización de aguas grises, al menos no disponibles en la web. Sin embargo, se han desarrollado trabajos enfocados en el reúso de aguas, tales como el trabajo especial de grado “**Análisis de factibilidad para la reutilización de aguas residuales para nuevos urbanismos en Cúa – Estado Miranda**” de Herrera, C. (2015), que determinó la factibilidad de implementar un sistema de reutilización como solución ante el déficit de abastecimiento de agua potable en la localidad objeto de estudio. La factibilidad económica-financiera del proyecto resultó ser negativa, concluyéndose que no es rentable si los costos son asumidos únicamente por la empresa constructora.

También se puede mencionar el trabajo de García, J. y Soteldo, E. (2015) denominado **“Diseño y modelación de un Reactor Bio-Sanitario (RBS), para depuración sustentable de aguas servidas en instalaciones escolares”**, en el cual evaluaron un modelo experimental de depuración de aguas servidas para el riego de zonas verdes y la alimentación de inodoros dentro de una instalación escolar. El sistema de tratamiento desarrollado cumplía con la producción de efluentes aptos para riego de jardines y zonas verdes, al igual que para la recarga de inodoros, mientras que se verifica la luz ultravioleta como mecanismo de desinfección.

Además, se encuentra el trabajo especial de grado de Timaure, E. y Sánchez, C. (2011) titulado **“Reúso de aguas grises en la posada El Zaguán, ubicada en la Península de Paraguaná Estado Falcón”**, en donde determinaron no solo el caudal per cápita de la posada y la demanda de riego para jardines, sino que también realizaron una caracterización de las aguas grises que genera. A través de esta información, desarrollaron una propuesta para un sistema de reúso de aguas grises para el riego de las áreas verdes que consistió en un sistema de separación y recolección, trampa de grasa, tanque de almacenamiento, unidad de desinfección, bomba centrífuga y filtro.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a experiencias internacionales, muchos casos proponen la recolección de las aguas grises totales, creando de cierta forma un sistema auxiliar, pero el aprovechamiento de una fracción de las mismas permite el desarrollo de sistemas más prácticos, rápidos y posiblemente económicos. Además de los beneficios en la reducción del consumo de agua en las viviendas, la

reutilización permite la reducción de efluentes y la sobreexplotación del recurso agua, por lo que es amigable al ambiente y beneficiosa a nivel privado e incluso público.

Hacia esta dirección del aprovechamiento de una fracción de las aguas grises generadas en un cuarto de baño, la empresa Grupo IID6 C.A., desarrolló el proyecto del prototipo *AquaSalvis* con el objetivo de crear un producto que generara un ahorro sustancial, entre el 40% y el 100%, del agua potable en inodoros residenciales o industriales, a través del reúso de las aguas grises del lavamanos, fregaderos y duchas. Sin embargo, el prototipo actual es solo para reutilizar el agua del lavamanos al inodoro (ver Anexo A). Además, se busca la creación de un dispositivo que emplee materiales y tecnologías nacionales, de fácil instalación y mantenimiento para el usuario final y que contribuya en el desarrollo y equilibrio del medio ambiente. Asimismo, vale mencionar que en las pruebas que se hicieron durante una semana se obtuvo que el porcentaje de ahorro puede ser variable, y que en el mejor de los escenarios pudiera alcanzarse hasta un 10% de ahorro de agua en un inodoro de 6 litros por uso (Grupo IID6 C.A., 2017).

Debido a esto, la evaluación de este prototipo de reúso de aguas grises, es una investigación importante en el desarrollo del conocimiento sobre el manejo, uso y aprovechamiento de las aguas grises a nivel local en un cuarto de baño. Determinar las limitaciones y alcances de las tecnologías usadas permitirá no solo el desarrollo futuro de sistemas más adaptados a las necesidades del usuario, sino también fomentar métodos más eficientes para la reutilización de aguas, explorando posibilidades para implementar soluciones prácticas y con ello en Venezuela se comience con una cultura de reutilización del agua.

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES

La evaluación del prototipo *AquaSalvis* estará limitada por su diseño y cualquier propuesta de modificación será considerada una recomendación y no será implementada para una nueva evaluación.

El periodo de prueba del prototipo se realizará durante un tiempo suficiente que permita verificar su funcionamiento, pero con muestreos limitados en los análisis bacteriológicos, por los costos que esto representan, aunque dichos análisis serán realizados por el laboratorio de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB).

Las especificaciones del prototipo, así como su evaluación, estarán sujetas y restringidas a los derechos de propietario de la empresa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. REÚSO DE AGUA

El reúso del agua es una estrategia que consiste en la incorporación de aguas residuales tratadas al sistema de consumo de agua, obviando la necesidad de nuevas fuentes de abastecimiento (Dautant, 2016). Sin embargo, la terminología asociada a este método resulta difícil de definir, ya que términos como “reutilización”, “reciclaje” y “regeneración” se han llegado a usar como sinónimos, mientras que en otros casos son definidos específicamente (WWAP, 2017). En este trabajo, las aguas residuales tratadas para el reúso serán denominadas como “aguas recuperadas”.

Esta práctica se separa en dos amplias categorías: reúso potable o no potable, en donde la primera se utiliza para complementar los suministros de agua potable; mientras que las aplicaciones no potables son múltiples dentro de las categorías agrícolas, urbanas, industriales, ambientales y minera (Dautant, 2016; Healthy WA, 2011). El reúso es usado comúnmente para fines no potables y, debido a su alta aceptabilidad, es una práctica que seguirá creciendo (EPA, 1998).

En ocasiones, el agua de lluvia es considerada una fuente de reúso, cuando, en realidad, su aplicación es denominada como “aprovechamiento de agua de lluvia”, siendo todas las formas de aguas residuales como las únicas fuentes para el reúso (Ramírez, 2016; UK Environment Agency, 2011; Victorian Government Department of Health, 2009).

Los proyectos de reúso en el ámbito no potable posee más de 3300 proyectos registrados en todo el mundo (Zhu, Wagner, Cornel, Chen & Dai, 2017). Para el 2016, 60 países reúsan las aguas residuales, en donde China, México y los Estados Unidos son los países más destacados en términos de volúmenes. Muchos países se han propuesto el incremento del reúso de aguas, pero algunos de ellos no tienen opción, como es el caso de Jordania y España, ya que, de no hacerlo, no podrán suplir la demanda de agua futura de sus poblaciones (Soderberg, 2016).

Los métodos y formas de tratamiento del agua recuperada son diferentes de acuerdo al caso (Díaz & Ramírez, 2016), especialmente si se trata de agua negra, gris o ambas. Sin embargo, la reutilización de aguas grises se ha convertido gradualmente en una de las técnicas más importantes en países con estrés hídrico (Juan, Chen & Lin, 2016). Además, es un medio para el ahorro de aguas residuales generadas en los hogares, en donde sus sistemas suelen ser de baja tecnología y de instalación relativamente económica (Díaz & Ramírez, 2016; WHO, 2006).

2.2. REÚSO URBANO DE AGUA

El reúso urbano de agua, comprende todas aquellas actividades que emplea agua recuperada con fines domésticos, comerciales, municipales e industriales (exceptuando procesos industriales), que se resumen en la Tabla 1 y que forman parte de la categoría de reúso de agua no potable. Internacionalmente, el reúso urbano no es tan popular como el agrícola, ya que en ciudades como California y Beijing destinan menos del 25% y 10%, respectivamente, de sus aguas residuales tratadas para reutilización a nivel urbano, mientras que en agricultura sus porcentajes son mayores. Sin embargo, en Japón, se reúsa casi un 50% a nivel urbano, utilizando el 27% en riego de jardines, 18% en derretimiento de nieve y el 3,5% en la descarga de inodoros

(Zhu et al, 2017). En cuanto a América Latina y el Caribe (ALC), México es el país que más practica la reutilización de aguas, incluyendo el ámbito urbano, comenzado a irrigar áreas verdes desde el año 1958. Otros países de ALC, como Puerto Rico, emplean las aguas residuales tratadas para irrigar campos de golf y zonas verdes (Soderberg, 2016).

Tabla 1

Aplicaciones del Reúso Urbano de Agua

USO	APLICACIÓN
Residencial y propiedades comerciales	Riego de zonas verdes residenciales y de cementerios. Lavado de servicios públicos como caminos, vehículos, cercas y otras labores de mantenimiento. Usos paisajísticos ornamentales y usos decorativos del agua, como fuentes, piscinas reflectoras y cascadas. <i>Llenado y descarga de inodoros y urinales.</i> Lavado de ropas.
Municipales	Riego de parques y centro de recreación público, campos de deportes y atletismo (incluido campos de golf) y patios de escuelas, islas y banquetas en carreteras, áreas verdes circundantes a edificios y servicios y cementerios. Limpieza de calles. Fabricación de carreteras y control de polvo.
Comerciales e Industriales	Riego de áreas verdes circundantes a establecimientos comerciales, de oficinas e industriales. Lavado de vehículos, lavaderos y lavado de ventanas.
Otros	Derretimiento de nieve, para evitar su acumulación en las calles. Control de incendios.

Nota. Fuente: Basado en WWAP (2017), Dautant (2016), Healthy WA (2011) y Franco (2007).

Teniendo en cuenta que el 3% de las extracciones de agua natural (o dulce) son destinadas para consumo municipal y un 8% se convierte en aguas residuales municipales a nivel mundial (WWAP, 2017), el reúso urbano, al igual que sus otros ámbitos, ayuda en la reducción de la explotación de agua y la descarga de aguas residuales, además de proporcionar un suministro de agua confiable y controlado (EPA, 1998). La mayor presión en los recursos hídricos y el crecimiento acelerado de las ciudades aumentan la producción de aguas residuales municipales, obligando a alternativas de reducción como el reúso (WWAP, 2017; Dautant, 2016). El reúso urbano jugará un papel crucial para la sostenibilidad de las ciudades en el futuro, incluida la reducción de la huella energética (Lazarova & Asano, 2013).

2.3. AGUAS GRISES

Las aguas grises son las aguas residuales producto de actividades de aseo personal, higiene y preparación de alimentos, es decir, aquellas generadas por el uso de bañeras, duchas, fregaderos de cocina y baño, lavadoras de ropa, tinas de lavanderías y lavaplatos, excluyendo las aguas empleadas para la deposición de orina y excretas (inodoros y urinarios). Sin embargo, su definición varía según los autores, siendo su diferencia fundamental la inclusión o no de las aguas del lavaplatos y vajillas (Timaure & Sánchez, 2011). Las aguas residuales de estas piezas, incluyendo a los lavaplatos automáticos, poseen un alto contenido orgánico que puede causar el agotamiento del oxígeno y aumentar la actividad microbiana de las aguas grises, así como la posibilidad del contenido de patógenos transmitidos por el lavado de los alimentos (Crook, 2009; CSBE, 2003).

Cabe destacar que, el término “agua gris” se debe a que, si es almacenada por cortos periodos de tiempo, el agua tiende a nublarse y adquirir un color gris (WHO, 2006).

Mientras algunos consideran el agua residual de los lavaplatos como aguas negras (Allen, 2015), otros autores sub-clasifican las aguas grises, denominando como aguas grises oscuras a las aguas residuales de las piezas que involucran preparación de alimentos, y al resto la clasifican como aguas grises claras. En promedio, las aguas grises claras corresponde entre el 70-85% del total de aguas grises (Ilemobade, Olanrewaju & Griffioen, 2012). Sin embargo, la clasificación también puede presentar variaciones, ya que ciertos autores han llegado a considerar las aguas de lavandería como aguas grises oscuras (Lazarova, Hills & Birks, 2003).

Otra fuente potencial de agua gris incluye el agua de la piscina (CSBE, 2003). Además, existen aguas residuales de otras piezas que son excluidas del agua gris, tales como los fregaderos de talleres o garajes, desagües de pisos y los bidés (Kansas Department of Health and Environment, 2014).

En la Tabla 2, se presentan intervalos de valores de diferentes parámetros de las aguas grises combinadas, es decir, de múltiples procedencias. Siendo el intervalo muy amplio, por la cantidad y diversidad de fuentes consideradas, además de la incorporación o no de las aguas residuales del fregadero de la cocina (Timaure & Sánchez, 2011; Crook, 2009). Las fuentes bibliográficas consideradas provienen de diferentes países, aunque la mayoría poseen las mismas fuentes de aguas grises domésticas (CSBE, 2013).

Tabla 2

Intervalo de concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en aguas grises combinadas

Parámetro o Constituyente	Unidad	Intervalo
Físicos		
Temperatura	°C	21,6 – 28,2
Conductividad Específica	µS/cm	330 – 1480
SST	mg/L	20 – 1500
SDT	mg/L	420 – 1700
Turbiedad	UNT	20 – 200
Químicos		
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	149 – 382
DBO ₅	mg/L	26 – 550
DQO	mg/L	77 – 1135
Fósforo (P)	mg/L	0,28 – 27,3
Nitrógeno Total	mg/L	1,7 – 50
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L	0,6 – 50
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0 – 11,5
Aceites y grasas	mg/L	7 – 230
Ph		5 – 8,7
Microbiológicos		
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	10 - 10 ⁷
Coliformes Totales	UFC/100 ml	10 ² - 8,03x10 ⁷
E. coli	UFC/100 ml	< 1x10 ² – 1x10 ⁶

Nota. Fuente: Adaptado de Niño y Martínez (2013), Crook (2009), Franco (2007).

SST = Solidos Suspendidos Totales, SDT = Solidos Disueltos Totales, DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno, DQO = Demanda Química de Oxígeno, E. coli = Escherichia coli, UNT = Unidad Nefelométrica de Turbidez, UFC = Unidades Formados de Colonia.

2.4. GENERACIÓN DE AGUAS GRISES

La producción de aguas grises está influenciada por múltiples factores que incluyen el destino de la edificación (Castro, 2015), tal como se demuestra en la Figura 1, por lo que se ha llegado a estimar una generación de 50 – 100 L/persona-d en viviendas, 50 – 150 L/persona-d en hoteles y 30 – 60 L/persona-d en complejos deportivos (Grupo de trabajo de la Comisión Sectorial de Aguas Grises, 2011). En los hogares, la generación de aguas grises es de acuerdo a las actividades diarias y la cultura de sus habitantes, mientras que la producción por fuente es variable y dispersa según su uso, época del año y cantidad de residentes (Niño & Martínez, 2013).

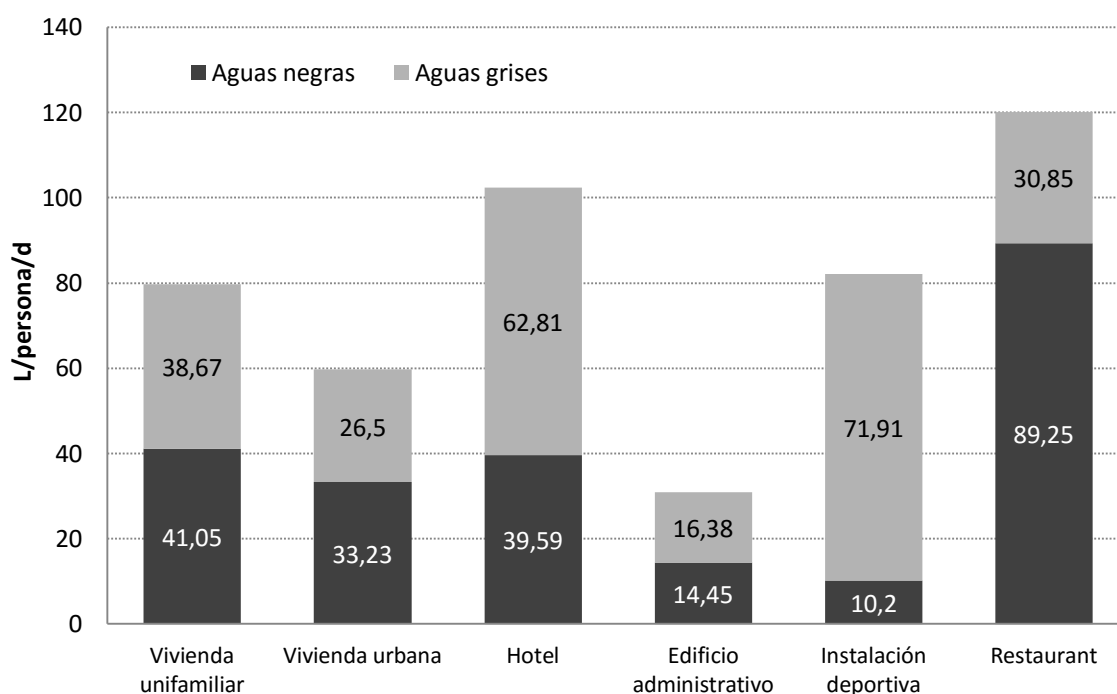


Figura 1. Producción de aguas grises y negras según el tipo de edificación

Nota. Adaptado de Castro (2015)

La generación de agua gris doméstica está influenciada por el consumo de agua por actividad, la cual resulta ser muy variable, tal como se demuestra en la Figura 2, donde se presentan las distribuciones porcentuales del consumo de agua según un estudio de la Universidad Central de Venezuela (UCV), datos de Aguas de Mérida C.A., la Organización Mundial de la Salud (OMS) y un promedio de estudios en otros países (China, Inglaterra, Japón, Alemania e Israel). En consecuencia, las aguas grises pueden representar entre el 50% y 80% del consumo total del agua (Niño & Martínez, 2013) y el 60% al 70% del total de agua residual producida (Franco, 2007).

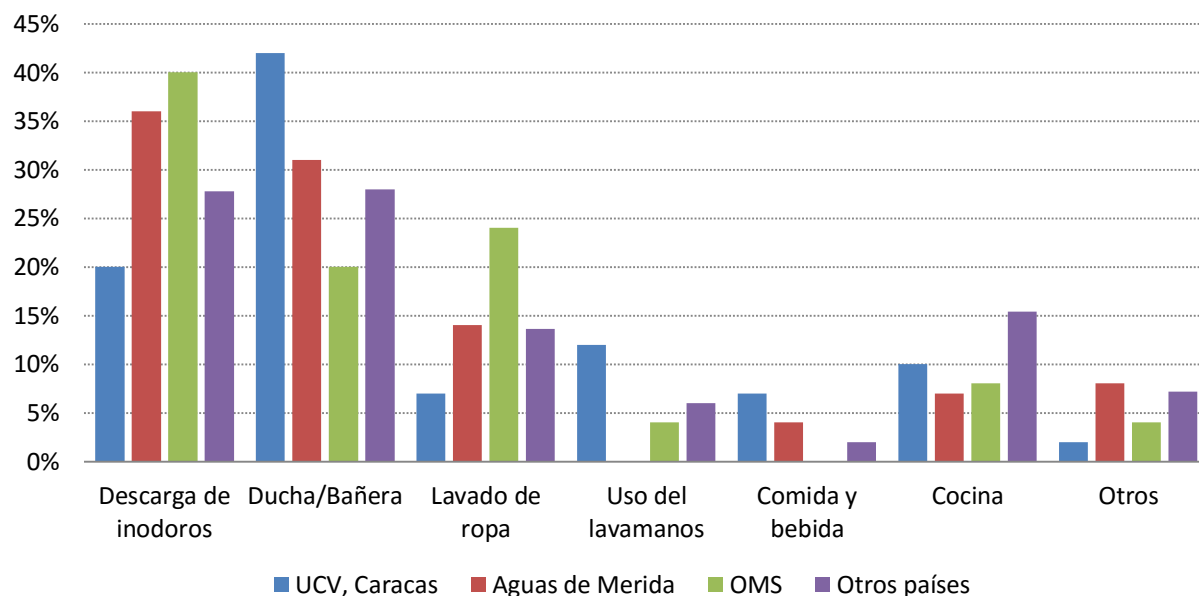


Figura 2. Distribución porcentual del consumo de agua doméstica.

Nota. Fuente: Adaptado de Zhu et al (2017) y Blanco, Lara, Velezmoro & Aguilar (2014)

Uso del lavamanos = Lavado de manos, cara, afeitada y cepillado de diente, Cocina = Lavado de utensilios de cocina, Otros = Limpieza de la casa, lavado de autos, jardinería y actividades no contempladas.

Al dividir el consumo por zonas de la vivienda, es decir, cocina, cuarto de baño y lavandería, el baño presenta los mayores consumos. En la Tabla 3, se presenta el consumo de agua potable en el cuarto de baño por pieza sanitaria.

Tabla 3

Consumo de agua doméstica en el baño en función de sus piezas sanitarias en litros/persona/día en diferentes países

	Ilemobade et al (2012)				NSW Department of Water & Energy (2008)	Blanco et al (2010)	Castro (2015)
Fuente de agua	UK (1998)	Dinamarca (1999)	Países Bajos (1999)	USA (1974)	NSW, Australia (2008)	Venezuela (2010)	España (2015)
Lavamanos	25,5	-	5,4	8	4	33	10
Baño/ducha	34,4	45	59,7	32	66	116	65
Inodoro	61,2	40	30,5	75	41	55	60
Total	121	85	96	115	111	204	135

Nota. Fuente: Basado en Ilemobade et al (2012), NSW Department of Water & Energy (2008), Blanco y otros (2010) & Castro (2015)

2.5. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA GRIS

2.5.1. Caracterización Física del Agua Gris

En las aguas grises, los parámetros físicos más importantes son la temperatura, el color, la turbiedad y los sólidos suspendidos. A menudo, la temperatura de las aguas grises es más alta que la del suministro de agua municipal, lo cual se atribuye al agua caliente para la higiene personal y/o cocina (Olanrewaju & Ilemobade, 2015). Las altas temperaturas pueden fomentar el crecimiento microbiano e inducir la precipitación de compuestos en aguas sobresaturadas, como el carbonato de calcio (CaCO_3) (Niño & Martínez, 2013).

En cuanto al material sólido, algunos ejemplos son los restos de comida de la cocina y del suelo, pelo y fibras de las aguas de la lavandería; siendo estas partículas y las coloidales las causantes de la turbiedad del agua (Niño & Martínez, 2013).

Grandes cantidades de sólidos suspendidos en aguas residuales pueden afectar los procesos de tratamiento, especialmente la desinfección, y pueden interferir con el flujo de agua en las tuberías de transporte, los componentes de distribución y los poros del suelo (Olanrewaju & Ilemobade, 2015). Las mayores concentraciones de sólidos se encuentran típicamente en las aguas grises de la cocina y el lavadero (Niño & Martínez, 2013). Esto significa que en las “aguas grises claras”, el contenido de sólidos suspendidos es mucho menor.

2.5.2. Caracterización Química del Agua Gris

El agua gris es típicamente básica, debido al uso de jabones y detergentes, los cuales también contribuyen al contenido de sales y cuya concentración depende de la marca del detergente e inclusive del tipo de lavadora (Schneider, 2009). Las mismas sales contribuyen a la conductividad específica, que mide indirectamente los iones disueltos, y normalmente no constituye un problema en las aguas grises, pero se puede convertir en un peligro, cuando se aplica sin tratar en el riego. La relación de adsorción de sodio (SAR) es importante, especialmente si el agua gris se aplica para riego, ya que SAR altos pueden causar daños estructurales en suelos, limitando su aireación y permeabilidad (Olanrewaju & Ilemobade, 2015; Schneider, 2009).

Las concentraciones de materia orgánica en términos de DBO y DQO en aguas grises, se relacionan en gran medida con la cantidad de agua y los productos utilizados en el hogar (detergentes, jabones, aceites y grasas). Cuando el consumo de agua es bajo, la DBO y DQO son típicamente altas. La relación DQO/DBO es un buen indicador de la biodegradabilidad de las aguas grises, en donde una relación por debajo de 2,5, por lo general las califica como fácilmente

degradables. Sin embargo, la relación depende de la composición química de los productos, ya que, aunque muchos países han fomentado el uso de detergentes biodegradables, aún existen países de ingresos bajos y medios que emplean productos no biodegradables como los detergentes de ropa en polvo (Olanrewaju & Ilemobade, 2015). Evidentemente el contenido de materia orgánica también depende si se trata de aguas grises claras u oscuras, siendo mayor en éstas últimas.

Una diferencia significativa entre las aguas grises y negras radica en la tasa de descomposición, en donde la DBO de la gris alcanza aproximadamente un 90% de descomposición, mientras la negra solamente un 40%. Además, ante altos niveles de DBO, el oxígeno se consume rápidamente, resultando en el crecimiento de bacterias anaeróbicas, que generan y liberan en el proceso sulfuro de hidrógeno, un gas mal oliente. Debido a la presencia de estos olores, no se recomienda un almacenamiento durante más de 24 horas (Schneider, 2009). Nuevamente se señala que esta descomposición depende del contenido de materia orgánica presente en el agua gris.

Normalmente, las aguas grises contienen bajos niveles de nutrientes en comparación con las aguas residuales del inodoro (Olanrewaju & Ilemobade, 2015). El fósforo proviene típicamente de los detergentes para lavar platos y ropa, por lo que sus niveles de concentración varían de acuerdo a la composición química de los detergentes empleados en la región. En cuanto al nitrógeno, se derivan de los productos de limpieza con contenido de amoníaco, proteínas de las carnes, vegetales, los champús con proteínas y otros productos para el hogar; existiendo una mayor concentración en las aguas grises de la cocina. Aproximadamente, las aguas grises

presentan el 10% del nitrógeno, 21% del potasio y niveles variables del fósforo del total de aguas residuales domésticas (Olanrewaju & Ilemobade, 2015; Franco, 2007). En la Tabla 4, se presentan algunos parámetros de las aguas grises y se comparan con las residuales del inodoro.

Tabla 4

Comparación de parámetros entre aguas grises y negras de hogares con accesorios típicos convencionales

Constituyente o Parámetro	Aguas grises, incluye las aguas residuales del fregadero de la cocina y el lavaplatos, sin-triturador de basura	Aguas residuales del inodoro (Aguas negras)
	Media	
DBO ₅ (mg/L)	255	280
SST (mg/L)	155	450
N total (mg/L)	1,9	145
P total (mg/L)	2,8	20

Nota. Fuente: Adaptado del Schneider (2009)

Otros compuestos o sustancias que pueden contener las aguas grises son: los surfactantes (provenientes de los productos de limpieza del hogar), metales pesados, compuestos orgánicos xenobióticos (derivados de los productos químicos utilizados en detergentes, jabones y perfumes para el hogar) y grasas y aceites. La información sobre la presencia y niveles de compuestos orgánicos xenobióticos es escasa y se recomienda más investigaciones para poder utilizar el agua gris en la irrigación o infiltración de aguas subterráneas (Olanrewaju & Ilemobade, 2015; Parra, Carrillo & Velandia, 2015).

2.5.3. Caracterización Microbiológica del Agua Gris

Las aguas grises pueden contener patógenos parasitarios virales, bacterianos, protozoarios y/o intestinales. En las aguas grises claras, la contaminación de las aguas con patógenos de origen fecal puede ocurrir por actividades como el lavado de manos, la higiene corporal en la ducha, lavado de bebés después de la defecación y/o lavado de pañales. Mientras que en las aguas grises oscuras, estos patógenos pueden originarse tanto de las heces, como de alimentos contaminados, que pueden resultar por el lavado de verduras y carne cruda. (Olanrewaju & Ilemobade, 2015; Herrera, 2015). Los niveles de coliformes fecales y *E. coli* pueden aumentar significativamente en hogares con niños, con animales y aquellos que usan tanques de almacenamiento (Crook, 2009).

Los virus entéricos, conocido por ser el grupo más crítico de patógenos, pueden causar enfermedades incluso en dosis bajas y no pueden detectarse mediante ensayos microbiológicos de rutina. Los compuestos orgánicos favorecen el crecimiento de microorganismos que se encuentran típicamente en aguas grises oscuras (Olanrewaju & Ilemobade, 2015).

2.5.4. Caracterización del Agua Gris según su Origen

Cuando se evalúa independientemente el agua gris generada por pieza sanitaria, sus características cambian notablemente, tal como se muestra en la Tabla 5. Debido a esto, la caracterización de sus aguas es diferente a la que podría existir en aguas grises combinadas (múltiples fuentes), y, por lo tanto, llevando a decisiones que definirán el tipo de tratamiento necesario para su reúso.

Tabla 5

Composición y características principales de las aguas grises por pieza sanitaria.

Origen	Composición			Características
	Parámetro	Unidad	Intervalo	
Lavavajillas / Lavaplatos	Conductividad	µS/cm	-	• Altamente contaminada con partículas de comida, aceite y grasas.
	SST	mg/l	134 - 1300	• Generalmente presenta una mayor cantidad de SST que las aguas servidas.
	Turbiedad	UNT	111 – 168	• Crecimiento de microorganismos.
	pH		6,3 – 7,7	• Descomposición rápida. Mal olor.
	DBO ₅	mg/l	23 – 73	• Contiene detergentes, blanqueadores. Espumas.
	DQO	mg/l	26 – 1600	• Alta demanda de oxígeno.
	Parámetro	Unidad	Intervalo	
Ducha / Tina	Conductividad	µS/cm	82 – 250	• Generalmente corresponde al agua menos contaminada.
	SST	mg/l	48 – 470	
	Turbiedad	UNT	20 – 539	• Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, pero algunas infecciones en la vejiga pueden hacer que existan microorganismos, pero su potencial de sobrevivir y causar infecciones es remoto.
	pH		5 – 8,1	
	DBO ₅	mg/l	60 – 424	
	DQO	mg/l	72 – 695	
	Parámetro	Unidad	Intervalo	
Lavamanos	Conductividad	µS/cm	-	
	SST	mg/l	36 – 153	• Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, champú y pasta de dientes.
	Turbiedad	UNT	102 – 164	
	pH		7,3 - 8,1	
	DBO ₅	mg/l	33 – 252	• Baja demanda de oxígeno.
	DQO	mg/l	95 – 587	
	Parámetro	Unidad	Intervalo	
Lavadora	Conductividad	µS/cm	190 – 2500	• Contiene detergentes (sodio, fósforo, boro, amonio, nitrógeno). Espumas.
	SST	mg/l	70 – 665	• Alto pH.
	Turbiedad	UNT	14 – 494	• Alta conductividad.
	pH		7,5 – 10	• Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas) y alta turbiedad.
	DBO ₅	mg/l	48 – 462	
	DQO	mg/l	76 – 1339	

Nota. Fuente: Basado en Killion (2011), Crook (2009), Franco (2007), Lazaroova et al (2003), Jefferson, Palmer, Jeffrey, Stuetz & Judd (2004) y Jefferson, Laine, Parsons, Stephenson & Judd (1999).

El agua gris generada en los lavaplatos tiende a requerir de un pretratamiento (Niño & Martínez, 2013). Cuando alguna de las piezas sanitarias es usada para el lavado de pañales, como el lavadero, las concentraciones de coliformes fecales aumentan significativamente, por lo que muchos estudios recomiendan no incluirlas en actividades de reúso por presentar un mayor riesgo para la salud (Niño & Martínez, 2013; WHO, 2006).

Según estudios recopilados por el Departamento de Salud del Estado de Washington, las concentraciones de coliformes fecales de las aguas grises es también variable por su origen. En el fregadero de la cocina, puede llegar a tener cantidades similares (10^7) a la de las aguas negras, las cuales se ha encontrado entre 10^6 y 10^8 . Las aguas grises de las duchas, bañera y lavamanos poseen una menor concentración, entre $0-10^3$ y el agua de la lavandería un poco mayor, $10^1 - 10^4$ (Schnneider, 2009). En la Tabla 6, se presenta un intervalo de concentraciones de indicadores microbiológicos para aguas grises en diferentes fuentes, aguas grises combinadas y aguas servidas.

Tabla 6

Intervalos de concentraciones de indicadores reportados en aguas grises y residuales sin tratar.

Fuente	Concentraciones (UFC/100 ml)			
	CT	CF	E. coli	E. faecalis
Lavamanos	$2,4 \times 10^2 - 2,4 \times 10^6$	Sin datos	$0 - 2,4 \times 10^6$	$0 - 2 \times 10^4$
Baño/Ducha y lavamanos	$2,5 \times 10^2 - 1,8 \times 10^8$	$0 - 5,0 \times 10^3$	$10 - 10^5$	$10 - 10^5$
Lavandería, fregadero de cocina	7×10^5	$7,3 \times 10^2$	Sin datos	Sin datos
Agua gris (excluye fregadero de cocina)	$10^2 - 10^6$	$10^2 - 10^6$	$10 - 10^5$	Sin datos
Aguas servidas	$10^6 - 10^8$	$10^6 - 10^8$	$10^6 - 10^8$	$10^4 - 10^6$

Nota. Fuente: Adaptado del Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment (2010).

CT = Coliformes Totales, CF = Coliformes fecales, E. coli = Escherichia coli, E. faecalis = Enterococcus faecalis

En Venezuela, algunos estudios han demostrado la variabilidad de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas grises claras, tal como se demuestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de estudios venezolanos según la fuente u origen.

Parámetro	Unidad	Procedencia				
		Posada El Zaguán			URU	
		Lavamos + Ducha + Lavandería ^a	Lavamanos + Ducha Conjunto de habitaciones		Lavandería ^a	Lavamanos
			1	2		
Conductividad específica	µS/cm	1214	445	1022	2500	-
Nitrógeno total	mg/L	34	22	254	31	-
Fosforo total	mg/L	14	2,6	12	14	-
pH		8,7	6,4	6,7	7,8	-
DBO	mg/L	465	460	390	483	42
DQO	mg/L	1006	654	510	1235	119
Aceites y grasas	mg/L	25	349	153	57	1,08
Detergentes	mg/L	6,5	1,5	0,3	152	1,67
Sodio	mg/L	183	-	-	-	-
Sólidos totales	mg/L	1376	790	780	2484	-
SDT	mg/L	789	254	608	1952	-
SST	mg/L	587	536	172	532	13
Cloruro	mg/L	61	36	132	71	-
Sulfato	mg/L	287	96	150	800	-
Coliformes totales	NMP/100ml	35000	> 2420	> 2420	> 2420	Ausentes
Coliformes fecales	NMP/100ml	35000	276	52	< 1	Ausentes

Nota. Fuente: Adaptado de Timaure y Sánchez (2011) y Tirado y Vilorio (2006)

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno, DQO = Demanda Química de Oxígeno, SDT = Sólidos Disueltos Totales, SST= Sólidos Suspendidos Totales, URU = Universidad Rafael Urdaneta, NMP = Número Máximo Probable

^a = Lavado de lencería.

2.6. RIESGOS POTENCIALES DEL REÚSO DE AGUAS GRISES

El agua gris posee características favorables para el reúso, ya que representa la mayor parte de agua residual doméstica, posee un contenido de nutrientes aprovechable para el riego de cultivo, bajo contenido de patógenos y la capacidad de reducir la demanda de agua (Castro, 2015). Sin embargo, existen circunstancias asociadas que pueden constituir un peligro para las plantas, suelos, el ambiente en general y la salud humana (CSBE, 2003).

La salud de las plantas puede verse comprometida por la existencia de sustancias tóxicas vertidas indiscriminadamente por los usuarios en el flujo de agua gris, que incluyen no solo químicos nocivos sino también ciertos detergentes y productos de lavanderías con compuestos tóxicos para las mismas. A su vez, las propiedades del suelo (permeabilidad, alcalinidad y salinidad) pueden cambiar ante estas mismas exposiciones, e inclusive cabe la posibilidad de la infiltración del agua gris a aguas subterráneas, las cuales pueden verse contaminadas por la existencia de estas sustancias (CSBE, 2003).

También son potencialmente un peligro a la salud pública, ya todas las formas de aguas grises son capaces de transmitir enfermedades y su potencial de transmisión es principalmente a través de la ruta fecal-oral, donde las aguas pueden ingerirse a través de manos contaminadas o por el contacto indirecto con objetos contaminados como pasto, tierra y herramientas de jardín. Existen otras formas de transmisión como la inhalación por irrigación rociada o penetración a través de la piel rota (Crook, 2009).

Sin embargo, no se han registrado incidentes de efectos graves a la salud por el reúso de aguas grises. Además, es posible reducir el riesgo con el tratamiento de las aguas grises y la minimización del contacto entre el público y dichas aguas (CSBE, 2003; PUB, 2014).

Aunque el agua gris es considerada una de las fuentes de reúso de mayor riesgo, solo superada por el agua negra (Victorian Government Department of Health, 2009), dependiendo de la aplicación, los niveles de riesgo de exposición son diferentes, tal como se presenta en la Tabla 8, los cuales están asociados al peligro que podría representar para sus usuarios y destinos finales. Sin embargo, no menciona o clasifica el riesgo según el tipo de agua residual o fuente de agua gris.

Tabla 8

Niveles de riesgo de exposición de acuerdo a la aplicación del agua recuperada

Riesgo	Aplicación
Alto	Viviendas múltiples; reutilización interna (inodoro y grifos de agua fría para lavadoras) o riego de superficie externa. Riego agrícola de cultivos alimenticios consumidos crudos o sin procesar. Riego de superficie urbana con acceso y aplicación sin restricciones.
Medio	Riego de superficie urbana con algún acceso y aplicación restringida. Fuentes de agua y lavado de superficies con agua. Riego de ganado, ganado lechero, pastoreo y cultivos alimentarios comerciales. Uso industrial con potencial exposición humana y torres de enfriamiento. Supresión de polvo.
Bajo	Riego de superficie urbana con acceso y aplicación restringida mejorada. Riego residencial comunal (subsuperficial para árboles frutales). Riego agrícola; cultivos no comestibles, ganado vacuno Riego del subsuelo.
Muy bajo	Cultivos no alimentarios como lotes de madera, flores. Beneficios ambientales con exposición humana improbable.

Nota. Fuente: Adaptado del Healthy WA (2011).

2.7. TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PARA LA REUTILIZACIÓN

El tratamiento de aguas grises busca remover las sustancias que puedan ser dañinas para las plantas, la salud, el ambiente en general y el sistema de agua gris (CSBE, 2003). El tratamiento necesario estará sujeto a la calidad esperada en el destino del agua recuperada, la cual puede ser clasificada en tres diferentes niveles, siendo la calidad 1 (agua potable) la más exigente de todas, no siendo el reúso de aguas grises viable para satisfacer ese nivel de calidad (Castro, 2015). En la Figura 3, se presenta la distribución porcentual de los diferentes niveles de calidad de acuerdo al tipo de edificación.

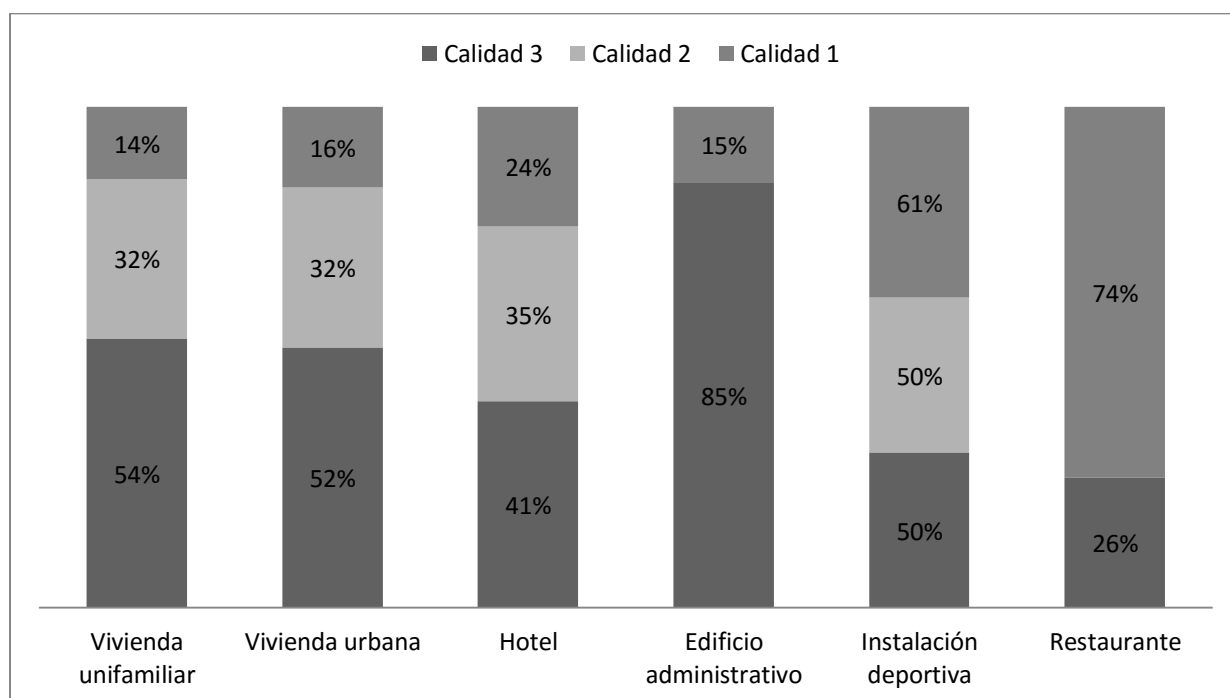


Figura 3. Distribución porcentual de los niveles de calidad demandados según el tipo de edificación.

Nota. Fuente: Adaptado del Castro (2015)

Calidad 1 = agua empleada para usos alimenticios o destinada a puntos de consumo, Calidad 2 = agua destinada para la higiene corporal y lavado de vajillas, Calidad 3 = agua destinada para usos que no impliquen contacto potencial con el ser humano.

La aplicación de aguas grises sin tratar se ha empleado en actividades de bajo riesgo como el riego subsuperficial (UK Environment Agency, 2011; NSW Department of Water & Energy, 2008). A menudo, los sistemas sin tratamiento representa una mejor solución de diseño, instalación y mantenimiento, además existiría un mínimo contacto entre el agua gris y humanos, al eliminar la necesidad de intervención en el sistema y por lo tanto la posibilidad de contacto, en el caso de los sistemas de irrigación (CSBE, 2003). Sin embargo, en muchos países, no existe una legislación específica que cubra el uso de aguas grises no tratadas (Lazarova et al, 2003).

Los tratamientos de agua gris se pueden clasificar en cinco categorías: simple (tamizado y desinfección), física (filtro de arena, adsorción y membrana), biológico (filtro biológico aireado, contacto biológico rotativo y biorreactor de membrana), extenso (humedales) y químico (fotocatálisis, electro-coagulación y coagulación). La mayoría de los sistemas operan con una etapa de filtración de malla gruesa o sedimentación antes y una etapa de desinfección final (rayos UV, cloración, etc.) (Pidou, Memon, Stephenson, Jefferson & Jeffrey, 2007).

Los sistemas de tratamiento simple constan de dos etapas: filtración con malla gruesa (tipo desbaste o tamizado) o sedimentación para la remoción de sólidos grandes, seguido de desinfección. El proceso emplea un tiempo de retención corto, por lo que las aguas grises permanecen inalteradas y con un mínimo tratamiento. Sin embargo, el tratamiento es limitado, ya que presenta poca o ninguna remoción de constituyentes químicos y altos niveles de turbiedad, pudiendo además presentar fallas en el proceso de desinfección, ocasionando niveles de coliformes que excedan los estándares de calidad (Pidou et al, 2007; Jefferson et al, 1999).

En cuanto a los demás sistemas, los físicos también presentan limitaciones, tanto en filtros como en las membranas, aunque éstas últimas, presentan una mejor remoción de sólidos disueltos y suspendidos. Por otra parte, los biológicos y extensos, han demostrado un buen tratamiento general de las aguas grises, especialmente en la remoción de constituyentes orgánicos. Sin embargo, se ha encontrado una mayor efectividad al combinar diferentes tipos de tratamiento (Pidou et al, 2007). En la Tabla 9, se presentan las capacidades de remoción de los tratamientos aplicados en diferentes estudios de aguas grises.

Tabla 9

Eficiencia de tratamiento de algunos sistemas de tratamiento de aguas grises

Parámetro	Filtración – Físico	Humedales	SBR	RBC	MBR	UASB
Turbiedad (UNT)	-	-	-	-	98 – 99%	-
SST (mg/L)	53 – 93%	90 – 98%	-	9 – 12%	≤ 100%	-
DBO ₅ (mg/L)	89 – 98%	≤ 99%	90 – 98%	27 – 53%	93 – 97%	≤ 67%
DQO (mg/L)	37 – 94%	81 – 82%	90 – 98%	21 – 61%	86 – 99%	38 – 79%
Cl (mg/L)	-	92 – 94%	-	-	-	-
Aceites y grasas (mg/L)	≤ 97%	≤ 95,5%	-	-	-	83,7%
Nitrato (mg/L)	17 – 73%	-	-	-	6 – 72%	-
Nitrato total (mg/L)	5 – 98%	26 – 82%	80%	-	52 – 63%	24 – 58%
Fosforo total (mg/L)	≤ 100%	≤ 71%	-	-	≤ 19%	10 – 39%
CF (CFU)	-	-	-	88,5 – 99,9%	≤ 99%	-
E. coli (CFU)	≤ 100%	-	-	88,5 – 99,9%	-	-
Ca (mg/L)	≤ 100%	-	-	-	-	-
Mg (mg/L)	≤ 100%	-	-	-	-	-
Na (mg/L)	47 %	-	-	-	-	-

Nota. Fuente: Adaptado del Oteng-Peparh, Acheampong & deVries (2018)

SBR = Reactores biológicos secuenciales, RBC = Contactores Biológicos Rotativos o Biodiscos, MBR = Reactores biológicos de membrana, UASB = Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente.

Aunque se observa gran variabilidad en la eficiencia dependiendo del tipo de sistema, el tratamiento simple se recomienda para viviendas unifamiliares, mientras que otros tratamientos como los biológicos, se han instalado a grandes escalas en residencias estudiantiles, edificios de muchos pisos y estadios (Pidou et al, 2007).

2.8. SISTEMAS UNIFAMILIARES PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

El agua gris puede ser utilizada para aplicaciones no potables y representa la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas y cuya reutilización puede representar un ahorro entre un 30-45% de agua potable (Niño & Martínez, 2013). Su reúso “amplia la disponibilidad del recurso agua en un sistema de abastecimiento municipal, al atender una población con menor demanda de agua y, por ende menor infraestructura” (Parra et al, 2015, p.125). Recientemente, la aplicación más comúnmente descrita y prometedora para la reutilización de aguas grises es la descarga de inodoros y urinarios, que puede reducir en un 10-30% de la demanda de agua (Zhu et al, 2017).

Los sistemas de agua gris se pueden calificar en sistemas locales o individuales y centralizados, es decir, cuando el agua gris proviene de una sola fuente o de múltiples procedencias, respectivamente. A su vez, pueden ser sistemas unifamiliares, donde el reúso está restringido a una vivienda unifamiliar privada, o colectivos, el cual suministra a diversos hogares (Grupo de trabajo de la Comisión Sectorial de Aguas Grises, 2011).

En los sistemas individuales o también denominados descentralizados, se amplía la variación de opciones tecnológicas, se reduce las necesidades de agua para el transporte de residuos y los riesgos de falla del sistema, es adaptable a diferentes requisitos de descarga, aumenta las oportunidades de reúso de aguas y permite el desarrollo incremental e inversión del sistema (Imhoff & Mühlemann, 2005). Con respecto a los colectivos o comunales, se evita potencialmente el problema de oferta y demanda desiguales de un individual, además de proporcionar un mantenimiento de menor costo y de un estándar más alto, al requerir de personal calificado (UK Environment Agency, 2011).

Los sistemas de aguas grises pueden ser tan simples como la recolección manual del agua a través de cubetas (“bucketing”), o tan complejos como un sistema de recolección, almacenamiento (de corta o prolongada retención) y bombeo separado del sistema de aguas servidas, es decir, un circuito hidráulico independiente o sistema de distribución dual, en donde el sistema se convierte en una nueva instalación sanitaria, en conjunto con el sistema cloacal y el agua potable (WWAP, 2017; UK Environment Agency, 2011; Timaure & Sánchez, 2011; NSW Department of Water & Energy, 2008).

Aunque el sistema puede incluir o no un sistema de tratamiento, dependiendo de su aplicación (UK Environment Agency, 2011), todas las aguas recuperadas usadas para la descarga de inodoros y urinarios deben ser desinfectadas (Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, 2010; WHO, 2006).

Los métodos de reutilización pueden enmarcar tratamientos de bajo costo, como la sedimentación, uso de filtros de malla gruesa y/o eliminación de aceites y grasas, así como también la desinfección de las aguas grises, por lo que la elección del sistema estará influenciada por una serie de factores que incluyen: la disposición de los propietarios para operar y mantener la instalación, la fuente de aguas grises a reusar y el propósito del agua recuperada (WHO, 2006).

Sin embargo, el reúso de aguas grises es una práctica relativamente nueva, existiendo pocos sistemas que estén disponibles comercialmente y aún menos que se hayan probado a gran escala durante largos periodos de tiempo (Zhu et al, 2017). Además, su complejidad dependerá del tipo de tratamiento a la que son sometidas las aguas grises.

En la Tabla 10, se presentan algunos de los sistemas de reutilización de las aguas grises claras, generadas en el cuarto de baño, que fueron encontradas en la web, disponibles comercialmente.

Tabla 10

Diversos dispositivos y sistemas de reutilización de aguas grises para los baños disponibles comercialmente a nivel internacional.

Nombre	Anexo	Empresa	Descripción
Sistema Recover (Residential Water Recovery)		BioMicrobics	Sistema que capta las aguas grises de la ducha, bañeras y lavamanos, los cuales son sometidos a un proceso de filtración y un tratamiento de cloración, con el fin de bombearlo al tanque del inodoro cuando ocurre una descarga y se apaga una vez se llena la cisterna (ver anexo B).
AQUS		Ecohoe Solutions S.L.	Dispositivo que recoge, filtra y desinfecta el agua gris del lavamanos y la reutiliza en el inodoro. Recoge hasta 20 litros de agua tratada y la envía al tanque del inodoro cuando el sensor de nivel en la cisterna activa la bomba del sistema (ver anexo C).
ECOPLAY		Ecohoe Solutions S.L.	Dispositivo que capta el agua gris de la ducha y la bañera, para reutilizarla en uno o dos inodoros, y consta de un tanque de limpieza, de almacenamiento, decantador, unidad de control electrónico y unidad dosificadora de bactericida (ver anexo D).
Profile Smart 305		Caroma	Es un inodoro con lavado integrado, donde el agua descargada del lavamanos va directo al tanque de agua y se usa en la descarga del mismo. No posee costos por tratamiento (ver anexo E).
Aquaserve 300		Roth	Dispositivo que recolecta y reutiliza las aguas grises de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines, entre otros. Está conformado por un depósito de recolección con un reactor biológico aeróbico y filtro de membranas, consola de control y depósito de aguas tratadas (ver anexo F).

Nota. Fuente: BioMicrobics (2016), Ecohoe Solutions S.L. (2010), Caroma (2009), Roth (2010).

Internacionalmente, la reutilización de aguas grises en inodoros se ha implementado en varios lugares con éxito o no, como por ejemplo: el Hotel de playa Palma, España; Florianópolis, sur de Brasil; Instituto Agronómico y Veterinario, Rabat, Marruecos; Berlín, Alemania; la Universidad de Loughborough y el Millennium Dome, Reino Unido; Edificio residencial de Annecy, Francia; el Distrito de Agua de Irvine Ranch, California y Casa del Agua, Tucson, EE.UU.; Taiwán y Ottawa, Canadá (Ilemobade et al, 2012).

2.9. CALIDAD DEL AGUA EN LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA DESCARGAS DE INODOROS

En las descargas en inodoros o urinarios, la exposición se espera que sea baja, pero los posibles efectos asociados a la salud son lo suficientemente graves como para justiciar un enfoque precautorio (Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, 2010).

Debido a esto, todos los sistemas de reutilización de aguas grises con fines urbanos deben tener en cuenta diferentes consideraciones y precauciones para evitar, no solo un mal funcionamiento del sistema, sino también la propagación de las enfermedades, entre ellas están:

- Evitar el contacto o consumo de las aguas grises usando guantes y lavándose las manos después de su contacto.
- Identificar adecuadamente las tuberías de agua gris.
- No aplicar agua gris sin tratar en el césped, o frutas y verduras que se comen crudas.

- El sistema debe ser capaz de desviar las aguas grises al sistema cloacal en caso de taponamiento del sistema, sobrecarga del sistema por aumento imprevisto del número de usuarios, contaminación por lavado de pañales, contacto con una persona enferma o contaminación por productos químicos nocivos.
- No almacenar el agua gris por más de 24 horas. Además, toda agua gris almacenada debe ser tratada y desinfectada.
- Los tanques de almacenamiento de agua gris deben estar protegidos de tal forma que restrinja y elimine la formación de mosquitos u otros vectores.
- Evitar la contaminación de aguas superficiales y su aplicación a suelos saturados.
- El riego es únicamente por inundación o goteo, y no por aspersión.
- Aplicar el agua gris de forma tal que minimice el agua estancada en la superficie.
- El sistema de agua gris debe estar ubicado fuera de cualquier camino de inundación.
- En la irrigación, las aguas grises deben ser descargada a una cierta distancia de la edificación para evitar daños a la misma (Allen, 2015; Momahed, 2011; WHO, 2006; Beatty, 2004).

Estas consideraciones, en su mayoría se refieren cuando el reúso es para el riego. Por su parte, la reutilización en la descarga de inodoros debe cumplir un estándar requerido, cuyas pautas incluyen restricciones físico-químicas y bacteriológicas. La mayoría de los países y regiones controlan el valor de pH (corrosión de las tuberías y otros equipos), la turbiedad y olor (aceptación) y el cloro residual (restringe el crecimiento bacteriano) (Zhu, 2017; WHO, 2006).

En la Tabla 11, se resume los parámetros mínimos y máximos del agua recuperada en el reúso urbano no restringido, que podría incluir actividades como la descarga de inodoros.

Tabla 11

Parámetros y límites de calidad de las aguas recuperadas en el reúso urbano no restringido en diferentes países.

PAÍS	PARÁMETROS							
	CT (org/100 ml)	CF (org/100 ml)	E. coli (org/100 ml)	Turbiedad (UNT)	SST (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)
Alemania ^a	≤ 100	10 – 500	-	1 - 2	-	≤ 20	6,0 – 9,0	-
China ^b	≤ 3	-	-	≤ 5	-	≤ 10	6,0 – 9,0	≥ 1 después de 30 min, ≥0,2 en uso
Costa Rica ^c	-	≤ 1000	-	-	-	-	-	-
EEUU ^d	-	ND	-	≤ 2	-	≤ 10	6,0 – 9,0	≥ 1
México ^e	-	≤ 1000	-	-	≤ 30	≤ 30	-	-

Nota. Fuente = Basado en Ilemobade, et al (2012), EPA (2012), Chang (2010), Decreto N° 33601-MINAE-S (2007), NOM-003-ECOL-1997 (1997)

CT = Coliformes Totales, CF = Coliformes Fecales. E. coli = Escherichia coli, org = organismos, UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad, SST = Sólidos Suspendidos Totales, DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno, min = Minutos, ND = No detectable

^a Límites guías en Alemania (Ilemobade, et al, 2012)

^b Estándar de calidad de agua para el consumo de agua miscelánea urbana GB/T 18920-2002 (Chang, 2010)

^c Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales (Decreto N° 33601-MINAE-S, 2007)

^d Guías de Reúso de Agua (EPA, 2012)

^e Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público (NOM-003-ECOL-1997, 1997)

En la Tabla 12, se resume los parámetros mínimos y máximos del agua recuperada específicamente en la descarga de inodoros.

Tabla 12*Parámetros y límites de calidad de las aguas recuperadas en la descarga de inodoros*

PAÍS	PARÁMETROS							
	CT (org/100 ml)	CF (org/100 ml)	E. coli (org/100 ml)	Turbiedad (UNT)	SST (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	Cloro residual (mg/L)
Australia Occidental^{ak}	-	-	< 1	< 2 (5 máx.)	< 10	< 10	6,5 – 8,5	0,2 – 2,0
Brasil^b	-	< 500	-	< 10	-	-	-	-
Canadá^c	-	ND (≤ 200)	ND (≤ 200)	≤ 2 (5 máx.)	≤ 10 (20 máx.)	≤ 10 (20 máx.)	-	≥ 0,5
Chile^d	-	≤ 10	≤ 1	≤ 5	≤ 10	≤ 10	6,0 – 9,0	1,0 – 2,0
Colombia^{el}	-	≤ 10000	-	-	-	-	6,0 – 9,0	-
España^f	-	-	ND	< 2	-	-	7,0 – 8,0	0,5 - 2
Japón^g	-	-	ND	2	-	-	5,8 – 8,6	≥ 0,1 libre ó 0,4 comb.
Jordania^h	-	≤ 10	-	-	≤ 10	≤ 10	-	-
Reino Unidoⁱ	≤ 1000	-	≤ 250	< 10	-	-	5,0 – 9,5	< 2
Singapur^{jk}	< 10	-	ND	< 2	-	< 5	6,0 – 9,0	0,5 – 2,0

Nota. Fuente: Basado en Resolución 1207 (2014), PUB (2014), UK Environment Agency (2011), Healthy WA (2011), Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment (2010), Franco (2007), Real Decreto 1630/2007 (2007), Tajima, A., Yoshizawa, M., Sakurai, K. & Minamiyama, M. (2007), WHO (2006), NBR 13969 (1997).

CT = Coliformes Totales, CF = Coliformes Fecales. E. coli = Escherichia coli, org = organismos, UC = Unidades de Color, UNT = Unidades Nefelométricas de Turbiedad, SST = Sólidos Suspendedos Totales, Comb. = Combinado, ND = No detectable

^a Guías para los usos no potables del agua reciclada en Australia Occidental (Healthy WA; 2011)

^b Tanques sépticos – Unidades de tratamiento complementario y disposición final de los efluentes líquidos – Proyecto, construcción y operación (NBR 13969, 1997)

^c Guías Canadienses para el agua recuperada doméstica en la descarga de inodoros y urinarios (Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, 2010).

^d Propuesta de reglamento para el uso de agua recuperada en la descarga de inodoros en Chile (Franco, 2007).

^e Resolución 1207 de 2014 (25 de Julio), por el cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas (Resolución 1207, 2014).

^f Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establecen el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas (Real Decreto 1630/2007, 2007).

^g Nuevos Criterios para el reúso de agua residual tratada en Japón (Tajima et al, 2007).

^h Guías regionales y regulaciones del reúso de aguas grises en Amman, Jordán (WHO, 2006)

ⁱ British Standard 8525-1:2010 (UK Environment Agency, 2011).

^j Guía Técnica del Sistema de Reciclaje de Agua Gris (PUB, 2014).

^k Valido para sistemas comunitarios de descarga de inodoros.

^l Valido para el área industrial.

Existen otros parámetros que son controlados para la descarga de olores, pero depende de la normativa que aplique, ya que, cada país, posee parámetros y límites diferentes como por ejemplo: el color (PUB, 2014), aceites y grasas (NOM-003-ECOL-1997, 1997), sólidos totales disueltos, surfactantes aniónicos, $\text{NH}_4\text{-N}$ (Chang, 2010), e inclusive otros indicadores microbiológicos como: huevos de helmitos (NOM-003-ECOL-1997, 1997; Franco, 2007), *Legionella pneumophila* (UK Environment Agency, 2011), entre otros.

2.10. LOS USUARIOS Y LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA DESCARGAS DE INODOROS

La implementación de los sistemas de reutilización de aguas grises se ve influenciada por la opinión pública, la cual varía de acuerdo al uso del agua recuperada. Sin embargo, estudios confirman que existe un mayor grado de aceptación especialmente para la descarga de olores, lo cual atribuyen a la percepción de los usuarios de un menor riesgo de contacto (Zhu et al, 2017; Ilemobade, Olanrewaju & Griffioen, 2013; UK Environment Agency, 2011; Marks et al, 2006). Debido a esta misma razón, otras aplicaciones como irrigación de campos de golf, parques y jardines tienen un menor grado de oposición en comparación con el lavado de ropas y de manos (Ilemobade et al, 2013; UK Environment Agency, 2011; Marks et al, 2006).

A pesar de su alta aceptación, se han expuesto razones en contra de la reutilización de aguas grises en los olores, tales como aguas turbias y/o espumosas, olores desagradables, corrosión de tuberías y riesgos potenciales para la salud (Zhu et al, 2017; Ilemobade et al, 2013). Aun así, un estudio demostró que la percepción de los usuarios no cambió en gran medida antes y después de la implementación de un sistema piloto en un edificio académico y una residencia de la

Universidad de Johannesburgo en Sur África, encontrándose mejores resultados en el edificio no residencial. En la Tabla 13, se presenta la encuesta realizada a los usuarios del estudio anteriormente mencionado (Ilemobade et al, 2013).

Tabla 13

Encuesta realizada antes y después de la implementación del sistema de aguas grises en un edificio académico y residencial de la Universidad de Johannesburgo en Sur África.

Nº	Declaración	Fuertemente de acuerdo	De acuerdo	Neutral	En desacuerdo	Fuertemente en desacuerdo
1	Usar aguas grises tratadas para la descarga de inodoros/urinarios o el riego de jardín es asqueroso					
2	Me preocupa que las personas enfermen por el uso de aguas grises tratadas para la descarga de inodoros/urinarios.					
3	Estoy cómodo usando aguas grises tratadas para la descarga de inodoros/urinarios					
4	Solo estaré preparado para usar aguas grises tratadas para la descarga de inodoros/urinarios o el riego de jardines durante una escasez de agua					
5	Específico para los residentes del edificio residencial: Estoy cómodo con el sistema de distribución dual de agua que ha de ser instalado en el lugar donde resido. o Específico para los estudiantes y el personal del edificio académico: Estoy cómodo con el sistema de distribución dual de agua que ha de ser instalado en el instituto.					

Nota. Fuente: Adaptado del Ilemobade et al (2013)

En un estudio realizado en Australia, la Universidad de Flinders en conjunto con el Centro de Investigación Social de la Universidad de Queensland desarrollaron y administraron, respectivamente, una encuesta telefónica a un total de 2504 participantes. A cada encuestado, se le preguntó su opinión acerca de las diferentes modalidades de reúso (individualmente) tanto su aceptación como su disposición. En la descarga de inodoros, se obtuvo un 96,6% de aceptación, específicamente en edificios públicos, y una disposición del 94,1% para implementarlos en sus respectivos hogares, así como también un 94,1% en el uso de aguas grises para esta aplicación. El estudio concluyó la existencia de un orden de datos según la naturaleza del contacto: mayor disposición en inodoros, lavado de autos y riego, seguido de lavado de ropas y cuerpo y menos confianza en aquellos relacionados con ingestión (Marks et al, 2006).

En la Tabla 14, se presenta las diferentes preguntas y opciones, aplicaciones o metodologías exploradas en el estudio de la Universidad de Flinders y Queensland, Australia.

Tabla 14

Preguntas y opciones exploradas en el estudio de aceptación de reúso de aguas de la Universidad de Flinders y Queensland, Australia.

Pregunta	Opciones exploradas/Modalidades
Aceptación del agua recuperada.	Descarga de inodoros en edificios públicos. Lavanderías comerciales. Irrigación de campos de golf, parques y jardines. Irrigación de patios escolares y campos de juego. Irrigación de pastos de vaquerías, carnes y ovejero. Irrigación de campos de vegetales y frutas. Irrigación de viñedos.
Disposición del uso de agua recuperada en los hogares.	Descarga de inodoros. Irrigación de jardines. Riego manual. Lavado de autos. Lavadoras. Lavado de manos.
Disposición de usar agua en las siguientes modalidades.	Agua gris instalada para jardines y descarga de inodoros. Agua recuperada para el jardín. Agua recuperada para jardines, inodoros y agua de lluvia para los otros usos. Agua de tormenta para jardines e inodoros. Agua de tormenta para todos los usos incluido beber. Agua de mar desalinizada para todos los usos.
Confianza en usos potables de agua de lluvia, o agua recuperada en reúso potable indirecto.	Agua de lluvia con calidad de agua potable. Bañarse Cocinar Beber Agua mezclada con agua recuperada con calidad de agua potable. Bañarse Cocinar Beber

Nota. Fuente: Basado en Marks et al (2006)

Otros estudios confirman que los usuarios prefieren reusar sus propias aguas grises en lugar de las aguas de otras personas, es decir, rechazan la implementación de sistemas comunitarios y fomentan las unifamiliares. Sin embargo, también existen aquellos que optan por la implementación de esquemas más grandes donde la fuente de agua es anónima y desconocen a las personas involucradas (UK Environment Agency, 2011).

2.11. COSTOS DE LOS SISTEMAS PARA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES

A menudo, es difícil obtener una contabilidad real de los sistemas de reutilización de aguas grises, por lo que se recomienda que cualquier proyecto de reúso se evalúe individualmente para determinar su factibilidad económica. Entre algunos de los costos asociados se encuentran los relacionados con el sistema de tratamiento, almacenamiento y plomería, operación y mantenimiento (electricidad, reparación, consumibles y monitoreo) y tarifas por permisos e inspecciones (Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment, 2010).

La variabilidad de los costos se deben a la complejidad y capacidad del sistema, como se demuestra en la Tabla 15, basado en un estudio realizado en la Ciudad de los Ángeles (1992), el cual estima los rangos de precios basados en la información de fabricantes e instaladores. A su vez, Water CASA estima que costaría entre 135 \$ y 1250 \$ adaptar una casa para el uso de aguas grises incluyendo las conexiones de lavadora y baño/ducha, tanque de almacenamiento, partes de almacenamiento y una bomba (no incluye sistemas de riego) (Crook, 2009).

Tabla 15

Rangos de precios estimados para sistemas de reutilización de aguas grises

Rango de Precios (Dólares)	Descripción
400 \$ - 800 \$	Sistemas de baja tecnología que aprovechan la descarga únicamente de lavadoras. El límite inferior se aplica a instalación por el propio usuario, y al extremo opuesto a la instalación profesional.
1000 \$ - 1500 \$	Sistema que usan todas las posibles fuentes de aguas grises. Simple y de baja tecnología. Su costo total depende de la cantidad de fuentes conectadas.
2500 \$ - 5000 \$	Sistemas de aguas grises totalmente automáticas que están conectadas a todas las fuentes de aguas grises en una casa y posiblemente respaldados por sistemas de agua potable cuando las aguas grises no están disponibles. La única intervención del residente es apagarla durante períodos de fuertes lluvias.

Nota. Fuente: Adaptado del *Crook (2009)*.

En construcciones nuevas, un sistema de reutilización puede costar la mitad del costo para adaptar un sistema de una vivienda existente. Los costos para construir un sistema de aguas grises con sistema de tratamiento pueden costar 5000 \$ o más (Crook, 2009).

A nivel comercial, entre los sistemas diseñados específicamente para la descarga de inodoros, se encuentran el Profile Smart 305 de Caroma y Aquaserve 300 de Roth, que presentan un costo de 640 \$ y 9.325 €, respectivamente, como se muestra en el anexo G y H (Caroma, 2018; Roth 2015).

Los tratamientos de los sistemas de reutilización de agua gris son menos costosos y requieren de menos energía que los tratamientos estándar de agua residual, debido a su baja tasa de carga de sólidos, carga de DBO y niveles de microorganismos (Killion, 2011). Entre los sistemas, los simples han sido comercializados y promovidos por su uso sencillo y bajos costos operacionales. Sin embargo, un estudio en UK de dos sistemas individuales con una capital de 1544 \$/año y 65 \$/año y con un costo de mantenimiento y operación de 2101 \$/año y 63 \$/año, resultaron económicamente no sustentable al ser incapaz de cubrir los costos operacionales y de mantenimiento (Pidou et al, 2007).

Los costos de agua recuperada varían ampliamente, experiencias en California indican que se requieren 4 millones de dólares en costos de capital por cada millón de m^3 /año de agua recuperada para reúso. Suponiendo una vida útil de 20 años y una tasa de interés de 9%, el costo amortizado del agua recuperada es de aproximadamente 0,5 \$/ m^3 , excluyendo costos operacionales y de mantenimiento, lo cual es costoso para el riego agrícola, pero resulta ser aceptable en aplicaciones urbanas (Asano, 2001).

La rentabilidad o el atractivo, en términos de ganancias monetarias, de estos sistemas de reúso, están asociados a las tarifas del agua potable; razón por la cual en Venezuela esto puede ser una limitación importante para su implantación. De acuerdo a Transparencia Venezuela, el costo medio de la tarifa de agua potable venezolana es de 0,000036 dólares/ m^3 (Bausson, 2018).

En la Tabla 16, se compara los costos del agua recuperada y el agua potable en diferentes localidades, siendo esta última mayor, en casi todos los países mostrados.

Tabla 16

Comparación de los costos del agua recuperada y potable en diferentes localidades.

Localidad	Costo del agua recuperada	Costo del agua potable
Fukuoka, Japón	2,0 \$/m ³ (producción)	1,9 \$/m ³ (producción)
	3,0 \$/m ³ (precio al consumidor)	3,7 \$/m ³ (precio al consumidor)
Rouse Hill, Sydney,	0,2 AU\$/m ³ (inicial)	0,67 AU\$/m ³ (inicial)
Australia	1,29 AU\$/m ³ (2009)	1,61 AU\$/m ³ (2009)
Pimpama-Goomera,	1,34 AU\$/m ³	2,23 AU\$/m ³
Gold Coast, Australia		
México	1,5 a 5,0 \$/m ³	4,0 a 14,0 \$/m ³

Nota. AU\$ = Dólar australiano, \$ = dólar americano

Fuente: Basado en Escalante et al (2014), Lazarova & Asano (2013) y Asano (2011)

En una encuesta de la Universidad de Flinders, Australia, se determinó la voluntad de los encuestados de pagar por el uso de agua recuperada planteando dos escenarios: pagar el doble de la tarifa para obtener agua adicional de nuevos reservorios o pagar el mismo precio usando agua recuperada o agua pluvial. Los resultados demostraron que un 79,1% estaba dispuesto al uso de agua residual tratada o pluvial, un 11,5% prefería pagar el doble y 6,6% optó por ninguna de las dos opciones (Marks et al, 2006).

Otros costos, como la electricidad, dependerán del consumo eléctrico que pueda generar el sistema de reutilización y a su vez de las tarifas eléctricas que son aplicadas en la región, las cuales dependerán del sector (residencial, industrial o comercial) y del consumo mensual de la

zona. Venezuela es considerado uno de los países con las tarifas más bajas de Latinoamérica y del mundo, teniendo un costo promedio de tarifa de 3,1 centavos/kw*h según datos del Estado (Agencia Venezolana de Noticias, 2013). Sus bajas tarifas persisten desde el año 2002, donde la mayor tarifa residencial reportada fue de 8 centavos/kw*h aproximadamente, y tuvo una posterior reducción para el año 2007 con tarifas menores de 6 centavos/kw*h en zonas de alto consumo (Montenegro, Flores & Urdaneta, 2007).

Los sistemas de aguas grises tienen largos periodos de recuperación de la inversión, lo cual varía de acuerdo a la demanda de agua no potable y los cargos locales de agua. Este retorno de inversión puede ser más cortos en el futuro, a medida que los sistemas se vuelven menos costosos y aumentan los cargos por agua potable. En realidad, los periodos de recuperación pueden ser más largos que la vida operativa del dispositivo (UK Environment Agency, 2011).

Los incentivos gubernamentales y regionales es una de las claves para el éxito de los proyectos de reúso de agua (Lazarova & Asano, 2013), tal como demuestra en un proyecto en Australia, donde se investigó el uso de aguas grises para el riego urbano y sus beneficios en la reducción de los usos de agua doméstica con fines exteriores. Con este fin, cada participante recibió una amplia gama de productos de limpieza amigables para el jardín y reembolso de 1000\$ en la compra del sistema de reutilización de agua grises (UK Environment Agency, 2011).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptiva, la cual según Arias (2012) “... consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (p.24)

A su vez, de acuerdo al Manual de Trabajo de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador (2003), la investigación entra en la modalidad de Proyecto Factible que “consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p.13).

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es de tipo combinada, ya que, en primera instancia, es Experimental por la necesidad de someter a la muestra estudiada a experimentos para comprobar el objetivo planteado del trabajo. A su vez, es Documental, porque como lo presenta Arias (2012), se busca recuperar resultados obtenidos de otras investigaciones para el desarrollo de la investigación y aportar nuevos conocimientos sobre la temática.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Arias (2012) define la muestra como el: "...subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible" (p.83).

Para el análisis de percepción de los usuarios, la población estuvo integrada por los potenciales clientes del mercado nacional, es decir, una porción de la población representada por aquellos con la capacidad de adquisición y compra. Aunque se estudie una área específica, como el Área Metropolitana de Caracas, la población será Infinita por la integración de elementos desconocidos. En vista a esto, el muestreo fue No Probabilístico del tipo Intencional, porque la selección fue en base a los criterios del investigador, seleccionándose al mayor número de personas (tamaño de la muestra) que fueran mayores de edad y residentes del Área Metropolitana de Caracas.

En el caso de las muestras para las determinaciones analíticas que definen la calidad del agua, se realizaron completamente al azar y de acuerdo a las limitaciones del laboratorio de la UCAB (LABSAM) en pruebas bacteriológicas. Sin embargo, se buscó como mínimo tres (3) resultados en la determinación de la DBO, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y E. coli en los dos esquemas bajo los cuales se operó el prototipo. La prueba de E, Coli solo se realizó para el agua recuperada.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación, se aplicaron una serie de técnicas para la obtención de los datos e información, a través de diferentes instrumentos, que es definido por Arias (2012) como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p.68).

En primera instancia, se ejecutó un estudio y/o revisión bibliográfica para la exploración, selección, análisis y discusión de diferentes fuentes documentales, lo cual fue de vital importancia para todas las fases de la investigación, siendo usada para la comparación y validación de los resultados obtenidos.

En las fases de la investigación relacionadas con la obtención de datos e información de las características del prototipo y su funcionamiento hidráulico, se llevó a cabo a través de la observación, medición y/o documentación de las variables involucradas en el sistema de reutilización. A su vez, las fases relacionadas con el análisis de las muestras del agua gris cruda del lavamanos y el agua recuperada generada por el prototipo, fueron a través de las pruebas que se muestra en la Tabla 17, en donde se especifica la determinación analítica utiliza para cada parámetro en estudio, de acuerdo a los Métodos Estándar para Análisis de Agua y Agua Residual (1998).

Tabla 17

Parámetros y pruebas estandarizadas ejecutadas en el análisis de las muestras del agua gris cruda y el agua recuperada.

Parámetro	Prueba estandarizada
Color aparente	STANDARD 2010 B. Método de comparación visual
Turbiedad	STANDARD 2130 B. Método Nefelométrico
pH	STANDARD 4500-H ⁺ B. Método Electrométrico
Conductividad específica	STANDARD 2510 B. Método de Laboratorio – Instrumentos de conductividad autocontenidos
Cloro residual	STANDARD 4500-Cl G. Método Colorimétrico DPD
DBO	STANDARD 5210 B. Prueba de DBO de 5 días.
DQO	STANDARD 5220 D. Reflujo Cerrado, Método Colorimétrico
Coliformes totales	STANDARD 9221. Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples para
Coliformes fecales	miembros del Grupo Coliforme
E. coli	STANDARD 9215. Conteo de Placas Heterotróficas

Nota. Fuente: Elaboración propia

El análisis de percepción social fue realizado a través de la ejecución de una encuesta o cuestionario, con preguntas relevantes para la determinación o conclusión de la opinión pública con respecto al dispositivo, su propósito y disposición a su adquisición. El tipo de encuesta fue de preguntas cerradas, es decir, las opciones de respuesta han sido previamente delimitadas y se presentan las posibilidades al encuestado, quienes deben acotarse a estas (Hernández, Fernández & Baptista, 2010), pero es específicamente dicotómica, ya que solo se presentan dos opciones de respuesta, porque se buscaba precisión en la opinión de los encuestados.

3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, el procedimiento fue dividido en diferentes fases:

- Fase I: Recopilación de información documental relacionada con la investigación.
- Fase II: Instalación del prototipo AquaSalvis
- Fase III: Descripción del prototipo AquaSalvis
- Fase IV: Mediciones y análisis hidráulico
- Fase V: Caracterización del agua gris cruda y el agua recuperada
- Fase VI: Análisis de costos asociados del prototipo
- Fase VII: Análisis de la percepción de los usuarios

Cada una de las fases es descrita a continuación:

Fase I: Recopilación de información documental relacionada con la investigación.

Una vez delimitada los diferentes componentes que se relacionan e integran al objeto de estudio, se recopiló, consultó, estudió y organizó fuentes bibliografías físicas y digitales, tanto regionales como internacionales, para el desarrollo de un marco teórico que soporte y fundamente la investigación ejecutada. En base a la información recolectada, se ajustaron las fases de la investigación, previstas inicialmente, relacionadas con la descripción del

funcionamiento hidráulico del sistema, así como también la modalidad más adecuada para el tratamiento o acondicionamiento del agua gris.

Fase II: Instalación del prototipo AquaSalvis

El prototipo AquaSalvis fue suministrado por la empresa Grupo IID6 C.A. e instalado por el investigador en el cuarto de baño de su residencia ubicada en Bello Monte, Municipio Baruta, Distrito Capital, ocupado por un solo habitante, denominado “EL USUARIO” o “EL RESIDENTE”. Sin embargo, el baño también era usado por un “VISITANTE TEMPORAL”, que se alojaba en la vivienda por un cierto número de días. La selección del sitio fue basada bajo la premisa de una ubicación accesible para el investigador, que permitiera la realización de las mediciones y captación de muestras, así como la observación en todo momento del funcionamiento del prototipo.

El dispositivo o prototipo AquaSalvis fue conectado a la salida del sifón del lavamanos y la salida de la tubería de bombeo del agua recuperada al tanque del inodoro, manteniendo a su vez el suministro de agua potable de ambas piezas (inodoro y lavamanos); según lo previsto en el diseño original de este prototipo. Bajo este esquema, el agua consumida del lavamanos se transforma en agua gris clara e ingresa al prototipo como “EL AFLUENTE”, mientras que el inodoro recibe dos entradas del agua: el agua recuperada del dispositivo, es decir, “EL EFLUENTE”, y el suministro de agua potable de la edificación. Ambos tipos de agua ingresan al tanque hasta llenar la capacidad de agua prevista para la descarga del inodoro.

Fase III: Descripción del prototipo AquaSalvis

Aunque el dispositivo había sido diseñado y construido previamente por la empresa, se carecía de algunas especificaciones, por lo que se procedió a realizar la descripción del prototipo, la cual consistió en la determinación de sus capacidades y limitaciones, a través de la medición de sus dimensiones, la identificación de sus componentes y la observación preliminar de su funcionamiento. Las mediciones e identificación de sus componentes fueron usadas para la generación de planos de detalles; productos generados en este trabajo. A partir de las dimensiones del prototipo y de su bomba integrada, se determinó la capacidad de almacenamiento de agua a través de la Ecuación I. Además, se obtuvieron otros datos necesarios como el caudal de bombeo, el nivel mínimo de operación de la bomba y el tamaño de poros de las mallas de tamizado, haciendo uso de un microscopio digital electrónico 20x-800x.

$$Vmáx = \frac{A*L*H - A_B*L_B*H_B}{1000} \quad (I)$$

Siendo:

$V_{máx}$ = Capacidad de almacenamiento de agua del prototipo (litros)

A = Ancho interno del prototipo (cm)

L = Largo interno del prototipo (cm)

H = Altura interna del prototipo (cm)

A_B = Ancho de la bomba (cm)

L_B = Largo de la bomba (cm)

H_B = Altura de la bomba (cm)

A su vez, se describió el funcionamiento hidráulico del prototipo e instalación sanitaria considerando el sistema de bombeo, el tratamiento diseñado para la generación del agua recuperada, así como también los aspectos positivos y negativos de la instalación de este prototipo, según el criterio y experiencia de la instalación por parte del investigador.

Fase IV: Mediciones y análisis hidráulico

Durante el tiempo de operación del dispositivo (3 meses), se recolectó una base de datos relacionados con los volúmenes de agua manejados por el prototipo en función del sitio de estudio y la bibliografía recolectada. Además, esta fase se llevó de forma simultánea con la Fase V.

Fase IV-1: Consumo de agua de las piezas sanitarias en el sitio de estudio.

En primera instancia, se determinó las características de las piezas sanitarias, que incluían el caudal del lavamanos, tipo de inodoro y volumen de descarga del inodoro. Durante el tiempo de operación del sistema, se registraron todas las actividades que involucraban el uso del lavamanos y del inodoro, indicando en que intervalo de hora ocurrieron. Por lo tanto, se determinó el tiempo promedio de uso de lavamanos en cada actividad: lavado de dientes, lavado de cara, lavado de manos, limpieza después de afeitarse y limpieza general del lavamanos. En cuanto al inodoro, se registró el número de veces que era descargado en el día.

Posteriormente, se determinó el volumen de agua consumido por ambas piezas en cada día, por lo que, en el caso del lavamanos, se usó la ecuación II, teniendo conocimiento del tiempo promedio de las actividades y el caudal de la pieza sanitaria, mientras que, en el inodoro, se multiplicó la cantidad de descargas por el volumen de agua de descarga del inodoro como se muestra en la Ecuación III.

$$V_{lav} = \frac{\bar{T} * Q_{lav}}{np} \text{ (II)}$$

$$V_{ind} = \frac{n * V_{descarga}}{np} \text{ (III)}$$

Siendo:

V_{lav} = Consumo de agua del lavamanos (litros/persona/día),

$\bar{T}$ = Tiempo promedio de uso del lavamanos (segundos),

Q_{lav} = Caudal de agua del lavamanos (litros/segundo),

V_{ind} = Consumo de agua del inodoro (litros/persona/día),

n = Número de descargas del inodoro,

$V_{descarga}$ = Volumen de agua por descarga del inodoro (litros)

np = Número de personas en dicho día

Posteriormente, el consumo de agua del lavamanos fue dividido según la actividad para determinar el volumen generado por cada una y la distribución porcentual con respecto al consumo de agua de esta pieza sanitaria. Usando el registro de usos de las piezas por intervalo de hora, se determinó el patrón de consumo del lavamanos y el inodoro en el sitio de estudio, graficando los volúmenes de agua a lo largo del día.

Fase IV-2: Generación de agua gris y capacidad de ahorro del prototipo

Para determinar la capacidad de ahorro del prototipo, en primer lugar, se estableció el volumen de agua gris captado en el día en función del consumo de agua potable del lavamanos, es decir, se determinó la proporción de agua potable que se convierte en agua residual, lo cual se realizó al registrar y comparar los niveles de agua medidos en sitio, antes de cada descarga del inodoro, con los niveles teóricos determinados con la Ecuación IV. Para verificar que las mediciones correspondieran con los valores teóricos, se usó la ecuación V, la cual establece si la producción de agua gris fue igual o inferior al consumo de agua.

$$NA = \frac{\bar{T}^a * Q_{lav}}{10 * A_{superficial}} \text{ (IV)}$$

$$F = \frac{NA_E}{NA} \text{ (V)}$$

Siendo:

NA = Nivel teórico de agua dentro del prototipo (cm)

$\bar{T}^a$ = tiempo promedio de uso del lavamanos antes de cada descarga (segundos)

A_{superficial} = Área superficial del dispositivo (m²)

Q_{lav} = Caudal del lavamanos (litros/segundo)

F = Factor de producción de agua residual del lavamanos

NA_E = Nivel de agua medido en sitio (cm).

Al tratarse de un sistema dual, el prototipo posee un máximo nivel de agua que puede bombear antes de que el inodoro se llene con las dos fuentes de agua, denominado “Nivel Máximo de Bombeo”, lo cual fue determinado con la Ecuación VI. Si uno de los niveles teóricos del registro superaba el nivel de máximo bombeo, la diferencia entre dicho nivel y el de máximo bombeo se sumaban al siguiente nivel teórico.

$$V_B = \frac{V_{descarga} * Q_B}{Q_B + Q_{ind}} \text{ (VI)}$$

Siendo:

V_B = Máximo volumen bombeado por el prototipo en sistema dual (litros)

V_{descarga} = Volumen de descarga del inodoro (litros)

Q_{ind} = Caudal del inodoro (litros/segundo)

Q_B = Caudal de bombeo del prototipo (litros/segundo)

A continuación, se procedió a determinar el porcentaje de ahorro de agua generado en cada día durante el tiempo de operación. Haciendo uso de la Ecuación VII, se determinó el ahorro de agua generado en función del consumo de agua total en el inodoro. El ahorro calculado es representativo del día, por lo que se incluye el agua gris almacenada de un día anterior y se excluye el volumen de agua que será usada para el día posterior (consumo de agua del lavamanos después de la última descarga del inodoro del día). Si el factor de producción de agua residual del lavamanos resulta ser considerablemente menor a 1, significa que una fracción del agua consumida no se convierte en residual y por lo tanto el consumo deberá ser multiplicado por la relación anteriormente obtenida. Con todos los ahorros de cada día, se determinó el máximo y mínimo ahorro, al igual que su promedio en el sitio de estudio.

$$Ahorro = \frac{F*(V_{lav}+V_{ant}-V_{pos})}{V_{ind}} \text{ (VII)}$$

Siendo:

Ahorro = Porcentaje de ahorro con respecto al consumo total de agua en el inodoro (%)

F = Factor de producción de agua residual del lavamanos

V_{lav} = Consumo de agua del lavamanos (litros)

V_{ind} = Consumo de agua del inodoro (litros)

V_{ant} = Volumen de agua almacenado del día anterior (litros)

V_{pos} = Volumen de agua almacenado para el día posterior (litros)

Posteriormente, se determinó la variabilidad del ahorro bajo los casos presentados en el sitio de estudio: un solo usuario y dos usuarios (residente + visitante temporal), al separar los registros de consumo de acuerdo a cada caso y comparar el consumo de agua de las piezas y el ahorro en el sitio y por persona, usando la misma metodología del caso global.

Usando los volúmenes de consumo en inodoros y lavamanos de las referencias bibliográficas, se comparó teóricamente el porcentaje de ahorro, haciendo uso de una versión simplificada de la Ecuación VII, denominada Ecuación VIII. A su vez, se determinó la variabilidad del caso de estudio al cambiar las características de las piezas sanitarias, es decir, con inodoros de diferentes capacidades de descarga, diferentes caudales de lavamanos y ambos.

$$Ahorro = \frac{V_{lav}}{V_{ind}} * 100 \text{ (VIII)}$$

Siendo:

Ahorro = Porcentaje de ahorro con respecto al consumo total de agua en el inodoro (%)

V_{lav} = Consumo de agua del lavamanos (litros/persona/día)

V_{ind} = Consumo de agua del inodoro (litros/persona/día)

Para otras opciones de inodoros, se determinó el porcentaje al fijar el número de descargas obtenidas y el consumo de agua del lavamanos y calculando el consumo en el inodoro con la Ecuación III y el ahorro con la Ecuación VIII. Para otros caudales de lavamanos, se mantuvo el mismo consumo del inodoro y se determinó el consumo del lavamanos con la Ecuación II y el ahorro con la Ecuación VIII. Finalmente, variando con diferentes caudales de lavamanos y con el menor y mayor volumen de descarga del inodoro, se determinó el ahorro, es decir, se obtuvo el consumo del lavamanos con la Ecuación II, el consumo de inodoro con los valores límites usando la Ecuación III y el ahorro con la Ecuación VIII. Todo ello permitió obtener resultados de ahorro en diversos escenarios, no limitando el trabajo solamente a los datos reales obtenidos en este trabajo, pudiendo establecer un intervalo más amplio del ahorro generado por el prototipo.

Fase IV-3: Operaciones de llenado y vaciado del prototipo AquaSalvis

A partir del registro de niveles teóricos del prototipo, se procedió a ordenarlos de manera decreciente y se le asignó un orden de valores, colocando el nivel más alto de agua el orden de uno (1). Posteriormente, se determinó la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los niveles de agua, es decir, la probabilidad en que el valor es superado o igualado, a través de la ecuación IX, para ser posteriormente graficados. Entonces, se determinó la ocurrencia con la cual el dispositivo queda vacío, el nivel de agua más favorable (el 10%) y la ocurrencia con la cual llega al nivel máximo de almacenamiento y máximo bombeo. Además, confirmar si en los dos casos estudiados (uno o dos usuarios) alcanzó los niveles máximos mencionados.

$$p = \frac{m}{nd+1} * 100 \text{ (IX)}$$

Siendo:

p = probabilidad de ocurrencia (%)

m = orden de valor de la medida

nd = cantidad de datos disponibles

Además, se determinó el volumen de agua que podría ser bombeado para cada nivel de agua con la Ecuación X, en donde, se excluye no solamente el volumen ocupado por la bomba sino también el Nivel Mínimo de Operación. Después de graficar los resultados en una curva volumen vs nivel de agua, se analizó su veracidad teniendo en cuenta el funcionamiento como sistema dual.

$$V = \frac{A*L*H - A_B*L_B*(H_B - NMOp) - NMOp*A*L}{1000} (X)$$

Siendo:

V = volumen de agua del dispositivo (litros)

A = Ancho interno del prototipo (cm)

L = Largo interno del prototipo (cm)

H = Altura interna del prototipo (cm)

A_B = Ancho de la bomba (cm)

L_B = Largo de la bomba (cm)

H_B = Altura de la bomba (cm)

NMOp = Nivel Mínimo de Operación (cm)

Fase IV-4: Verificación de la capacidad de almacenamiento y de ahorro del prototipo

Con base en los resultados obtenidos de las sub-fases de las mediciones hidráulicas, el investigador seleccionó el criterio para determinar la capacidad de almacenamiento de agua, necesario para garantizar el mayor aprovechamiento del agua gris captada para su reutilización y que se adapte a los diferentes consumos de agua en el lavamanos, siendo comparado con su capacidad actual. Además, se determinó el rango de ahorro promedio de agua basado en los casos más usuales o “estándares”, con el fin de determinar si se encontraba en el intervalo de ahorro que se buscaba cuando fue diseñado.

Fase V: Caracterización del agua gris cruda y el agua recuperada

Esta fase se realizó durante el tiempo de operación del prototipo, es decir, en simultaneidad con la Fase IV, en donde se probaron los diferentes esquemas de tratamiento o acondicionamiento del agua gris clara, con el fin de generar la mejor propuesta en base a las necesidades, propósito y diseño del sistema. Para lo cual, se tomaron muestras de agua a la salida

de la tubería de bombeo y se realizaron las pruebas señaladas en la Tabla 17, las cuales son recomendadas por la bibliografía y por el criterio del investigador, para determinar la calidad del agua para el destino propuesto.

A excepción de las pruebas de cloro residual y las pruebas microbiológicas, los ensayos fueron realizados en la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA) de la Universidad Central de Venezuela (UCV). El Cloro Residual fue medido en el sitio por el usuario (previas indicaciones por los técnicos del laboratorio) y las Pruebas Microbiológicas se ejecutaron en el Laboratorio Sanitario Ambiental (LABSAM) de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB). Todos los análisis y ensayos fueron realizados atendiendo a las metodologías estándar para análisis de calidad del agua. En la Tabla 18, se presenta la cantidad de pruebas ejecutadas para cada parámetro analizado.

Tabla 18

Número de muestras por pruebas de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua gris y del agua recuperada.

Parámetro	Etapa		
	Exploratoria	Sin tratamiento	Con tratamiento
Color aparente	-	3	-
Turbiedad	-	14	9
pH	-	14	9
Conductividad específica	-	14	9
Cloro residual	2	6	9
DBO	-	3	3
DQO	-	2	2
Coliformes totales	-	3	3
Coliformes fecales	-	3	3
E. coli	-	-	3

Nota. Fuente = Elaboración propia

Fase V-1: Evaluación exploratoria del prototipo AquaSalvis

Preliminarmente, el prototipo AquaSalvis operó según el sistema de tratamiento concebido por sus diseñadores, “LA EMPRESA”, es decir, con un tratamiento simple (filtración de malla gruesa o tamizado y desinfección con hipoclorito de calcio), con el compartimiento de cloro llenado hasta su máxima capacidad. Bajo este esquema, se determinó la concentración de cloro y se comparó con los rangos de la bibliografía. De acuerdo a este resultado, se concluiría si el tratamiento bajo esta condición era adecuado y requería el análisis completo de los parámetros relacionados al control de calidad del agua recuperada.

Fase V-2: Evaluación del sistema AquaSalvis sin tratamiento

En esta fase, el prototipo AquaSalvis operó sin el sistema de tratamiento concebido, por lo que el agua recuperada del sistema en realidad era el agua gris cruda del lavamanos; esto se hizo para facilitar la captación de la muestra y su posterior caracterización. Además, se exploró la posibilidad de funcionar sin tratamiento. Las muestras de agua captadas fueron sometidas a las pruebas indicadas y sus resultados fueron comparados, no solo con otras investigaciones, sino también con los parámetros o límites de normas de otros países. Teniendo en cuenta que es el agua gris cruda del lavamanos, la caracterización de esta fase sería también la del afluente de la Fase V-1 y V-3.

Fase V-3: Evaluación del sistema AquaSalvis con tratamiento

Posteriormente, el prototipo AquaSalvis operó con el sistema de tratamiento simple, para el cual fue diseñado, definiendo previamente una dosificación de cloro que generara un agua recuperada con una concentración residual que no excediera los 2 mg/l, establecido como

máximo en algunas de las normativas revisadas. Debido a esto, se incorporaron diferentes cantidades de cloro y se determinó su concentración. Una vez determinado la cantidad de cloro adecuada a disponer en el prototipo, se determinó su tasa de consumo con la ecuación XI y la dosificación unitaria con la ecuación XII. Posteriormente, se procedió a la caracterización del agua recuperada de igual forma que en la Fase V – 2.

$$TC = \frac{\Delta Cl}{np * \Delta d} \text{ (XI)}$$

$$D_{cl} = \frac{\text{Cantidad Cl}}{Q_{lav}} \text{ (XII)}$$

Siendo:

TC = Tasa de consumo del cloro (mg/L/persona/día)

ΔCl = Variación de concentración del cloro (mg/L)

np = Número de personas

Δd = Número de días transcurridos entre cada lectura (días)

D_{cl} = Dosificación de cloro (gramos/litros de agua gris del lavamanos)

Cantidad Cl = Cantidad necesaria para la desinfección en el sitio de estudio (gramos/persona/día)

Q_{lav} = Consumo promedio de agua en el lavamanos (litros/persona/día)

Además, se exploró la remoción de turbiedad, sí se usa otra malla diferente a la actual. Para ello, en el laboratorio se determinó la turbiedad del agua filtrada, usando filtros de diferentes tamaños de poro. Producto de esto, en esta fase se obtuvieron valores de turbiedad del agua filtrada con apertura de poros de 5 micras. A partir de esta modificación en el programa de caracterización de la muestra de agua recuperada, se puede obtener el tamaño de poros necesario para el cumplimiento de los requerimientos de su calidad . De igual forma que la fase anterior, los resultados fueron comparados, no solo con otras investigaciones, sino también con los parámetros o límites de normas en otros países.

Fase VI: Análisis de costos asociados del prototipo

El análisis de costos fue realizado determinando los diferentes gastos, así como también los beneficios económicos con el uso del prototipo, todo ello basados en dólares. El único ingreso considerado por el sistema es el ahorro de agua, mientras que los gastos generados son los asociados al dispositivo, su instalación y operación (consumibles). Otros gastos como costos por vida útil (repuestos y reposición del prototipo), no fue considerado, porque, como prototipo, las piezas fueron diseñadas originalmente para otro propósito.

En primera instancia, se determinó el costo de fabricación del dispositivo, para lo cual se obtuvo el costo de cada una de sus piezas. Mientras que la instalación, fue establecido como un porcentaje del costo del dispositivo, que incluía no solo el trabajo de plomería, sino también imprevistos, según la información recolectada por el investigador de técnicos en el área. La suma del costo de fabricación e instalación corresponden a la inversión inicial del usuario para poner en marcha el dispositivo.

Los costos o gastos por operación o consumibles corresponden al cloro y a la electricidad, necesarios para el funcionamiento del sistema. En el caso del gasto por cloro, se determinó con la Ecuación XIII, para lo cual se estableció el costo del material (según su precio en el mercado) y la dosificación de cloro requerida. Con respecto a la electricidad, se calculó el tiempo de encendido de la bomba con la Ecuación XIV y conociendo las especificaciones técnicas de la misma, se determinó su consumo eléctrico con la Ecuación XV. Posteriormente, se obtuvo el costo eléctrico según las tarifas de la bibliografía con la Ecuación XVI, para posteriormente establecer la tarifa fija a emplear en el cálculo de los periodos de retorno.

$$Gasto_{Cl} = P_{cl} * \frac{D_{cl}}{1000} * Q_{lav} * 365 \text{ (XIII)}$$

$$T_b = \frac{\overline{V_{ind}} * Ahorro}{Q_b * 100} \text{ (XIV)}$$

$$C_e = \frac{T_b * P_b}{1000} \text{ (XV)}$$

$$Gasto_{luz} = \frac{P_{luz}}{100} * C_e * 365 \text{ (XVI)}$$

Siendo:

$Gasto_{Cl}$ = Gasto por consumo de cloro (\$/persona*año)

P_{cl} = Precio del cloro en el mercado (\$/kg)

D_{cl} = Dosificación de cloro (gramos/litros de agua gris del lavamanos)

Q_{lav} = Consumo promedio de agua del lavamanos (litros/persona/día)

T_b = Tiempo de encendido de la bomba (hora)

$\overline{V_{ind}}$ = Consumo promedio de agua del inodoro (litros)

Ahorro = Porcentaje de ahorro con respecto al consumo total de agua en el inodoro (%)

Q_b = Caudal de la bomba (litros/hora)

C_e = Consumo eléctrico (Kw*h/día*persona)

P_b = Potencia eléctrica de la bomba (w)

$Gasto_{luz}$ = Gasto por consumo eléctrico (\$/persona*año)

P_{luz} = Tarifa eléctrica (c\$/kw*h)

Finalmente, se determinó el periodo de retorno por la adquisición del dispositivo, es decir, el tiempo que tarda el usuario en recuperar su inversión después de comprar e instalar el dispositivo, lo cual se hizo a través de un balance de costos e ingresos en diferentes años, hasta lograr que el flujo de inversión sea positivo. Para lo cual, se determinó la ganancia por ahorro de agua con la ecuación XVII según la tarifa de agua establecida y los gastos según el caso. No solamente se determinó el periodo de retorno del caso de estudio, sino también se determinó variando el número de personas y tarifas de agua y usando los casos más favorables y desfavorables de ahorro de la Fase IV-2. A partir de estos resultados, se determinaron cuáles son las circunstancias que garantizan un periodo de retorno de la inversión más corto.

$$Ingreso = P_a * \frac{\overline{Vind} * Ahorro}{100000} * 365 \text{ (XVII)}$$

Siendo:

Ingreso = Ingreso por ahorro de agua (\$/persona*año)

Pa = Tarifa de agua (\$/m3)

$\overline{Vind}$ = Consumo promedio de agua del inodoro (litros/persona/día)

Ahorro = Porcentaje de ahorro con respecto al consumo total de agua en el inodoro (%)

Fase VII: Análisis de la percepción de los usuarios

Finalmente, con base en la bibliografía recolectada y el propósito del dispositivo, se diseñó una encuesta, como fue previamente descrita, y validada por un grupo piloto (para verificar la redacción y comprensión de cada una de las preguntas), con el propósito de conocer la opinión de potenciales usuarios en términos de aceptación y adquisición del prototipo. La encuesta fue distribuida al mayor número de personas posibles durante un periodo de dos semanas y los resultados de la muestra captada fueron analizados grupal e individualmente, con respecto a las características de los participantes como sexo y edad, con el objeto de detectar particularidades.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

4.1. INFORMACIÓN GENERAL

El prototipo AquaSalvis es un sistema unifamiliar de reutilización de aguas grises del lavamanos, desarrollado en noviembre del 2017 por la empresa Grupo IID6 C.A., rif. J-40928006-3, con la capacidad de captar, acondicionar y bombear agua recuperada al tanque de los inodoros o pocetas. Su objetivo es desarrollar una medida de ahorro en el consumo de agua de los inodoros en instalaciones sanitarias de residencias, industrias y zonas de alta demanda como posadas y hoteles, que sea de fácil mantenimiento y operación para el usuario final (Grupo IID6, 2017). En la Figura 4, se presenta una imagen del prototipo.



Figura 4. Prototipo AquaSalvis

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO

El prototipo AquaSalvis consiste en un tanque de almacenamiento de corta retención (menor a 24 horas), que tiene integrado una bomba, con su respectiva conexión eléctrica y tubería de bombeo, que se activa por medio de un sensor instalado en el tanque del inodoro. Además, el prototipo posee una tubería de desborde o rebose que conduce el exceso de agua gris a la red cloacal, si se supera la capacidad de almacenamiento. A su vez, el prototipo posee una estructura o armazón de forma trapezoidal, denominada “Estructura de Tratamiento”, el cual consta de un compartimiento para el cloro para la desinfección y dos mallas para el proceso de tamizado. En la Figura 5, se muestran las partes y características principales del prototipo.

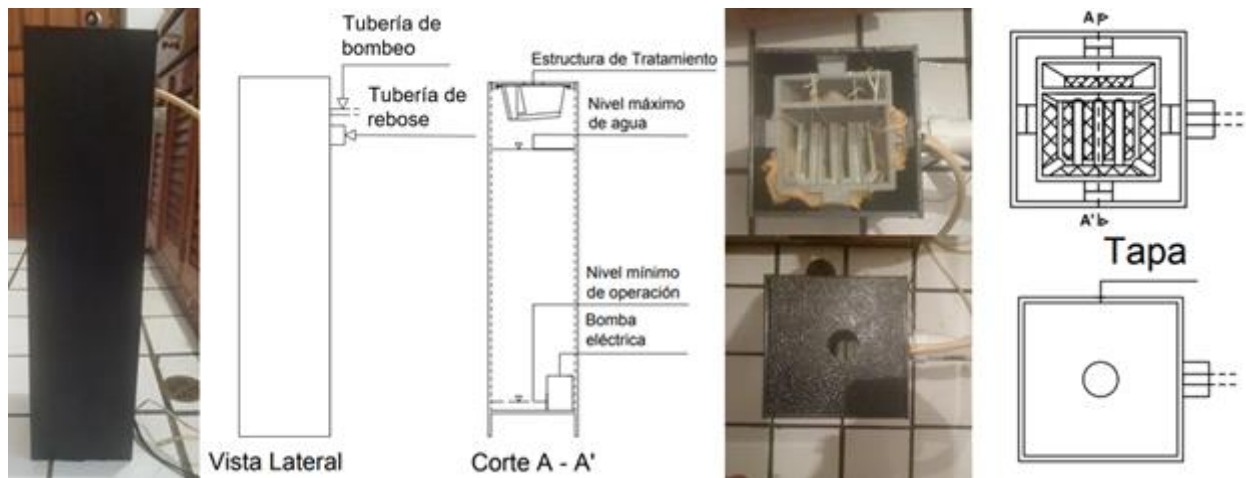


Figura 5. Partes del prototipo AquaSalvis

Nota. El detallado de sus medidas y dimensiones se encuentran en el Anexo I.

En la Figura 6, se presenta la Estructura de Tratamiento sin la malla principal (malla del tamizado #1), la estructura posicionada en el prototipo con su malla principal y las partes principales de la pieza, que incluye 3 canaletas que conducen parte del agua al compartimiento

del cloro. De esta manera, una fracción del agua entra en contacto inmediato con el cloro y la otra pasa a través de Malla del Tamizado #1.



Figura 6. Estructura de Tratamiento del prototipo AquaSalvis

Nota. El detallado de sus medidas y dimensiones se encuentran en el Anexo J.

Tamizado #1 = Retención de sólidos mayores a 521 micras, Tamizado #2 = Retención de sólidos mayores a 1 mm.

En la Tabla 19, se presentan las características principales del dispositivo.

Tabla 19

Características principales del tanque de almacenamiento del prototipo AQUASALVIS

Característica	Unidad	Valor
Ancho externo	cm	15,6
Largo externo	cm	15,6
Altura externa	cm	61,4
Ancho interno	cm	14,6
Largo interno	cm	14,6
Altura interna	cm	56,9
Altura máxima de agua	cm	45,3
Nivel Mínimo de Operación	cm	1,5
Capacidad de almacenamiento de agua	Litros	9,5

Nota. Fuente = Elaboración propia

En la Tabla 20, se describe las características principales de la bomba y la estructura de tratamiento del prototipo

Tabla 20

Características principales de la bomba y la Estructura de Tratamiento del prototipo AQUASALVIS

Bomba eléctrica		
Espacio ocupado por la bomba	Litros	0,2
Caudal teórico	Litros/hora	80
Caudal medido en sitio	Litros/hora	86,4
Diámetro del tubo de bombeo	Pulgadas	1/8
Voltaje	Voltios	110-120
Potencia eléctrica	Watts	9
Estructura de tratamiento		
Capacidad del compartimiento de cloro	gramos	98
Pendiente de fondo	%	8,6

Nota. Fuente = Elaboración propia

4.3. SISTEMA HIDRÁULICO E INSTALACIÓN SANITARIA

Mientras el inodoro y el lavamanos permanecen conectado a la red de agua potable de la respectiva edificación, la tubería de desagüe del lavamanos es conectada al prototipo AquaSalvis (manteniendo el sifón) y la tubería de desborde o rebose del dispositivo es conectada a la red cloacal del sitio. En lugar de conducir el agua gris del lavamanos al sistema de aguas residuales, el agua gris es llevada al prototipo, almacenada dentro del mismo y bombeada al tanque del inodoro, donde el agua potable y el agua recuperada del dispositivo se mezclan para descargar las excretas y orina generada por los usuarios de la pieza sanitaria, creando un sistema dual. En la Figura 7, se presenta la instalación y un esquema en el sitio de estudio.

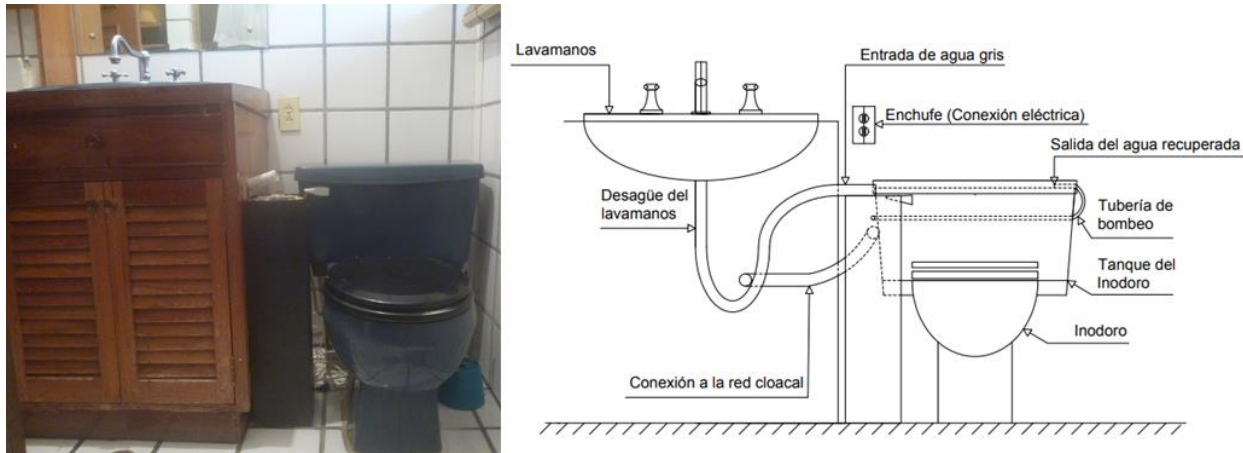


Figura 7. Instalación del prototipo AquaSalvis en el cuarto de baño del sitio de estudio.

Nota. Dimensiones y medidas descritas en el Anexo K.

El suministro de agua recuperada al inodoro, es a través de una bomba sumergida eléctrica que capta el agua desde el fondo del dispositivo y se activa al completarse el circuito eléctrico generado por el sensor ubicado en el tanque del inodoro. Originalmente, el prototipo estaba destinado a bombear agua solamente cuando descendía el nivel de agua del inodoro y existía suficiente agua en el prototipo, lo cual iba a ser posible con un flotante sumergido. Sin embargo, el flotante sumergido no llegó a operar, por lo que la bomba se activa cada vez que el inodoro necesita, exista agua almacenada o no, y se apaga únicamente cuando el tanque del inodoro está lleno. A pesar de esto, el flotante se incluyó como una pieza importante en el análisis de costos, que será presentando en los resultados. En la Figura 8, se presenta el sistema de bombeo del prototipo.

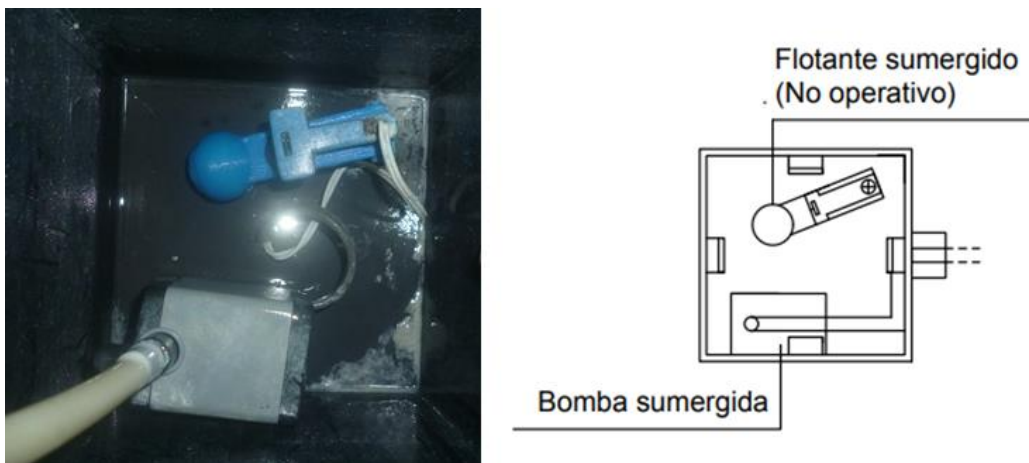


Figura 8. Sistema de bombeo del prototipo AquaSalvis.

Nota. Dimensiones y medidas descritas en el Anexo I.

El sensor consta de dos cables conectado a la bomba y de su propio flotante, como se muestra en la Figura 9, en donde los cables se mantienen separados cuando el nivel de agua del tanque está en su condición normal, ya que el agua empuja el flotante y evita la unión de los mismos. Cuando descende el nivel de agua, el flotante baja y los cables se juntan, provocando el bombeo de agua recuperada a su destino, el cual se detiene al estar en su condición inicial.



Figura 9. Sensor de nivel e instalación en el tanque del inodoro

Nota. Dimensiones y medidas descritas en el Anexo L.

4.4. TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

El sistema de tratamiento del prototipo es del tipo “simple”, por lo que el agua gris del lavamanos (afluente) es sometida a un proceso de tamizado o filtración de malla gruesa y desinfección con hipoclorito de calcio. Todo el proceso ocurre en la Estructura de Tratamiento ubicado en la entrada del prototipo, donde una fracción del agua atraviesa la malla del Tamizado #1, reteniendo los sólidos mayores de 521 micras (ver Figura 10), mientras que la otra ingresa al compartimiento de cloro para posteriormente pasar por la malla del Tamizado #2, reteniendo los sólidos mayores de 1 mm. Ambas fracciones de agua se combinan y almacenan por menos de 24 horas dentro del dispositivo, hasta que se bombea al tanque del inodoro al descender el nivel de agua.

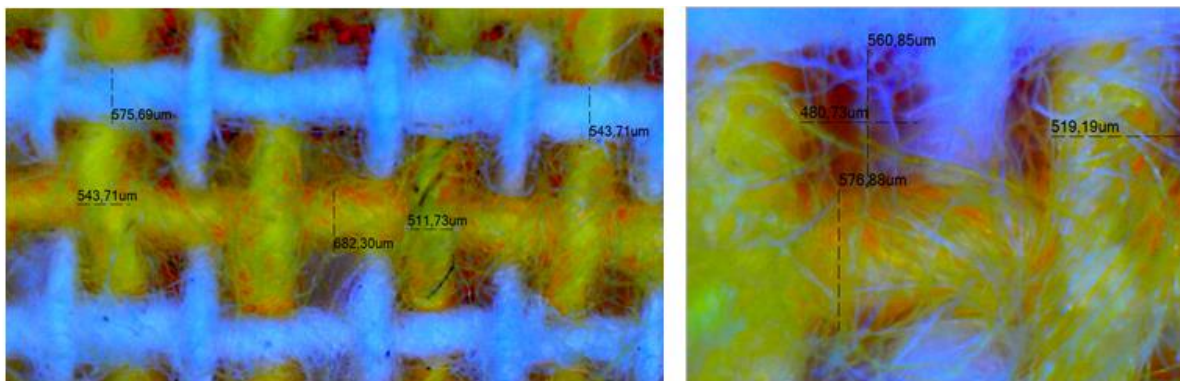


Figura 10. Imágenes en microscopio de la Malla del Tamizado #1

Nota. Imágenes tomadas por un microscopio digital electrónico 20x-800x.

En la Figura 11, se presenta un esquema del tratamiento y sistema dual de alimentación de agua creado por el prototipo.

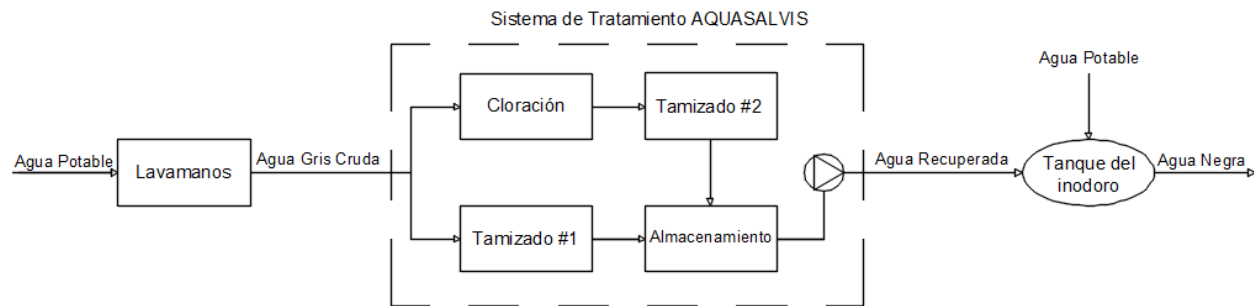


Figura 11. Esquema de tratamiento y sistema dual del prototipo AQUASALVIS.

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tamizado #1 = Retención de sólidos mayores a 521 micras, Tamizado #2 = Retención de sólidos mayores a 1 mm.

El sistema creado por el prototipo es prácticamente automatizado en su totalidad, ya que la única intervención humana es la incorporación del agente desinfectante (sin contar las posibles labores de mantenimiento), que debe ser agregado cada cierto tiempo. En caso de fallas en el proceso de desinfección, el sifón a la entrada del dispositivo impedirá que los posibles malos olores que se creen como consecuencia de la ausencia de cloro, escapen al exterior, tal como se presentará posteriormente, situación que ocurrió durante la operación del prototipo en la modalidad sin cloración.

4.5. LIMITACIONES DEL PROTOTIPO

La disposición de las piezas sanitarias, la existencia de muebles y las dimensiones de los cuartos de baño, puede dificultar o imposibilitar las conexiones necesarias para el funcionamiento correcto del prototipo. Además, requiere conectarse a la red eléctrica para el bombeo del agua recuperada, por lo que se debe conectar al punto eléctrico más cercano o tomar previsiones que garanticen el suministro de energía. En la Figura 7, donde se presentó el prototipo instalado, se puede observar claramente lo dicho anteriormente.

En vista de lo presentado hasta el momento, otra de las limitaciones que podría tener este prototipo, es con los requerimientos de la calidad del agua recuperada, la cual estará sujeta a las actividades de los usuarios del lavamanos, que podría generar un agua gris cruda imposible de acondicionar a los requerimientos normativos, por las limitaciones del tratamiento (tamizado y desinfección). Este aspecto será mejor presentado en los resultados, donde el prototipo operó por un tiempo prologando y, en el cual, se caracterizó el agua gris del lavamanos y recuperada generada por el prototipo.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, organizados atendiendo a los objetivos planteados. En la primera parte, aquellos que verifican el funcionamiento y operación del prototipo, luego se presentan los costos asociados y finalmente la percepción de los posibles usuarios expresada a través de la encuesta aplicada.

5.1. CONSUMO DE AGUA DEL LAVAMANOS E INODORO DEL SITIO DE ESTUDIO

Para la caracterización hidráulica del dispositivo, se determinaron las propiedades y capacidades de las piezas sanitarias involucradas, los cuales servirían de datos iniciales para la investigación, siendo descritos en la Tabla 21.

Tabla 21

Información básica del inodoro y lavamanos del sitio de estudio

Pieza Sanitaria	Parámetro o característica	Dato o Valor
Inodoro	Tipo de inodoro	Inodoro de tanque de descarga completa
	Volumen del tanque	15,0 litros/uso
	Caudal de llenado	4,02 litros/minuto
Lavamanos	Caudal	4,3 litros/minuto
	Abertura de la llave o grifo	100 % todo el tiempo

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con base en los datos iniciales y al registro de actividades del Anexo P, se determinó el consumo de agua del inodoro y del lavamanos en el sitio de estudio, cuyo resumen se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22*Consumo de agua del lavamanos e inodoro del sitio de estudio*

Pieza Sanitaria	Característica	Valor
Inodoro	Número de descargas promedio	4 usos/persona/día
	Consumo promedio de agua	57,2 litros/persona/día
	Consumo de agua máximo	105,0 litros/persona/día
	Consumo de agua mínimo	15,0 litros/persona/día
Lavamanos	Consumo promedio de agua	3,8 litros/persona/día
	Consumo de agua máximo	13,03 litros/persona/día
	Consumo de agua mínimo	0,6 litros/persona/día

Nota. Fuente: Elaboración propia

Al comparar los volúmenes generados en el sitio de estudio con la información de la bibliografía, específicamente de la Tabla 3, se pudo observar que el consumo de agua del lavamanos resultó estar en el límite inferior a los valores reportados, los cuales ubican los volúmenes entre 4 – 33 litros/persona/día. Mientras que, en el inodoro, el consumo de agua se encuentra en el intervalo de valores, es decir, entre 30,5 – 75 litros/persona/día. Al igual que la bibliografía, el consumo del lavamanos siempre es menor al del inodoro.

Cabe destacar que el consumo de agua del lavamanos fue resultado de la práctica de uso racional del agua del usuario o residente del sitio de estudio, es decir, cierra la llave del lavamanos cuando no requiere agua en la actividad que está realizando.

A su vez, el consumo de lavamanos se dividió de acuerdo a las actividades desarrolladas, como se muestra en el Anexo Q. En la Tabla 23, se señala los consumos promedio y distribución porcentual de cada una de las actividades.

Tabla 23

Consumo de agua del lavamanos por actividad del sitio de estudio

Actividad	Consumo promedio (litros/persona/día)	Distribución porcentual
Lavado de dientes	2,1	55,9
Lavado de manos	1,04	27,6
Lavado de cara	0,5	12,4
Limpieza después de afeitarse	0,01	0,2
Limpieza del lavamanos	0,2	3,9
Total	3,8	100

Nota. Fuente: Elaboración propia

En el sitio de estudio, el lavado de dientes y manos fueron las actividades que generaron un mayor consumo de agua (85% aproximadamente), siendo las actividades más predominantes, mientras que la limpieza después de afeitase resultó ser prácticamente nula.

Basándose en la información del Anexo U, se graficó el consumo de agua del lavamanos a lo largo del día, como se muestra en la Figura 12.

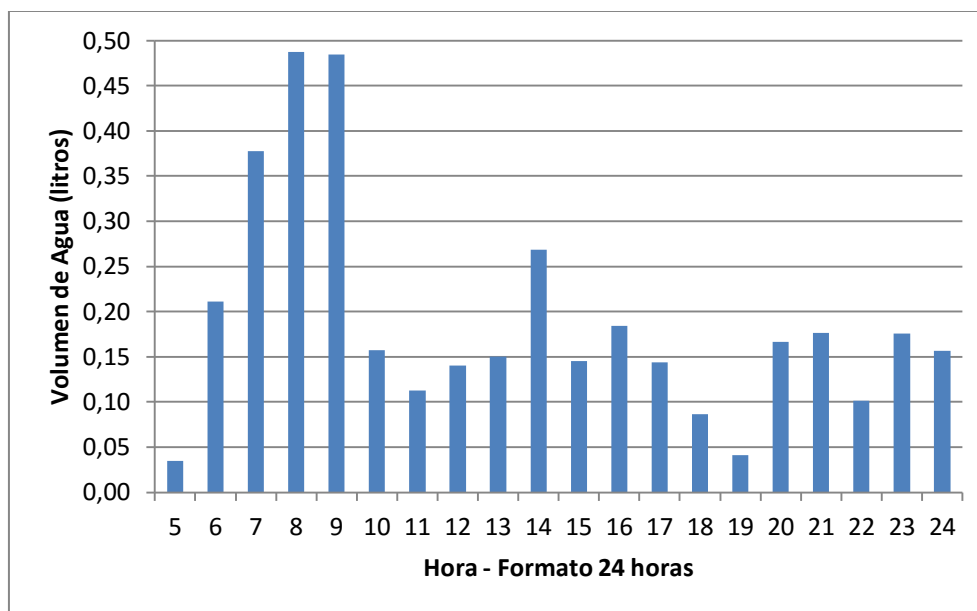


Figura 12. Consumo de agua del lavamanos del sitio de estudio durante el día.

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 12, el mayor consumo en el sitio de estudio fue a las 8 (8:00 AM) con un volumen de 0,5 litros, seguido de un incremento repentino de consumo a las 14 horas (2:00 PM) de 0,3 litros, y finalmente dos picos en la noche a las 21 (9:00 PM) y 23 horas (11:00 PM) de 0,2 litros. A su vez, se puede observar un incremento y descenso notable de sus volúmenes, específicamente, en los rangos de 5 (5:00 AM) a 10 horas (10:00 AM), mientras que en otros rangos de horas los incrementos y descenso son en rangos de horas más cortos y hasta esporádicos. Además, existe una tendencia a disminuir el uso de agua a medida que avanza el día.

Al igual que el lavamanos, el uso del inodoro era llevado a cabo a lo largo del día, tal como se demuestra en el Anexo V, y cuyo patrón de uso se muestra en la Figura 13.

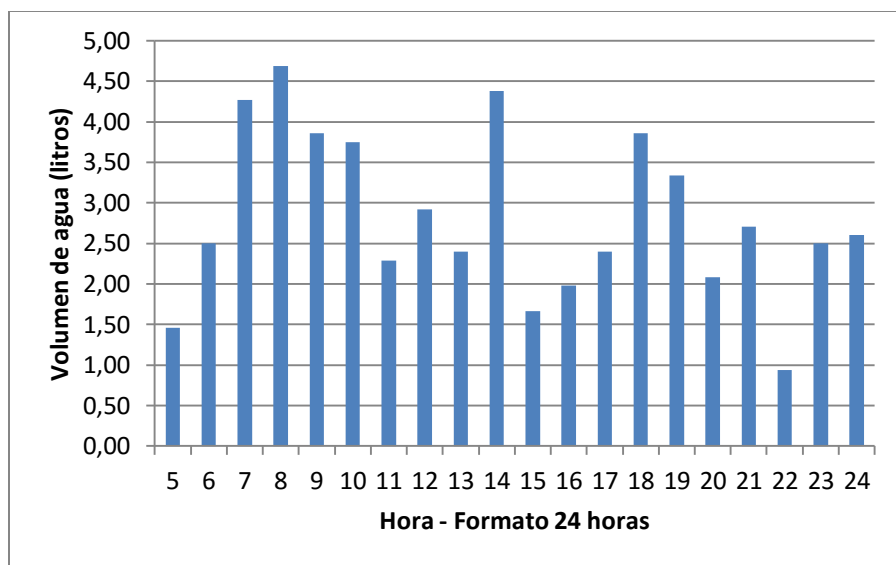


Figura 13. Consumo de agua del inodoro del sitio de estudio durante el día.

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Figura 13, el mayor pico de consumo fue también a las 8 horas (8:00 AM) de 4,7 litros, seguido de un pico a las 14 (2:00 PM) de 4,4 litros y otro a las 18 (6:00 PM) de 3,9 litros. Al compararla con el consumo de agua del lavamanos durante el día, ambos poseen la misma tendencia de uso, es decir, cuando ocurre un aumento o disminución del consumo del lavamanos también sucede de igual forma en el inodoro, a excepción del rango entre las 16 (4:00 PM) y las 19 (7:00 PM), lo cual se debe a que el uso de las piezas son en conjunto. También, el consumo de ambas piezas disminuye a medida que avanza el día, pero, en el inodoro, no de igual forma que en el caso del lavamanos.

5.2. CAPACIDAD DE AHORRO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS

Con base en las mediciones de los niveles de agua del dispositivo, como se muestran en el Anexo T, se demostró que el consumo de agua potable del lavamanos equivale a la producción de agua gris, ya que el factor de producción de agua residual fue de 0,98. Debido a esto, el factor o relación fue redondeado a 1, por tener una diferencia poco significativa. Además, se determinó que el máximo volumen bombeado como sistema dual es de 3,96 litros, aproximadamente 4 litros.

Posteriormente, se determinó la capacidad de ahorro del prototipo AquaSalvis en función del volumen de agua consumido por un inodoro de 15 litros/uso en el sitio de estudio, como se muestra en la Anexo P. En la Tabla 24, se resumen la capacidad de ahorro promedio, máximo y mínimo del prototipo.

Tabla 24

Capacidad de ahorro del prototipo AquaSalvis en el sitio de estudio

Ahorro	Valor (%)
Promedio	6,9
Máximo	22,3
Mínimo	0,0

Nota. Fuente: Elaboración propia

El máximo ahorro de 22% aproximadamente, aconteció cuando hubo dos usuarios en el sitio de estudio, mientras que el caso opuesto ocurrió con un solo usuario y cuando el agua gris del lavamanos fue empleada en el día posterior. Sin embargo, el segundo ahorro más bajo fue de 2%.

Este comportamiento indica la variabilidad del ahorro, que dependerá de múltiples factores (uso del agua, tipo de piezas sanitarias y número de personas). Al comparar el resultado con el ahorro máximo del 10% en un inodoro de 6 litros/uso, que se obtuvo en la evaluación preliminar de AquaSalvis (como fue mencionado en la Justificación de la Investigación), se confirma que el ahorro dependerá de múltiples factores.

Debido a esto, en primera instancia, se analizó individualmente los casos presentados (un solo usuario y un usuario con visitante temporal) del sitio de estudio, para determinar la variación del ahorro con respecto al número de personas. En la Tabla 25, se presenta los resultados de los casos del sitio de estudio.

Tabla 25

Comparación del consumo de agua y porcentaje de ahorro en el caso de un solo usuario y dos usuarios

Caso	Un solo usuario	Residente + Visitante temporal
Consumo de agua promedio en el inodoro (litros/persona/día)	59,0	49,0
Consumo de agua promedio en el lavamanos (litros/persona/día)	3,3	6,01
Ahorro en el sitio (%)	5,6 (0,0 – 17,0)	12,6 (5,8 – 22,3)
Ahorro por persona (%)	5,6	6,3

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, los consumos de agua de las piezas sanitarias son diferentes, ya que los dos usuarios no presentan los mismos hábitos de consumo. A pesar de esto, el ahorro por persona en cada caso es aproximadamente el mismo, aunque la cantidad de registro para ambos casos no fue la misma (ver Anexo R y S). Evidentemente, al existir varios usuarios usando el prototipo, el ahorro generado en el cuarto de baño (ahorro en el sitio) será superior con un mayor número de persona.

Posteriormente, usando las referencias bibliográficas, se calculó teóricamente la capacidad de ahorro del dispositivo, con otros consumos de agua en las piezas, como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26

Capacidad teórica de ahorro del prototipo AquaSalvis según la bibliografía

	Ilemobade et al (2012)		NSW Department of Water & Energy (2008)		Blanco et al (2010)	Castro (2015)	
	UK (1998)	Países Bajos (1999)	USA (1974)	NSW, Australia (2008)	Venezuela (2010)	España (2015)	Promedio
Consumo de lavamanos (litros/persona/día)	25,5	5,4	8,0	4,0	33,0	10,0	14,3
Consumo de Inodoro (litros/persona/día)	61,2	30,5	75,0	41,0	55,0	60,0	53,8
Ahorro (%)	41,7	17,7	10,7	9,8	60,0	16,7	26,6

Nota. Fuente: Elaboración propia

Al compararlo con el ahorro teórico que podría obtenerse con base en los consumos de agua reportado por otras referencias, el generado por el prototipo, en el sitio de estudio, es inferior, menor al 9,8%. Como el consumo del inodoro es mayor al del lavamanos, mientras más alto sea el consumo del lavamanos se generará un mayor ahorro.

Posteriormente, se determinó el ahorro teórico del caso del sitio de estudio usando como referencia las capacidades de descargas de otros inodoros disponibles comerciales, tal como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Capacidad teórica de ahorro del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio usando inodoros de diferentes capacidades de descarga.

	Capacidad de descarga del inodoro (litros/descarga)					
	3,5	6	10	12	16	20
Consumo de agua en el inodoro (litros)	14,0	24,0	40,0	48,0	64,0	80,0
Ahorro (%)	26,8	15,6	9,4	7,8	5,9	4,7

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el mismo consumo de agua en el lavamanos del sitio de estudio, que se ha considerado como el mínimo, con prácticas de ahorro de agua, el porcentaje de ahorro aumenta con inodoros con menor capacidad de descarga de agua. El porcentaje de ahorro de agua del sitio de estudio no solo está condicionado a un inodoro de 15 litros/descarga, sino también a un lavamanos con un caudal de 4,3 litros/minutos, asociado a un consumo de 3,8 litros/persona/día.

Con miras a explorar las opciones posibles, se determinó la variación del porcentaje de ahorro a diferentes caudales del lavamanos, tanto convencionales como ahorrativos, tomando como base el caso de estudio (suponiendo un tiempo promedio de uso de 53 segundos). En la Tabla 28, se presentan los resultados de este caso.

Tabla 28

Capacidad teórica de ahorro del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio con lavamanos de diferentes caudales.

	Caudal del lavamanos (litros/minuto)						
	1,7	2	2,5	4,5	6	6,5	12
Consumo de agua en el lavamanos (litros)	1,5	1,8	2,2	4,0	5,3	5,7	10,6
Ahorro (%)	2,6	3,08	3,9	6,9	9,3	10,02	18,5

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el mismo consumo de agua del inodoro en el sitio de estudio, el ahorro promedio de agua disminuye a medida que baja el caudal de agua en el lavamanos, es decir, que los lavamanos ahorrativos generarán un menor ahorro de agua con el prototipo, tal como es de esperarse, porque el ahorro es posible por el uso de agua en el lavamanos.

En vista a los resultados obtenidos, en términos de las características de las piezas sanitarias, el ahorro aumentará cuando la capacidad de descarga del inodoro sea baja y el caudal del lavamanos sea alto. En la Tabla 29, se presenta las capacidades teóricas de ahorro usando los casos más desfavorables y el patrón de consumo del sitio de estudio.

Tabla 29

Capacidades de ahorro teórico del prototipo AQUASALVIS en el sitio de estudio en casos más desfavorables según las capacidades de las piezas sanitarias.

	Caudal del lavamanos (litros/minutos)						
	1,7	2	2,5	4,5	6	6,5	12
Consumo de agua del lavamanos (litros)	1,5	1,8	2,2	4,0	5,3	5,7	10,6
Ahorro en inodoros de 3,5 L/descarga (%)	10,7	12,6	15,7	28,3	37,8	40,9	75,6
Ahorro en inodoros de 20 L/descarga (%)	1,9	2,2	2,8	5,0	6,6	7,2	13,2

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los escenarios probados, el ahorro promedio en el inodoro, tiene un intervalo muy amplio, entre el 2 y 75%. El ahorro promedio de agua en el sitio de estudio de 7% aproximadamente, se encuentra en este intervalo teórico, cercano al límite inferior, lo cual valida los resultados obtenidos y se pueden considerar como representativos, a pesar de las múltiples variables involucradas; ya que es una condición de consumo mínimo en el lavamanos y un consumo en el inodoro superior al promedio.

Cabe destacar que, aunque en el escenario de inodoros y lavamanos ahorrativos se generaron mayores porcentajes de ahorro, se debe únicamente al hecho de que el consumo de agua del inodoro es bajo (14 litros/persona/día). Posiblemente, no es justificable la adquisición del prototipo bajo estas circunstancias, ya que el volumen ahorrado, que es igual al consumo de agua del lavamanos, es inferior al reportado por la bibliografía en el lavamanos (4 litros/persona/día en el lavamanos). Debido a esto, la compra del prototipo o la sustitución del lavamanos por uno ahorrativo este más basado en la capacidad de adquisición de las piezas y de las limitaciones de instalación.

5.3. OPERACIONES DE LLENADO Y VACIADO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS

De acuerdo al Anexo W, el nivel de agua del dispositivo variaba durante el día, generando un ahorro diferente en cada descarga del inodoro. La probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos niveles fue representado en la Figura 14, que permite determinar el nivel de certeza de alcanzar o superar un nivel de agua. Como se puede observar, el 80% de las veces el dispositivo se encontraba vacío, es decir, sin ningún volumen de agua aprovechable para el tanque del inodoro, por lo que la bomba trabajaría en vacío.

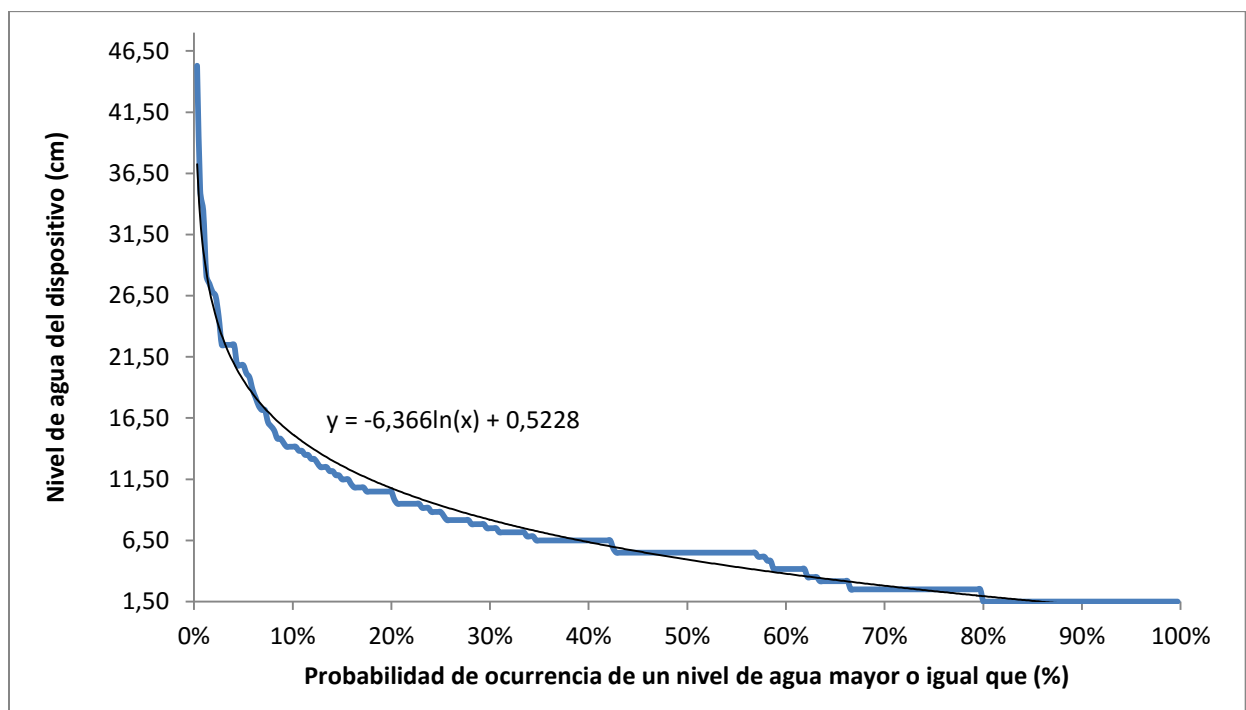


Figura 14 . Curva de duración de niveles de agua en el prototipo AquaSalvis

Nota. Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en el mejor de los casos, considerándolo como el 10% de las veces, el nivel de agua podía llegar a ser de 14,2 cm. Mientras que el nivel máximo de bombeo (18,6 cm) y el nivel máximo de almacenamiento (45,3 cm), se alcanzaba menos del 10% de las veces, específicamente, el 5,9% y el 0,3%, respectivamente.

Cabe destacar, que con un solo usuario, no se recolectó el máximo volumen de agua y en cambio se llegó como máximo a un nivel de agua 19,8 cm, que representa 3,7 litros, como se muestra en el Anexo T. En el caso de los dos usuarios, se llegó a alcanzar el máximo almacenamiento y se llegó al nivel de máximo bombeo en más ocasiones. Con una mayor cantidad de usuarios, el prototipo captará volúmenes de agua mayores y, en consecuencia, los niveles de agua serán superiores, al existir una mayor frecuencia de uso de las piezas sanitarias.

En la Figura 15, se presenta los volúmenes de agua que puede bombear el dispositivo, excluyendo el Nivel Mínimo de Operación (0,3 litros) y la ocupación de la bomba (0,2 litros), según el nivel de agua del dispositivo sin la dualidad del sistema. En el sistema dual del sitio de estudio, el prototipo AquaSalvis podía bombear un máximo de aproximadamente 4 litros antes de que el inodoro se llenara completamente. Debido a esto, si el nivel de agua se encuentra por debajo de 18,6 cm, toda el agua dentro del dispositivo será bombeada al inodoro. En el caso contrario, existirá un remante de agua que formará parte de la siguiente descarga.

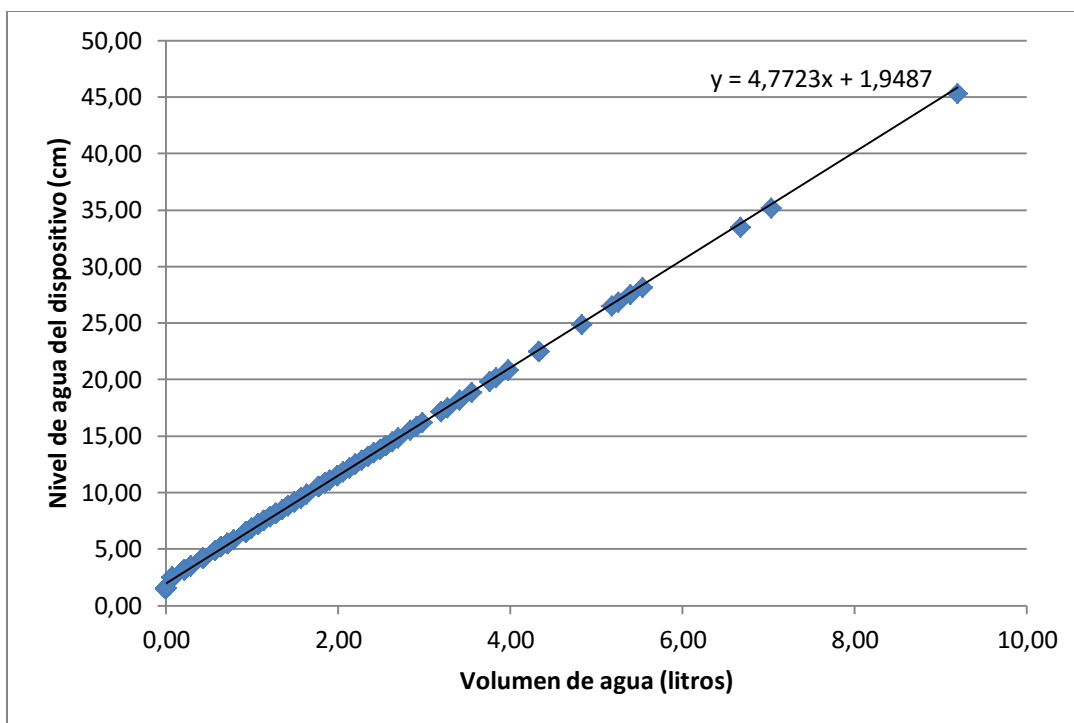


Figura 15. Curva de volúmenes del prototipo AquaSalvis sin sistema dual

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.4. VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO Y DE AHORRO DEL PROTOTIPO AQUASALVIS

Con base en los resultados de los puntos anteriores, se procedió a verificar si la capacidad de almacenamiento de AquaSalvis satisface las necesidades de los usuarios, es decir, si el diseño del prototipo permite la recolección adecuada para la reutilización en los inodoros. Debido a esto, se usaron los resultados obtenidos en el sitio de estudio y de la bibliografía, tal como se resumen en la Tabla 30, para un análisis o comprobación de dicho aspecto.

Tabla 30*Consumo y volumen de agua generado en el lavamanos en diferentes escenarios*

Escenario	Consumo y/o volumen
Consumo mínimo en el lavamanos (NSW Department of Water & Energy (2008) y sitio de estudio)	4 litros/persona/día
Consumo máximo en el lavamanos (Blanco et al (2010))	33 litros/persona/día
Consumo promedio en el lavamanos según las referencias bibliográficas	14,3 litros/persona/día
Mayor volumen promedio de agua generado en el día con un el consumo promedio mínimo (Figura 12)	0,5 litros
Mayor volumen de agua captado por el prototipo con una ocurrencia del 10% de las veces y consumo promedio mínimo (Figura 14)	2,6 litros

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como el prototipo opera de forma continua, la determinación de su volumen de almacenamiento no puede ser basado bajo la suposición de recolectar el volumen total de agua del lavamanos en un día antes de su bombeo. Este escenario únicamente ocurriría si se usa el lavamanos pero no el inodoro y, sería un caso inusual porque, como fue mencionado y comprobado anteriormente, son piezas usadas frecuentemente en conjunto, y con un patrón de uso similar. A su vez, el diseño no puede ser basado en el patrón de consumo de agua del lavamanos, porque, a pesar de obtener el mayor volumen promedio de agua (0,5 litros), no compensaría las veces que el consumo de agua excede ese valor.

Debido a esto, el diseño debe estar basado en el mayor volumen de agua que puede ser captado, pero debe ser aquel que ocurra en el caso más favorable o con mayor ocurrencia, para evitar diseñarlo para un caso que rara vez ocurra. Considerándolo el caso más favorable como el

10% de las veces, el mayor volumen recolectado es de 2,6 litros, es decir que el volumen de almacenamiento debería ser de 3,1 litros (aproximadamente 3 litros), incluyendo el volumen del Nivel Mínimo Operativo (restando la ocupación de la bomba) más un 10% del volumen. Con base en esto, el volumen de almacenamiento del dispositivo debería ser aproximadamente el 75 % del consumo de agua del lavamanos.

Sin embargo, el volumen de almacenamiento de 3 litros solo se adecúa a consumos de lavamanos de 4 litros/persona/día o menos y, si usamos el mayor consumo de agua reportado (33 litros/persona/día), el volumen de almacenamiento sería de aproximadamente 25 litros. Para obtener un almacenamiento de agua que cumpla para todos los casos, se usó el consumo promedio según la bibliografía, es decir, 14,3 litros/persona/día, con la cual se obtendría un dispositivo con la capacidad de captar 10,7 litros de agua gris, aproximadamente igual a 11 litros. La capacidad de almacenamiento de AquaSalvis (10 litros aproximadamente) satisface estos requerimientos, aunque no debe ser descartada la posibilidad de crear otros modelos con diferentes capacidades.

Con respecto a la capacidad de ahorro, teniendo en cuenta que el prototipo fue creado con el propósito de generar un ahorro de agua en el inodoro entre el 40% y el 100% (ver Anexo A), se determinó el intervalo de ahorro promedio generado con AquaSalvis, a pesar de ser sumamente variable como fue demostrado anteriormente. Debido a la variabilidad de piezas, que a su vez influyen directamente en el ahorro, se estableció el intervalo para inodoros entre 6 – 16 litros/uso y lavamanos con caudales entre 2 – 6 litros/minuto.

Como en el sitio de estudio se presentó el mismo consumo mínimo de agua del lavamanos, de acuerdo a la bibliografía, el menor ahorro promedio en este caso sería de 7% aproximadamente. El mayor porcentaje promedio sería el generado por el mayor consumo de agua en el lavamanos (60%) por lo que el intervalo de ahorro sería entre el 7 – 60%. Cabe destacar que, también se evaluó su ahorro si se llega a captar el volumen de máximo bombeo (4 litros), antes de cada descarga, en donde el ahorro usando un inodoro de 6 litros/descarga es de 67% aproximadamente. Aun así, la probabilidad de ocurrencia, incluso con una mayor cantidad de usuarios, es poco probable, especialmente porque puede aumentar el uso del inodoro.

5.5. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA GRIS CRUDA Y RECUPERADA DEL PROTOTIPO AQUASALVIS

Cuando se comenzó a operar el prototipo, bajo las indicaciones de fabricación (etapa exploratoria), se detectó que la concentración de cloro en el agua recuperada fue de 180 y 200 mg/L, excediendo en gran medida las concentraciones de cloro recomendadas por las referencias, que presentan en su mayoría como mínimo 0,2 mg/l y 2 mg/L como máximo. Debido a esto, no se procedió a la caracterización completa del agua bajo este esquema; ya que ese exceso de cloro, no solo se deriva en un gasto excesivo de la sustancia química, sino en posibilidades del deterioro de los herrajes y piezas del sistema (prototipo + tanque inodoro).

Posteriormente, se caracterizó el agua gris cruda (sin tratamiento) y el agua recuperada del tratamiento simple (filtrado grueso o tamizado + cloración) con una dosificación de cloro adecuada para el acondicionamiento del agua. En la Tabla 31, se muestra los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en ambos escenarios.

Tabla 31*Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua gris cruda y del agua recuperada*

Parámetro	Unidad	Agua gris cruda (sin tratamiento)			Agua recuperada (tratamiento simple)		
		Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo
Color aparente ^a	UC	5	5	5	SD	SD	SD
Turbiedad	UNT	68	24	165	75	31	163
Turbiedad Filtrada ^b	UNT	SD	SD	SD	16	8	36
pH		7,1	6,7	7,4	7,2	6,6	7,7
Conductividad específica	μS/cm	358	313	422	385	341	462
Cloro residual	mg/l	Indetectable			Variable (Tabla 33)		
DBO _{5,20}	mg/l	12	9	14	9	7	10
DQO	mg/l	54	50	58	19	15	26
Coliformes totales	NMP/100 ml	> 1,6*10 ⁶			Variable (Tabla 32)		
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,02*10 ⁵ ^c	9,40*10 ⁴	>1,6*10 ⁶	Variable (Tabla 32)		
E. coli	UFC/ml	SD	SD	SD	Variable (Tabla 32)		

Nota. Fuente: Elaboración propia

SD = Sin determinar

^a Se suspendió su determinación una vez detectado que la técnica analítica no se ajusta a esta muestra de color gris^b Filtrada a través de un filtro de 5 micras solo en el agua recuperada^c El promedio de coliformes fecales no incluye los valores que exceden el límite, es decir, "mayor a", porque se desconoce la proximidad del resultado real

En la Tabla 32, se muestran los resultados microbiológicos del agua recuperada a diferentes concentraciones de cloro.

Tabla 32*Parámetros microbiológicos del agua recuperada a diferentes concentraciones de cloro residual*

Parámetro	Unidad	Cloro residual (mg/L)		
		1,0	2,5	0,2
Coliformes totales	NMP/100 ml	< 2	< 2	345
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 2	< 2	46
Escherichia coli	UFC/ml	ND	ND	61

Nota. Fuente: Elaboración propia

Color aparente

El color aparente, es decir, sin filtración del agua gris cruda, permaneció constante, ya que la tonalidad o apariencia del agua no se asemejaba a las soluciones de platino cobalto de la prueba, como consecuencia de la turbiedad ocasionada por las sustancias o sólidos contenidos producto de las actividades del lavamanos. Debido a esto, fue descartado este parámetro como indicativo de la calidad del agua. Es importante mencionar que los patrones utilizados para esta determinación analítica (platino cobalto) semejan el color de las aguas naturales (tono de ocre y amarillos claros). Adicionalmente, vale destacar que, dentro de los requerimientos de agua para reutilización en inodoros, el color solo es regulado en la norma de Singapur.

Turbiedad

El agua gris del lavamanos presentó un amplio rango de niveles de turbiedad, tal como se puede apreciar en la tabla 31 y con más detalle en el Anexo X, en donde los valores en su mayoría fueron menores a los reportados en la bibliografía, que establecen entre 102 – 164 UNT. A pesar de presentar turbiedades inferiores, el agua gris sin tratamiento no cumple los límites exigidos por las normas de otros países, que como máximo permiten 5 o 10 UNT.

Como consecuencia, el prototipo debería tener un sistema de retención de sólidos capaz de modificar la turbiedad a los valores exigidos por las normativas. Usando la malla de tamizado o filtración gruesa del tratamiento simple, la turbiedad permanece prácticamente igual a la del agua gris cruda del lavamanos, en ocasiones hasta un poco superior. Este comportamiento indica que el tamizado es incapaz de remover la turbiedad del agua gris, ya que los sólidos suspendidos

causantes de la misma son generalmente inferiores a las 521 micras de la malla del tamizado, tal como se presentó en la figura 10.

En cambio, la turbiedad remanente con un filtro de 5 micras, fue bastante inferior, presentando una remoción del 78,7%; pero, a pesar de ello, el agua gris recuperada tampoco cumpliría con los límites de las normas consideradas, con algunas excepciones, como por ejemplo con la norma Británica, cuando la turbiedad fue menor o igual a 10 UNT (ver anexo X). Cabe destacar que las normativas son bastantes exigentes, con relación a la turbiedad del agua.

pH

El agua gris es ligeramente básica y no presentó gran variación durante la operación del prototipo. Sin tratamiento, el pH se mantuvo en los límites exigidos por las normas de otros países, con lo cual el prototipo no requiere un acondicionamiento para adecuar el pH del agua a los requerimientos establecidos. Con el tratamiento simple, el agua recuperada permanece inalterada en términos de pH.

Conductividad específica

La conductividad específica refleja los iones disueltos del agua gris. En al agua gris cruda, los iones disueltos provienen del agua potable antes de transformarse en agua residual y de los productos utilizados en la higiene personal asociados a las actividades realizadas en el lavamanos. Aunque no existe en la bibliografía un intervalo de valores para el agua gris del lavamanos, la conductividad promedio se encuentra en los límites de las aguas grises combinadas de 330 – 1480 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pero han existido casos, como se observa en el Anexo X, que incluso han

sido inferiores. La variabilidad en este caso depende tanto de los productos usados como la de la cantidad de agua gris generada.

Con el tratamiento simple, la conductividad específica incrementó ligeramente, posiblemente por la adicción de cloro en el proceso de desinfección, por cambios en los productos usados en las actividades del lavamanos o cambios en la procedencia o fuente del suministro de agua potable. Al igual que el caso sin tratamiento, permanece en el intervalo típico de las aguas grises combinadas.

Cloro residual

En la etapa sin tratamiento, no se encontró presencia de cloro residual, la cual, en este caso, solo podría provenir del agua potable antes de transformarse en agua gris, indicando una inapreciable o nula presencia de cloro residual en el suministro de agua potable de la edificación. De acuerdo a los límites de las normas tomadas en consideración, debe haber 0,2 mg/l de cloro (en la mayoría de los casos) como mínimo, por lo que obligatoriamente se debe agregar cloro al agua gris que se pretende reutilizar en el tanque de los inodoros.

Debido al esquema de tratamiento y diseño del prototipo, el cloro residual del agua gris no es constante en el tiempo. A medida que se usa el lavamanos, el cloro añadido se va consumiendo y, como consecuencia, el cloro residual en el agua recuperada disminuye con el tiempo. Con base en esto, se realizaron pruebas con diferentes cantidades de cloro para garantizar la desinfección continua del agua como se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33

Pruebas de concentración del cloro residual del agua recuperada a diferentes cantidades de hipoclorito de calcio

Cantidad (gramos)	Tiempo de operación transcurrido (horas)			Tasa de consumo (mg/L/día/persona)
	24	72	120	
	Concentración de cloro (mg/L)			
1	0,5	0,2	0	0,125
1,5	2	-	-	-
2	2,5	2	1,5	0,25

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se seleccionó la cantidad de 2 gramos/semana/persona de cloro para el sitio de estudio, ya que, según su tasa de consumo, tendría una concentración de 1 mg/L al final de la semana, el cual como se muestra en la Tabla 31, garantiza la remoción del 99,99% de los microorganismos. Sin embargo, la cantidad de cloro añadido está sujeta al consumo de agua del lavamanos, por lo que la dosificación de cloro necesaria será de 0,076 gramos de hipoclorito de calcio por cada litro de agua gris.

DBO

El agua gris cruda presentó un contenido de materia orgánica, en términos de DBO, inferior a los valores reportados en las referencias bibliográficas, es decir, no superaba la menor concentración reportada de 33 mg/L. A diferencia de lo que indica la bibliografía, la DBO resultó ser baja (entre 9 y 14 mg/l), a pesar del bajo consumo de agua del lavamanos, comparado con los consumos reportados por otros autores, ya que la DBO es típicamente alta en consumos bajos. Sin tratamiento, el agua gris cumple con la mayoría de las normas, específicamente, con aquellas que aceptan un máximo de 20 mg/L o más, entre ellas: Canadá, Alemania y México. No es así con aquellas que lo limitan a un máximo de 10 o 5 mg/L, como: China, EEUU y Singapur.

Con el tratamiento simple, el agua recuperada permanece prácticamente igual al afluente del prototipo, la cual sigue siendo inferior en términos de los valores bibliográficos y al consumo de agua del lavamanos en el sitio de estudio.

DQO

El agua gris presentó una DQO inferior a los valores reportados en las referencias bibliográficas, es decir, no superaba la menor concentración encontrada de 95 mg/L. De igual forma que la DBO, la DQO fue baja a pesar del bajo consumo de agua del lavamanos, cuando es típicamente alta en consumos bajos. Aunque la DQO no es regulada por las normas, la relación DQO/DBO puede complementar las características del agua gris estudiada, que en este caso es de 4,5 en promedio, por lo que no es tan fácilmente degradable, al superar la relación de 2,5 indicada por Olanrewaju & Ilemobade (2015), como un indicador de la biodegradabilidad del agua.

Con el tratamiento simple, la DQO se redujo notablemente, existiendo una remoción del 64,8%, posiblemente por la oxidación de ciertos compuestos orgánicos carbonáceos no biodegradables con el cloro.

Coliformes totales

En el agua gris cruda, los niveles de coliformes totales, en todos los muestreos, fueron superiores a 10^6 , encontrándose cercanos a los rangos de concentración de la Tabla 6, que fue adaptada de la Guía Canadiense para el agua recuperada doméstica en la descarga de inodoros y urinarios. Sin embargo, el valor referencial de coliformes también se encuentra ubicado en el

propio rango de las aguas grises combinadas, que pueden llegar a una concentración de 10^7 . El agua gris cruda supera los límites de todas las normas que regulan la concentración de coliformes totales para la descarga de inodoros.

Como se muestra en la Tabla 32, la concentración de coliformes totales del agua recuperada, a partir de una concentración de 1 mg/l de cloro residual, cumple con los límites de todas las normas consideradas. Sin embargo, en las muestras con concentraciones más bajas, como es el caso de la muestra con 0,2 mg/l de cloro, se detecta la presencia de coliformes totales, cuyo valor es aceptado por la Norma Británica, que permite hasta 1000 org/100ml.

Coliformes fecales

El agua gris presentó altos niveles de coliformes de origen fecal, las cuales excedieron todos los valores reportados por la bibliografía, en el caso del lavamanos, inclusive supera los obtenidos en casos que involucran aguas grises combinadas como en el trabajo de Timuare & Sanchez (2011). La presencia de estos coliformes está ligada a las actividades desarrolladas en el lavamanos, la calidad del agua potable suministrada y/o la presencia de puntos para el desarrollo de colonias dentro del sistema hidráulico, como el sifón del sistema o el propio dispositivo. Los niveles exceden los límites de las normas de otros países que, a pesar de variar entre ellas, no cumple ni siquiera con aquellas menos restrictivas, razón por la cual se hace necesaria una desinfección del agua gris antes de su reutilización.

Como se muestra en la Tabla 32, la concentración de coliformes fecales del agua recuperada a partir de una concentración de 1 mg/l de cloro residual cumple con los límites de las normas de otros países. Sin embargo, similar a lo que ocurre con los coliformes totales, en las muestras con concentraciones más bajas, como es el caso de la muestra con 0,2 mg/l de cloro, se detecta la presencia de coliformes fecales a una densidad, que incumple con las normas más restrictivas que exigen “NO DETECTABLE”, pero que está en los límites de otras normas como la de Brasil, Colombia, Costa Rica y México.

Con base en estos resultados, se puede establecer que la remoción del sistema es del 99,99% para coliformes fecales, y que la manera de garantizar la ausencia de coliformes es mantener un cloro residual mayor a 1 mg/L. Cabe destacar que, las altas turbiedades en el agua gris, pueden interferir en la remoción de coliformes en concentraciones bajas de cloro (0,2 mg/L).

Escherichia coli

Como se muestra en la Tabla 32, el contenido de E. coli del agua recuperada, a partir de una concentración de 1 mg/L de cloro residual, cumple con los límites de las normas de otros países. Sin embargo, en las muestras con concentraciones más bajas, como es el caso de la muestra con 0,2 mg/l de cloro, se detecta la presencia de E. coli a una concentración de 61 UFC/ml. Nuevamente se ratifica el incumplimiento de la calidad microbiológica con las normas más restrictivas, es decir “NO DETECTABLE”, y con aquellas que permiten una cierta densidad de E. Coli, superior a los 200 org/100ml (2 org/ml) de la Norma Canadiense y a los 250 org/100ml (2,5 org/ml) de la Norma Británica. Para asegurar la calidad microbiológica a los requerimientos

más restrictivos, en las condiciones de operación actual del AquaSalvis, es necesario mantener un residual de cloro mínimo de 1 mg/L.

Efectividad del Tratamiento de Aguas de AquaSalvis

Con a los resultados de la calidad del agua gris cruda y el agua recuperada, el tratamiento presenta gran efectividad en la remoción de microorganismos, siempre y cuando la dosificación del agua sea de 76 miligramos de hipoclorito de calcio por cada litro de agua gris, donde se obtiene un residual de cloro alrededor de 1 mg/L. Sin embargo, incumple con los niveles de turbiedad y, en ocasiones, con la DBO exigidos por las normativas consideradas. Aunque se considere cambiar la malla por un filtro de 5 micras, la turbiedad incumple la mayor parte del tiempo y, teniendo en consideración que la bibliografía ha reportado turbiedades superiores al sitio de estudio, posiblemente se requiera de un tratamiento de microfiltración, lo cual requeriría una modificación sustancial del prototipo.

Si bien es cierto, que esto es lo que arrojan los resultados, también lo es, que hay que considerar que el AquaSalvis es un sistema dual, lo cual implica que el agua recuperada se mezcla con el agua potable que ingresa al tanque del inodoro, resultando que tanto la turbiedad como la DBO disminuyan, siendo lo más importante considerar que con 1 mg/L de cloro residual se garantiza la calidad microbiológica del agua recuperada.

5.6. ANÁLISIS DE COSTOS ASOCIADOS AL PROTOTIPO

El costo del dispositivo, incluyendo su instalación, se muestra en la Tabla 34, donde se presenta el costo de cada componente o pieza de AquaSalvis y el costo de instalación, que fue establecido como el 30% (20% de instalación profesional + 10% de Imprevistos) del costo total del dispositivo. Al ser un prototipo, el precio corresponde a la construcción de una sola unidad, por lo que su costo puede disminuir con su fabricación a gran escala, lo cual conllevaría a la compra de las piezas al mayoreo (si se concluye que el prototipo es el producto final para la venta). A su vez, el costo de dispositivo no incluye el porcentaje o ganancia esperada por la empresa con la venta de AquaSalvis.

Tabla 34

Costo de compra y/o inversión del prototipo AquaSalvis

Parte o servicio	Cantidad	Costo (\$/Cantidad)	Total (\$)
Bomba 110 v 80 L/H	1	9,48	9,48
Extensión de cableado	7 m	4,00	4,00
Sensor de nivel (inodoro)	1	6,00	6,00
Sensor de nivel (dispositivo)	1	6,00	6,00
Malla para el tamizado	1	5,00	5,00
Sifón de carga y descarga	2	4,17	8,34
Estructura de Tratamiento	1	15,00	15,00
Tubo de llenado	5 m	2,00	10,00
Ensamblaje		10,00	10,00
Costo del dispositivo			73,83
Instalación (30 % construcción)			22,15
Total de Inversión			95,98

Nota. Fuente: Elaboración propia

El costo total de la inversión resulta ser muy inferior al precio de venta de los dispositivos comercialmente para la reutilización de aguas grises en descarga de inodoros como el Profile Smart de 640 \$ y el Aquaserve 300 de 9325 € (10450 \$), aun cuando se incluyera la ganancia del prototipo Aqua Salvis. Inclusive, presenta una inversión menor a los sistemas de baja tecnología que usan como fuente de agua gris de la lavadora, es decir, menor a 400 \$ como se presenta en la Tabla 15.

Con relación a los gastos por consumibles, el precio del cloro fue establecido como 7,95 \$/kg y, basado en una dosificación de 0,076 gramos/litros, su costo fue de 0,83 \$/persona-año para el sitio de estudio. En cuanto a la electricidad, como la bomba no permanece encendida de forma continua durante el día, el gasto puede ser despreciable. En la Tabla 35, se presenta el costo por electricidad del prototipo a diferentes tarifas con el porcentaje promedio y máximo de ahorro en el sitio de estudio.

Tabla 35

Costo del consumo de electricidad del prototipo AQUASALVIS a diferentes tarifas y porcentajes de ahorro en el sitio de estudio.

Tarifa (c\$/kw*h)	Gasto por electricidad (\$/año/persona)	
	Porcentaje de ahorro de agua (%)	
	6,89	22
5	0,01	0,02
10	0,01	0,05
15	0,02	0,07
20	0,03	0,1
25	0,04	0,12
30	0,04	0,14
35	0,05	0,17

Nota. Fuente: Elaboración propia

c\$ = Centavos de dólares

En el caso del sitio de estudio, el tiempo de encendido promedio y máximo de la bomba es de 0,046 horas/persona/día y 0,146 horas/persona/día, respectivamente, y, con las de tarifas presentadas, su gasto no es representativo. Como se muestra en la Tabla 35, el gasto por electricidad comienza a ser representativo cuando la tarifa eléctrica y el porcentaje de ahorro son altos. En el sitio de estudio, el porcentaje de ahorro máximo de 22% no ocurre de forma constante, pero, aunque así lo fuera, su gasto sigue siendo muy inferior al del cloro. Producto de esto, para el análisis se optó por usar el porcentaje promedio de ahorro y la mayor tarifa en Venezuela reportada, en este caso, de 8 centavos de $\$/kw \cdot h$.

En la Tabla 36, se presenta un resumen del ingreso, gastos y tiempo de retorno de la inversión del usuario en los diferentes casos explorados y en donde la inversión inicial (costo por dispositivo + instalación) es el mismo en cada uno. El flujo de inversión por la compra del dispositivo hasta su recuperación (flujo positivo) se presenta en el Anexo Z. La tarifa de agua base seleccionada fue de 4 $\$/m^3$, ya que las tarifas reportadas en Venezuela constituyen un caso totalmente inusual en comparación con otros países. Sin embargo, se probaron varias tarifas, inclusive la venezolana, para analizar la variabilidad de los casos.

Tabla 36*Resumen de ingresos, gastos y tiempo de retorno de la inversión en los casos explorados*

Caso	Ingreso	Gastos		Tiempo de retorno
	Ahorro (\$/año)	Cloro (\$/año)	Luz (\$/año)	
Sitio de Estudio (Caso Global) – Ahorro del 6,89 %				
Un solo usuario, tarifa de 4 \$/m3	5,75			20
Un solo usuario, tarifa de 9 \$/m3	12,94	0,83	0,01	8
Un solo usuario, tarifa de 14 \$/m3	20,14			5
Dos usuarios, tarifa de 4 \$/m3	11,51	1,66	0,02	10
Tres usuarios, tarifa de 4 \$/m3	17,26	2,49	0,04	7
Cuatro usuarios, tarifa de 4 \$/m3	23,01			5
Cuatro usuarios, tarifa de 14 \$/m3	80,54	3,32	0,05	2
Un solo usuario, tarifa venezolana del 2018 de 0,000036 \$/m3	5,18*10 ⁵	0,83	0,01	SR
Casos individuales del sitio de estudio				
Un solo usuario, tarifa de 4 \$/m3 y ahorro del 5,6%	4,86	0,72	0,01	> 20
Dos usuarios, tarifa de 4 \$/m3 y ahorro del 12,6 %	17,99	2,66	0,04	7
Casos teóricos				
Un solo usuario, tarifa de 4 \$/m3, referencia del NSW Department of Water & Energy (2008) – Ahorro del 9,8 %	5,84	0,88	0,01	20
Un solo usuario, tarifa de 4 \$/m3, referencia de Blanco et al (2010) – Ahorro del 60%	48,18	7,30	0,10	3
Un solo usuario, tarifa de 4 \$/m3, inodoros de 3,5 L/descarga y lavamanos no ahorrativos y ahorro del 75,6%	15,44	2,34	0,03	8
Un solo usuario, tarifa de 4\$/m3, inodoros de 20 L/descarga y lavamanos ahorrativo y ahorro del 1,9%	2,18	0,33	0,00	>> 20

Nota. Fuente: Elaboración propia

> = Mayor que, >> = Extremadamente mayor a, SR = Sin retorno

De acuerdo a los resultados obtenidos, el periodo de retorno disminuye a una mayor tarifa de agua, debido a que el volumen de agua ahorrada posee un mayor valor monetario. También disminuye con un mayor número de usuarios, porque se genera un mayor consumo en el lavamanos, que se traduce en una mayor ganancia para los beneficiados. Como se puede

observar, con la tarifa de agua venezolana, no existe un retorno de la inversión por que el ingreso es realmente nulo y los gastos son elevados en comparación. Al dividir el caso de estudio en sus dos casos individuales (un solo usuario y dos usuarios), se comprueba lo afirmado, ya que el único usuario tuvo un periodo de retorno mayor en comparación con el usuario más el visitante temporal, presentándose una diferencia notable.

El retorno de la inversión también está relacionado con el consumo de agua de los usuarios, así como también de las piezas sanitarias que se conectarán al prototipo. Con los valores de consumo de Blanco et al (2010), el periodo de retorno, con un único usuario, bajó de manera importante, en comparación con el caso de estudio, debido a que el consumo del lavamanos de la fuente bibliografía es muy superior. Sin embargo, a un mayor consumo de agua del lavamanos aumenta el gasto por cloro, siendo el más grande de todos. En cambio con un consumo de lavamanos similar al sitio de estudio, como el de NSW Department of Water & Energy (2008), el periodo de retorno es prácticamente el mismo y el gasto por cloro bajó en comparación con la referencia mencionada anteriormente.

Finalmente, usando inodoros de baja capacidad de descarga y lavamanos no ahorrativos, se genera también un periodo de retorno bajo, pero superior al caso con los datos de Blanco et al (2010). Aunque hay un mayor porcentaje de ahorro, el consumo de lavamanos de la fuente bibliografía venezolana es superior y por lo tanto se genera una mayor ganancia. En el caso contrario, es decir, gran capacidad de descarga y lavamanos ahorrativos, el periodo de retorno incrementa, siendo el más alto de todos los casos.

5.7. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS

El análisis de la percepción de los usuarios fue llevado a cabo a través de una encuesta digital (ver Anexo AA), distribuido a un total de 485 personas y respondido por un total de 179 personas, constituido por 102 hombres y 77 mujeres del Área Metropolitana de Caracas y conformado en su mayoría por estudiantes universitarios y profesionales de diferentes carreras. En la Tabla 37, se presenta los resultados de la encuesta.

Tabla 37

Resultado de la encuesta de la percepción de los usuarios del prototipo AquaSalvis

Pregunta	Respuestas			
	Si	%	No	%
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificaciones residenciales?	170	95,0	9	5,0
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificios comerciales, administrativos y/o hoteles?	168	93,9	11	6,1
¿Adquiriría AquaSalvis como una medida de ahorro de agua?	164	91,6	15	8,4
Sabiendo que la tarifa de agua venezolana es muy baja, ¿Adquiriría AquaSalvis teniendo en cuenta que puede ahorrar como máximo un 22% del consumo total del inodoro en un día?	145	81,0	34	19,0
¿Adquiriría AquaSalvis a un precio de 100 dólares, incluyendo su instalación?	91	50,8	88	49,2
Usando una tarifa internacional de agua, el costo por el uso único del inodoro sería de 26 \$/mes en una vivienda de cuatro personas. Bajo este escenario, ¿Adquiriría AquaSalvis teniendo en cuenta su precio y que el ahorro sería de 6\$ mensuales?	149	83,2	30	16,8
¿Le preocuparía que AquaSalvis represente un peligro de salud o sea poco higiénico?	92	51,4	87	48,6
¿Le preocuparía que AquaSalvis modifique la estética del cuarto de baño?	107	59,8	72	40,2

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, los encuestados presentan un gran grado de aceptación (mayor al 90%) con dispositivos de reutilización para la descarga de inodoros (indiferente del tipo de edificación) e inclusive un gran grado de disposición de adquirir el prototipo como medida de ahorro. Sin embargo, la disposición disminuye en cierta medida al informar la capacidad máxima de ahorro, el precio del dispositivo y el beneficio monetario por su uso.

En el escenario venezolano, la mayor parte de los encuestados están dispuestos a adquirir el prototipo, a pesar de dar a conocer que la tarifa de agua es muy baja y posiblemente el beneficio monetario no sea representativo. Probablemente, los encuestados consideran que los beneficios medioambientales tienen un mayor peso que la ganancia o ahorro financiero que pueda proporcionar.

La disposición baja en gran medida al dar a conocer su precio, existiendo opiniones divididas (aproximadamente 50-50%). Aunque el dispositivo es una tecnología de bajo costo, el resultado está influenciado por el tipo de grupo socio-económico al cual pertenece el participante, significado que no todos pueden invertir en la compra del mismo. Sin embargo, con una tarifa de agua internacional, aun teniendo en cuenta el precio del dispositivo, tuvo un buen grado de aceptación, al igual que el caso venezolano. Con relación a las principales preocupaciones, la mitad de los encuestados presenta inquietudes de usar el prototipo con respecto a los riesgos potenciales para la salud. Sin embargo, un mayor porcentaje (aproximadamente 60%) tiene una mayor preocupación acerca de los cambios estéticos que pueda generar en el cuarto de baño.

El resultado con respecto a la aceptación en edificaciones administrativos, comerciales y/o hoteles (en su mayoría edificios públicos) y su implementación en edificios residencial se asemeja a los obtenidos en el estudio de Marks et al (2006), es decir, mayor al 90%.

Posteriormente, se separó a los encuestados según su género para determinar si existe un cambio de opinión acerca de las preguntas efectuadas, como se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38

Resultado de la encuesta de la percepción de los usuarios según el género

Pregunta simplificada	Género	Respuestas			
		Si	%	No	%
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificaciones residenciales?	Masculino	100	98,0	2	2,0
	Femenino	70	90,9	7	9,1
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificios comerciales, administrativos y/o hoteles?	Masculino	97	95,1	5	4,9
	Femenino	71	92,2	6	7,8
¿Adquiriría AquaSalvis como una medida de ahorro de agua?	Masculino	91	89,2	11	10,8
	Femenino	73	94,8	4	5,2
Sabiendo que la tarifa de agua venezolana es muy baja, ¿Adquiriría AquaSalvis...?	Masculino	73	71,6	29	28,4
	Femenino	72	93,5	5	6,5
¿Adquiriría AquaSalvis a un precio de 100 dólares, incluyendo su instalación?	Masculino	48	47,1	54	52,9
	Femenino	40	51,9	37	48,1
Usando una tarifa internacional de agua... ¿Adquiriría AquaSalvis...?	Masculino	86	84,3	16	15,7
	Femenino	63	81,8	14	18,2
¿Le preocuparía que AquaSalvis represente un peligro de salud o sea poco higiénico?	Masculino	45	44,1	57	55,9
	Femenino	42	54,5	35	45,5
¿Le preocuparía que AquaSalvis modifique la estética del cuarto de baño?	Masculino	64	62,7	38	37,3
	Femenino	43	55,8	34	44,2

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al género de los encuestados, no existió un cambio de opinión entre los grupos, a excepción de la disposición de adquisición del dispositivo en el escenario venezolano, donde las mujeres se encuentran más dispuesta que los hombres a comprar el prototipo, a pesar del bajo o nulo beneficio monetario con la tarifa de agua existente en Venezuela, generando una diferencia de aproximadamente del 22%.

Con respecto a las otras preguntas, aunque las diferencias no eran sustanciales, los encuestados masculinos presentaban mayor aceptación en el uso de sistemas de reutilización (indiferente del tipo de edificación), en la adquisición de AquaSalvis con una tarifa internacional de agua y con menos preocupaciones en los posibles riesgos a la salud relacionados con el dispositivo. Mientras que las participantes femeninas presentaban una mejor disposición a adquirir el prototipo como una medida de ahorro y con menos preocupaciones en los posibles cambios en la estética del cuarto de baño.

También, se clasificó a los encuestados según su edad para determinar si existe un cambio de su opinión acerca de las preguntas efectuadas, como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39*Resultados de la encuesta de la percepción de los usuarios según el intervalo de edad*

Pregunta simplificada	Edades	Respuestas			
		Si	%	No	%
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificaciones residenciales?	18 – 25	113	96,6	4	3,4
	26 – 35	20	100,0	0	0,0
	36 – 45	9	81,8	2	18,2
	> 45	28	90,3	3	9,7
¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificios comerciales, administrativos y/o hoteles?	18 – 25	111	94,9	6	5,1
	26 – 35	19	95,0	1	5,0
	36 – 45	10	91,0	1	9,0
	> 45	28	90,3	3	9,7
¿Adquiriría AquaSalvis como una medida de ahorro de agua?	18 – 25	110	94,0	7	6,0
	26 – 35	19	95,0	1	5,0
	36 – 45	9	81,8	2	18,2
	> 45	26	83,9	5	16,1
Sabiendo que la tarifa de agua venezolana es muy baja, ¿Adquiriría AquaSalvis...?	18 – 25	93	79,5	24	20,5
	26 – 35	17	85,0	3	15,0
	36 – 45	9	81,8	2	18,2
	> 45	26	83,9	5	16,1
¿Adquiriría AquaSalvis a un precio de 100 dólares, incluyendo su instalación?	18 – 25	59	50,4	58	49,6
	26 – 35	12	60,0	8	40,0
	36 – 45	3	27,3	8	72,7
	> 45	14	45,2	17	54,8
Usando una tarifa internacional de agua... ¿Adquiriría AquaSalvis...?	18 – 25	103	88,0	14	12,0
	26 – 35	18	90,0	2	10,0
	36 – 45	8	72,7	3	27,3
	> 45	20	64,5	11	35,5
¿Le preocuparía que AquaSalvis represente un peligro de salud o sea poco higiénico?	18 – 25	57	48,7	60	51,3
	26 – 35	6	30,0	14	70,0
	36 – 45	5	45,5	6	54,5
	> 45	19	61,3	12	38,7
¿Le preocuparía que AquaSalvis modifique la estética del cuarto de baño?	18 – 25	68	58,1	49	41,9
	26 – 35	12	60,0	8	40,0
	36 – 45	8	72,7	3	27,3
	> 45	19	61,3	12	38,7

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las edades, no existió un cambio sustancial en la opinión de los encuestados con respecto a la aceptación de dispositivos de reutilización en edificios comerciales, administrativos y hoteles, en la adquisición de AquaSalvis como una medida de ahorro de agua y su adquisición en el escenario venezolano. Sin embargo, las personas entre 36 – 45 años de edad aceptaban menos el uso de sistemas de reutilización individuales en los edificios residenciales y aún menos en la compra del dispositivo al precio de 100 \$. Los encuestados entre 26 – 45 años se encontraban más preocupados por los riesgos a la salud que podría presentar AquaSalvis y aquellos entre 18 – 25 años por los cambios en la estética del cuarto de baño.

En términos de respuestas positivas, los encuestados entre 26 – 35 años de edad son el grupo que más aceptó y estaba dispuesto a adquirir el AquaSalvis. Cabe destacar, que el número de personas en este intervalo de edad era muy bajo.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Una vez presentados los resultados, su análisis y con base en las referencias consultadas para la evaluación del prototipo AquaSalvis, se concluye:

En cuanto al funcionamiento y operación:

1. La capacidad de almacenamiento de agua del prototipo de 9,5 litros se considera suficiente para satisfacer el volumen promedio necesario (11 litros), que garantiza la captación de la mayor cantidad de agua gris clara del lavamanos y su reutilización en la descarga del inodoro.
2. La capacidad de ahorro promedio del prototipo, está entre 7 y 60%, en función del consumo total de agua a utilizar en el inodoro, lo cual difiere del intervalo de ahorro buscado por la empresa de 40% a 100%.
3. El prototipo podrá tener un ahorro mayor al 40%, a altos consumos de agua en el lavamanos, con el mayor número de usuarios posible y/o cuando el inodoro posea un volumen de descarga bajo.
4. La calidad de agua gris recuperada cumple con los parámetros microbiológicos de las normas de otros países, cuando se asegura un cloro residual de 1 mg/L, que se podría garantizar con una dosificación de cloro de 76 miligramos por cada litro de agua gris del lavamanos.

5. Bajo el esquema actual de tratamiento simple, el prototipo produce un agua con alta turbiedad (31 – 163 UNT), y su contenido orgánico, en términos de DBO (7 – 10 mg/L), excede, en algunos casos los límites de calidad de algunas de las normativas de otros países; aunque al funcionar bajo un sistema dual, estos valores tienden a disminuir por el efecto de la dilución.

En cuanto a los costos asociados:

6. El prototipo AquaSalvis es una tecnología de bajo costo en comparación con los dispositivos similares y disponibles comercialmente. Sin embargo, el periodo de retorno de la inversión por la compra, es de 2 años en el mejor de los casos.
7. La recuperación por la compra del prototipo ocurre con mayor efectividad a una mayor tarifa de agua, número de usuario y porcentaje de ahorro. En el escenario actual venezolano, considerando las tarifas del agua potable, no es posible recuperar la inversión.

En cuanto a la percepción de los usuarios:

8. El prototipo AquaSalvis presenta un buen grado de aceptación y disposición de adquisición por los encuestados (mayor al 90%). Además, los participantes aprueban el uso de sistemas de reutilización similares al prototipo, aunque presentan opiniones divididas con relación al precio y a los potenciales riesgos a la salud del dispositivo.
9. La mayoría de los posibles usuarios manifestaron su disposición a adquirir el AquaSalvis, tanto con la tarifa de agua venezolana (81 %) como con la internacional (83,2 %).

10. Los encuestados se encuentran más preocupados por los cambios en la estética del cuarto de baño (59,8%), que por los posibles riesgos a la salud (51,4 %), lo cual manifiesta una confianza en el uso del prototipo.
11. En general, no hubo distinción notable en la aceptación y adquisición del prototipo entre hombres y mujeres, con excepción de que las participantes femeninas presentaron un mayor grado de disposición de adquirir AquaSalvis a la tarifa de agua venezolana (71,6% en hombres y 93,5% en mujeres).
12. El grupo de encuestados con edades entre 26 – 35 años, presentaron los mayores porcentajes en adquisición de AquaSalvis como medida de ahorro (95%), al precio de 100 \$ (60 %), en el escenario venezolano (85 %) e internacional (90 %) y con menos preocupaciones con relación a la higiene (70 %).

6.2. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados y las experiencias del investigador, se establecieron las siguientes recomendaciones:

1. En lugar de generar un sistema que se adapte a todos los tipos de consumos de agua, considerar la creación de diferentes modelos, según el nivel de consumo de agua en el lavamanos, los cuales se podrían definirse en intervalos de 4 – 12 litros/persona/día (bajo), 13 – 28 litros/persona/día (medio) y 29 – 33 litros/persona/día (alto), garantizando sistemas más adaptados a las necesidades de los usuarios y opciones más económicas y de menor tamaño, en algunos casos.

2. El dispositivo debe poseer un medio o forma de descargar el agua gris captada en su totalidad al sistema cloacal, en caso que el usuario, por alguna razón, decida descartar y no reutilizar el agua gris generada y almacenada.
3. Considerar la conexión de múltiples lavamanos, como en los baños públicos de instalaciones comerciales, industriales y de hospedaje, para aumentar el volumen de agua gris captada y tener la posibilidad de abastecer a más de un inodoro.
4. Realizar un estudio amplio del comportamiento del prototipo en instalaciones públicas (comerciales, industriales y de hospedaje), a nivel de ahorro y de operaciones de llenado y vaciado, ya que existen variables y escenarios que escapan del alcance de la investigación efectuada.
5. Habilitar el flotante sumergido del prototipo, con el fin de apagar la bomba una vez que el nivel de agua llegue a su Nivel Mínimo Operativo, y evitar que la misma trabaje en vacío.
6. Se recomienda implementar un sistema de filtración, mínimo de 5 micras, u otro tratamiento físico para garantizar la remoción de la turbiedad, siempre y cuando no conlleve a una modificación en el funcionamiento hidráulico del dispositivo.
7. Se recomienda explorar la posibilidad de opacar u “ocultar” la turbiedad con la incorporación de sustancias coloreadas como Azul de Metileno, siempre y cuando no eleve en gran medida los gastos por insumos.
8. Debido a los cortos periodos de tiempos para la reposición de hipoclorito de calcio, se recomienda la búsqueda e implementación de otro sistema o mecanismo de dosificación de cloro, como por ejemplo el uso de pastillas de cloro.

9. Las próximas versiones o modificaciones del prototipo deben permanecer por debajo o al mismo costo de inversión establecido, para asegurar, no solo periodos de retorno más cortos, sino también elevar la disposición de adquisición de los potenciales usuarios con respecto al precio.

REFERENCIAS

- Agencia Venezolana de Noticias (2013, 2 de Julio). Nuevo esquema tarifario del servicio eléctrico se aplicará en 2014: beneficiará el consumo racional. *Noticias24*. Recuperado el 20 de Mayo del 2019, de <https://www.noticias24.com/venezuela/noticia/178213/chacon-plan-a-corto-plazo-ha-incorporado-mas-de-628-mw-en-generacion/>
- Allen, L. (2015). *Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior*. Greywater Action.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Asano, T. (2001). Water from (waste)water – The dependable water resource. *2001 Stockholm Water Prize Laureate Lecture*. Simposio llevado a cabo en el 11th Simposio de Agua en Stockholm, Suecia.
- Bausson, N. (2018). *Sector Servicio de Agua Potable y Saneamiento*. Venezuela: Transparencia Venezuela
- Beatty, G. (2004). *Graywater use in New Mexico*. New Mexico Water Resources Research Institute.
- BioMicrobics (2016). *Recover, Smart Greywater Technology for Water Reuse Residential Water Recovery System*. USA.

- Blanco, H., Lara, M., Velezmoro, A., Aguilar, V. (2014). Consumo de agua en actividades domésticas. Caso de estudio: Estudiantes de la asignatura saneamiento ambiental de la UCV. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 29(1) 51-56.
- Caroma (2009). *Profile Smart 305 Round Front Plus*. Australia.
- Caroma (2018). Price List. USA.
- Castro, M. (2015). *Un uso eficiente del agua doméstica: Tratamiento de las aguas grises* (trabajo de fin de grado). Universidad de Sevilla, España.
- Chang, Y. (2010). *Greywater treatment within semi-centralised supply and treatment systems by the example of the People's Republic of China*. Darmstadt, Alemania: Institut IWAR
- Crook, J. (2009). Technical Memorandum on GrayWater. BLACK & VEATCH.
- CSBE (2003). *Greywater Reuse in Other Countries and its Applicability to Jordan*. Jordán: Ministry of Planning Enhanced Productivity Program.
- Daigger, G. T. (2012). Designing and implementing urban water and resource management systems which recover water, energy, and nutrients. En Lazarova, V., Choo, K. & Cornel, P. (Eds.), *Water–Energy Interactions in Water Reuse* (pp. 3 - 19). UK: IWA Publishing.
- Dautant, R. (2016). El Uso Seguro del Agua Residual Tratada: Aspecto Fundamental en la Nueva Cultura del Agua. En Tello, P., Mijailova, P. & Chamy, R. (Eds.), *Uso seguro del agua* (pp. 17 - 30). AIDIS.

- Díaz, J. & Ramírez, L. (2016). *Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá D.C.* (monografía). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E., Franson, M. A. H. (Eds). (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association.
- Ecohoe Solutions S.L (2010). *Sistemas descentralizados de reciclaje de agua*. España.
- EPA (1998). *Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits*. Water Division Region IX – EPA 909 – F – 98 – 001.
- EPA (2012). *Guidelines for Water Reuse*. Washington, D.C, Estados Unidos de América. USAID.
- Escalante, V., Cardoso, L., Ramírez, E., Moeller, G., Mantilla, G., Montecillos, J., Servín, C. & Villavicencio, F. (2014). *Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales*. Seminario llevado a cabo en la Universidad del Valle/Instituto Cinara, Colombia.
- Franco, M. (2007). *Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile* (trabajo de grado). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- García, J., Soteldo, E. (2015). *Diseño y modelación de un reactor bio-sanitario (RBS), para depuración sustentable de aguas servidas en instalaciones escolares* (trabajo especial de grado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

- Grupo de trabajo de la Comisión Sectorial de Aguas Grises (2011). *Guía Técnica Española de Recomendaciones para el Reciclaje de Aguas Grises en Edificios*. Barcelona, España: AQUA España.
- Grupo IID6 C.A. (2017). Producto: AquaSalvis. Caracas, Venezuela.
- Healthy WA (2011). *Guidelines fot the Non-potable Uses of Recycled Water in Western Australia, Australia Occidental*.
- Herrera, C. (2015). *Análisis de Factibilidad para la reutilización de aguas residuales para nuevos urbanismos en Cúa – Estado Miranda* (tesis de grado). Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, Caracas.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Imhof, B. & Mühlemann, J. (2005). Greywater treatment on household level in developing countries – A state of the art review. Escuela Politécnica Federal de Zurich, Suiza.
- Ilemobade, A., Olanrewaju, O. & Griffioen, M. (2012). *Greywater Reuse for Toilet Flushing in hig-density urban buildings in Souh Africa: A Pilot Study*. Water Research Commission.
- Ilemobade, A., Olanrewaju, O. & Griffioen, M. (2013). Greywater reuse for toilet flushing at university academic and residential building. *Water SA*. Vol. 39, Nro. 3, pág. 351-360.
- Jefferson, B., Laine, A., Parsons, S., Stephenson, T. & Judd, S. (1999). Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 1, 285 – 292.

- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R. & Judd, S. (2004). Grey wáter characterisation and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology*, 50(2), 157 – 164. doi: 10.2166/wst.2004.0113
- Juan, Y., Chen, Y. & Lin, J. (2016). Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan. *Water* 2016, 8 (546), 1-11.
- Kansas Department of Health and Environment (2014). *Graywater System Specfication*. Kansas, Estados Unidos.
- Killion, S. (2011). *Design and Modeling of Infrastructure for Residential and Community Water Reuse* (tesis de grado). Universidad de Nebraska-Lincoln, Estados Unidos de América.
- Lazarova, V., Hills, S. & Birks, R. (2003). Using recycled wáter for non-potable, urban uses:a review with particular reference to toilet flushing. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(4), 69 – 77.
- Lazarova, V. & Asano, T. (2013). Milestones in water reuse: main challenges, keys to success and trends of development. An overview. En Lazarova, V., Asano, T., Bahri, A. & Anderson, J. (Eds), *Milestones in Water Reuse The Best Success Stories* (pp. 1 - 22).: UK: IWA Publishing.
- Marks, J., Martin, B., Zadoroznyj, M. (2006). *Acceptance of Water Recycling in Australia: National Baseline Data*. Water, pág. 151 – 157.
- Momahed, W. (2011). *Grey Water Recycling & Reuse, Towards a Sustainable Unitization of Domestic Water*. Cairo: Egyptian-German Private Sector Development Programme.

- Montenegro, J., Flores, R. & Urdaneta A. (2007). *Comparación de Tarifas Eléctricas Residenciales a Nivel Mundial*. I Congreso Venezolano de Redes y Energía Eléctrica. Comité Nacional Venezolano, Venezuela.
- NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Brasil. 30 de agosto de 1997.
- Niño, E. & Martínez, M. (2013). *Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá* (trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas tratadas que se reusen servicios público. Diario Oficial de la Federación, México. 14 de enero de 1998.
- NSW Department of Water & Energy (2008). *NSW Guidelines for greywater reuse in sewerred, single household residential premises*. Water for Life.
- Olanrewaju, O. & Ilemobade, A. (2015). Greywater Reuse Review and Framework for Assesing Greywater Treatment and Technologies for Toilet Flushing. *Advances in Research*, 5(4), 1-25. doi: 10.9734/AIR/2015/19117
- Oteng-Pepurah, M., Acheampong, M. A. & deVries, N. K. (2018). Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception – a Review. *Water Aire Soil Pollut*: 229 (255), 1-16. doi: 10.1007/s11270-018-3909-8

- Parra, D., Carrillo, L., Velandia, E. (2015). Estudio de alternativas para el aprovechamiento y reúso del agua doméstica. *Epsilon*, 24, 123-142.
- Pidou, M, Memon, F. A., Stephenson, T., Jefferson, B. & Jeffrey, P. (2007). Greywater recycling: treatment options and applications. *Institution of Civil Engineers. Proceedings. Engineering Sustainability*: 160, 119 – 131.
- PUB (2014). *Technical Guide for Greywater Recycling*. Singapur.
- Ramírez, A. (2016). Aprovechamiento de las aguas de lluvia como práctica de reúso de aguas. En Tello, P., Mijailova, P. & Chamy, R. (Eds.), *Uso seguro del agua* (pp. 201 - 213). AIDIS.
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Boletín Oficial del Estado nº 294, España. 8 de diciembre de 2007.
- Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales. Decreto N° 33601-MINAE-S, Costa Rica. 19 de marzo de 2007.
- Resolución 1207 de 2014 (Julio 25) por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Diario Oficial 49242, Colombia. 13 de agosto de 2014.
- Roth (2010). *Aquaserve 300 Reciclaje y Reutilización de Aguas Grises*. España.
- Roth (2015). Tarifa / Catálogo 2015. España.

Schnneider, L. (2009). *Rule Development Committee Issue Research Report Final – Greywater Reuse in Washington State*. Wastewater Management Program. Washington State Department of Health.

Soderberg, C. (2016). Panorama mundial del reúso de aguas residuales tratadas. En Tello, P., Mijailova, P. & Chamy, R. (Eds.), *Uso seguro del agua* (pp. 33 - 42). AIDIS.

Timaure, E., Sánchez, C. (2011). *Reúso de aguas grises en la posada El Zaguán, ubicada en la Península de Paraguaná Estado Falcón* (trabajo especial de grado). Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Tajima, A., Yoshizawa, M., Sakurai, K. y Minamiyama, M. (Enero, 2007). Establishment of guidelines for the reuse of treated wastewater. *4th Japan – U.S. Drinking Water Quality Management and Wastewater Control*. Conferencia llevada a cabo en el 4ta Conferencia Gubernamental de Japón-Estados Unidos, Okinawa.

Tirado, B. & Vilorio, M. (2006). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas grises y red de distribución destinada al riego de áreas verdes y suministro a tanques de excusado para la Universidad Rafael Urdaneta* (trabajo especial de grado). Universidad Rafael Urdaneta, Zulia, Venezuela.

UK Environment Agency (2011). *Greywater for domestic users: an information guide*. Bristol, Inglaterra: Environment Agency.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL.

Victorian Government Department of Health (2009). *Guidelines for wáter reuse and recycling in Victorian helath care facilities – Non-drinking applications*. Melbourne, Victoria, Australia: Department of Health.

WHO (2006). *Overview of greywater management, Health considerations*. Eco Design Ideal.

Working Group on Domestic Reclaimed Water of the Federal-Provincial-Territorial Commitee on Health and the Environment (2010). *Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing*. Canada: Deparment of Health.

WWAP (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales El Recurso Desaprovechado*. París: UNESCO.

Zhu, J; Wagner, M; Cornel, P.; Chen, H. & Dai, X. (2017). Feasibility of on-site grey-water reuse for toilet flushing in China. *Journal of Water Reuse and Desalination*. Pág. 1-13

ANEXOS

Anexo A

Descripción del proyecto del producto AquaSalvis del Grupo IID6 C.A. (2017)

GRUPO IID 6	PROYECTO: AQUASALVIS	FECHA: 06/09/2017
		VERSIÓN: 1

1. OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar un dispositivo práctico y económico que permita el ahorro de agua potable utilizada en inodoros residenciales o en instalaciones industriales.

2. NOMBRE DEL PRODUCTO O SERVICIO

AquaSalvis.

3. SEGMENTOS A LOS CUALES VA DIRIGIDO

Los usuarios que podrán disponer del producto son aquellos que utilizan los baños residenciales (casas o apartamentos) o industriales (baños públicos, privados). El producto está dirigido a individuos de ambos sexos y cualquier edad. Está diseñado para funcionar con un mínimo de mantenimiento, realizado por el mismo cliente, garantizando aspectos como la practicidad y comodidad. Especialmente pensado para zonas de alta demanda del servicio de agua potable (posadas, hoteles) donde existan escases del mismo.

4. OBJETIVOS DEL PRODUCTO

- Reciclar el agua servida utilizada en lavamanos, fregaderos y duchas para generar un ahorro entre un 40% y un 100% del flujo de agua potable utilizada en inodoros residenciales o industriales.
- Contribuir con el desarrollo y equilibrio del medioambiente, generando un impacto positivo motivando el cuidado y ahorro del agua potable.
- Ser un dispositivo de fácil instalación y mantenimiento por parte del usuario final.
- Mantener como prioridad la premisa de adquisición de materiales y tecnología 100% nacional, con el fin de articular la producción del producto a través de alianzas con proveedores nacionales.

5. ELEMENTOS DIFERENCIADORES

- Innovador: No existe un concepto similar en el mercado nacional (solo prototipos).
- Práctico: En la instalación, funcionamiento y mantenimiento.
- Accesible: Se espera que el dispositivo sea económicamente accesible, siendo una buena solución para aquellos usuarios que no puedan acceder a una remodelación general del sistema de plomería.

Anexo B

Hoja Técnica del Sistema Recover de BioMicrobics

The RECOVER[®] Residential Water Recovery system is a state-of-the-art appliance for the modern home.

Reduce indoor water use by up to 30%.

Using hassle-free and efficient CleanScreen[™] technology, RECOVER reuses water from showers and bathtubs to fill and flush toilets.



CleanScreen[™] Technology

- Low maintenance
- Self-cleaning filter
- Top-up of disinfectant every 4 to 6 months
- Designed for reliability and ease of maintenance

Excellent Water Savings

- 30% potable water savings
- Savings on sewage discharge
- Reduced flows to septic systems
- Prevents wells being pumped dry

Smart Technology

- Recover learns your toilet tank size to optimize water savings
- Tank clean cycle automatically flushes tank as required
- Auto-away mode, preserves water freshness and conserves while you are away

Small Environmental Footprint

- Recycled content used in plastic components
- Eco friendly packaging
- Low electrical consumption (only 30 kwh/year)

Compact Size

- Optimized tank storage for average household
- Fits through 24" doorway
- Compact footprint in mechanical room



RECOVER[®] uses an intuitive display that shows how much water is being saved and when maintenance is required.



CleanScreen[™] is industry-leading technology that uses 100 micron, gravity-flow optimized filtration, that self-cleans and sanitizes with high-pressure recycled water.

Specifications

Part Number: 901000

Dimensions: 61" x 22" x 19"

Weight: 80lb (when empty)

Tank Storage Volume: 200 L

Power Requirements: 15A, 115V AC GFCI plug outlet required. System runs on 24V DC power with onboard AC to DC 6.5A power converter

Certifications: Certified to CSA B128.1/2

Pump: 24V DC pump, thermally protected, 65 PSI max output pressure, UL and CSA certified, built-in check valve

Pumped Discharge: 3.2 GPM max

Filtration: Gravity fed 100 micron, self-cleaning filter element

Disinfectant: Trichlor tablets, 3" diameter, slow dissolving (pool pucks)

Drain Connections: all connections 2" Schedule 40 (DWV) with mechanical rubber coupling (included)

Pressure Connections: 1/2" CTS quick connect fittings suitable for use with copper, CPVC or PEX piping

Cross Connection Control Features:

Built-in air gap for potable make-up water connection

- 26mm air gap, compliant with plumbing codes
- Vented to atmosphere
- Overflow Protection
- Tamper resistant

Optional dye added to water for visual indication (NSF certified)

System Alarms: Audible and Visual indicators with auto shut-off protection for the following alarms:

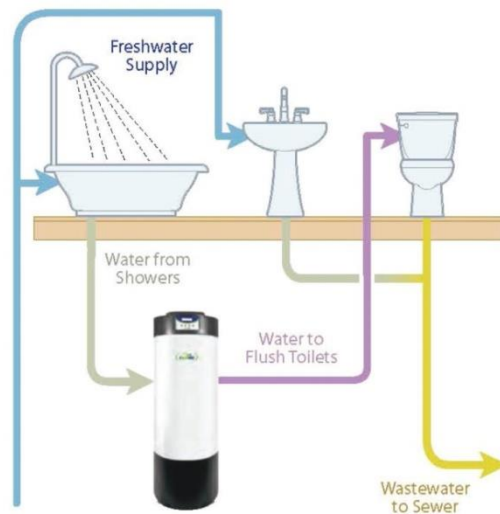
- Tank overflow
- Valve stuck open/closed
- Pump over-run (exceeding 20min)
- Annual maintenance required
- Refill chlorine tablets
- Refill dye liquid
- Emergency tank drain
- Tank refill valve
- Toilet flush valve leak
- Toilet fill valve leak



Dimensions



Typical Installation



Anexo C

Hoja Técnica de AQUUS de Ecohoe Solutions S.L.

El sistema AQUS® es un sistema autónomo que recoge el agua usada del lavamanos y la reutiliza en el inodoro.

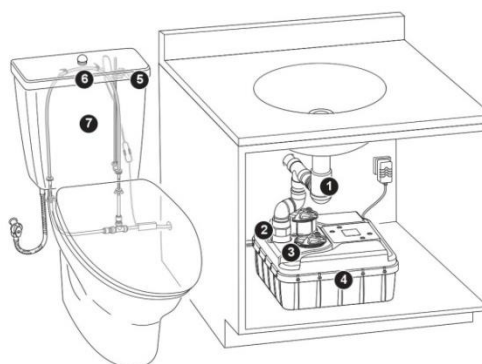
El agua es filtrada y desinfectada y se almacena en un pequeño depósito.

Funcionamiento del sistema

- 1 El agua sale por el desagüe del lavabo y se dirige al AQUS
- 2 El agua pasa sobre una pastilla desinfectante que controla bacterias y otros contaminantes.
- 3 El filtro retiene cabellos y otros objetos sólidos.
- 4 El depósito almacena hasta 20 litros de agua tratada.
- 5 Cuando se tira de la cadena, un sensor de nivel en la cisterna activa la bomba del AQUS.



- 6 El agua reciclada llena la cisterna a través de accesos independientes del agua de red.
- 7 La proporción de agua reciclada/agua de red que llena la cisterna es aproximadamente del 80/20%. De esta manera se asegura que la cisterna del WC siempre recibe agua, independientemente del nivel de agua en el AQUS, o en caso de interrupción de fluido eléctrico. Si el AQUS recibiera más agua de la que puede almacenar, el agua excedente saldría por el desagüe.



Ventajas del sistema

- **Ahorro** del consumo de agua y la factura correspondiente.
- **Solución de bajo coste con rápido retorno de la inversión.**
- **Fácil instalación**, sin obras, en menos de 2 horas.
- **Mínimo mantenimiento**, sin necesidad de reemplazar filtros. Únicamente se precisa colocar tres pastillas desinfectantes y limpiar el filtro aproximadamente cada año.
- **Se adapta a cualquier baño**, fácilmente ocultable.
- **Mínimo nivel sonoro** y sin olores.



Anexo D

Hoja Técnica de Ecoplay de Ecohoe Solutions S.L.



El **ECOPLAY®** es un sistema inteligente de gestión y reciclaje del agua que la recoge procedente de la ducha y la bañera, la trata y la reutiliza para uno o dos inodoros.

El agua procedente del baño o la ducha se recoge, es filtrada y los objetos sólidos que arrastra se separan mediante procesos de sedimentación y flotación. La que resta es tratada y se almacenada en un depósito con capacidad para 20 descargas del WC.

Funcionamiento del sistema

- 1 Entrada de agua procedente de ducha/baño.
- 2 Entrada de agua de red.
- 3 Tanque de limpieza.
- 4 Tanque de almacenamiento.
- 5 Decantador superior (conectado al desagüe) con sensor de paso de aguas grises.
- 6 Unidad de Control Electrónico (UCE).
- 7 Unidad dosificadora de bactericida.
- 8 Pulsador de la cisterna.
- 9 Cisterna del inodoro.
- 10 Tubería de seguridad para conexión a 2ª unidad.
- 11 Inodoro.
- 12 Tubería de desagüe.

Cuando se utiliza el WC, el agua entra por gravedad en la cisterna del inodoro (o se bombea si el segundo inodoro está lejos o en el piso superior). El agua se mantiene constantemente en condiciones gracias a un sistema inteligente que no requiere intervención por parte del usuario

Ventajas de los sistemas Ecoplay

- **Sistema inteligente.** La unidad de control electrónico gestiona el funcionamiento de todo el sistema, ya que monitoriza la edad del agua, reconociendo la entrada adicional de agua gris.
- **Descarga automática.** El sistema descarga automáticamente cada 24/48 horas desde la última vez que se usó el inodoro. La unidad de control gestiona el agua durante ausencias del usuario.
- **Sistema seguro, higiénico y autolimpiable.** Garantiza la seguridad del sistema y su autolimpieza, así como la desinfección e higiene en todo momento, y evitando el desarrollo de bacterias y malos olores.
- **Sistema constructivo para instalaciones ocultas con múltiples combinaciones.** Ecoplay permite múltiples combinaciones constructivas ya que permite alimentar hasta 2 inodoros a la vez, independientemente de la distribución de los elementos del baño, y de las plantas.
- **Mínimo nivel sonoro.**
- **Sistema ecológico.** Ecoplay contribuye a reducir las emisiones de CO₂, reduciendo el consumo de agua y consecuentemente el volumen de tratamiento de las aguas residuales.
- **Dónde se instala.** Instalaciones ocultas detrás de pared ligera o de obra.
- **Para todo tipo de proyectos.** Ideal para obra nueva, rehabilitación o reforma.
- El nuevo Ecoplay 2011 podrá alimentar un segundo sanitario sin necesidad de cisterna.



Anexo E

Hoja Técnica de Profile Smart 305 de Caroma

Profile Smart 305 Round Front Plus 1.28/0.8 gpf (4.8/3 l) Dual Flush HET

Two Piece Ultra Low Flush (ULF) Vitreous China Washdown Toilet with Integral Sink



A modern concept close coupled washdown **1.28/0.8 gpf (4.8/3 l) Profile Smart 305** dual flush high efficiency toilet (HET) featuring a screw down fitted sink with unique two button activation providing substantial water savings compared to other HET or standard toilets and smooth rounded contours for easy cleaning. The closet bowl has been designed with a **12" (305mm)** outlet rough-in. The Profile tank with sink is an integrated system comprising of tank with high performance outlet valve and fitted with low profile push buttons. An innovative dual-flush push button and faucet combination that saves water by allowing the same water to be used for two purposes. Fresh water is first used for hand washing and then flows into the tank to ultimately flush the toilet.

Closet Bowl: **305 Round Front Plus** 1.28/0.8 gpf (4.8/3 l) full flush washdown closet bowl with boxed flushing rim.

Outlet: Floor mounted 305 outlet connection.

Tanks: **Profile Smart Tank** – with a screw down integrated sink. Suitable for domestic and light commercial applications.

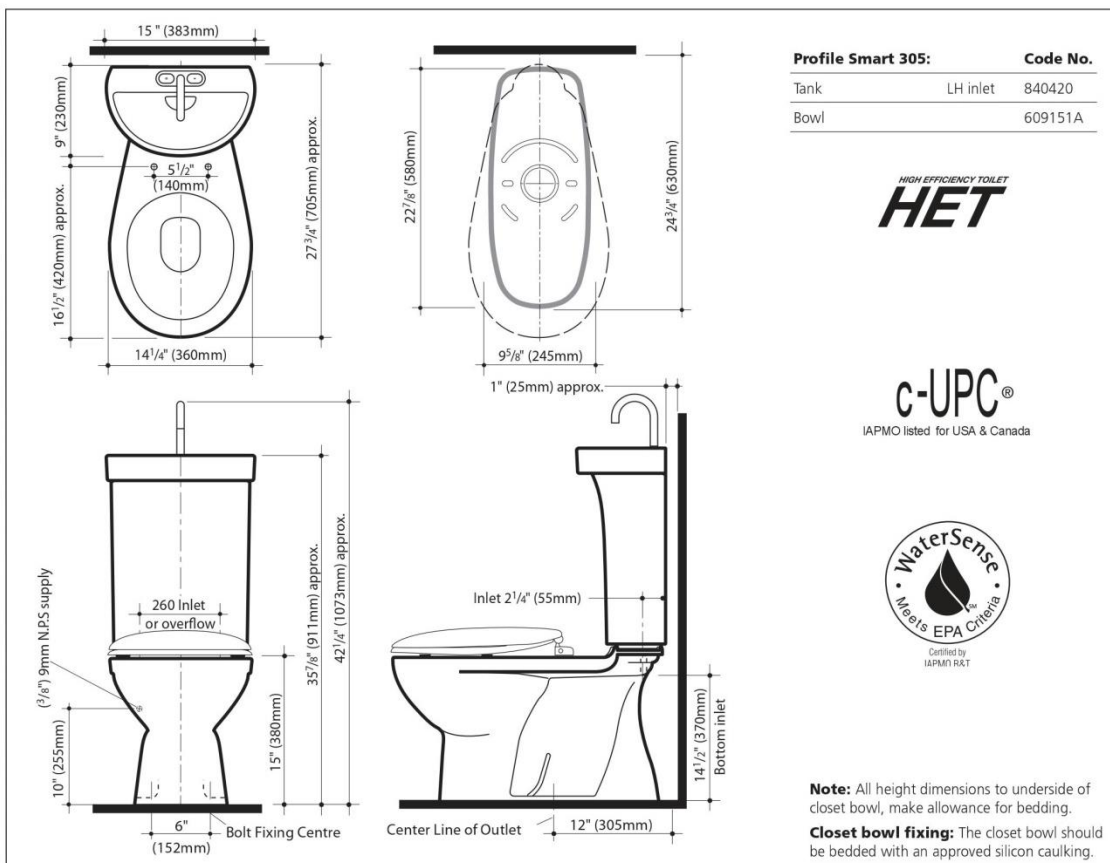
Weight: 96 lbs (44 kg).

Water Control Valve: **Standard Bottom Entry Tank** – available as left hand inlet and incorporates a super quiet water control assembly. Internal overflow only.

Fixing: The tank is fixed directly to the closet bowl with a robust base fixing system without the need for wall fixing.

Seats: The following Caroma seats are recommended: **Detachable** Code No.301032, White only.

Colors: White only.
Dimensions: All dimensions are in inches and millimetres and are subject to normal manufacturing variations. Caroma pursues a policy of continuing improvement in design and performance of its products. The right is therefore reserved to vary specifications without notice.



Anexo F

Hoja Técnica de Aquaserve de Roth

FICHA TÉCNICA

AQUASERVE 300 PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Descripción

El conjunto Aquaserve está diseñado para la reutilización de aguas grises provenientes de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines, lavado de vehículos, etc. cumpliendo el R.D.1620/2007 "Reutilización de aguas depuradas".

El equipo Aquaserve a través de su sistema de filtración por membranas biológicas (MBR) separa los sólidos suspendidos, materia orgánica, jabones, detergentes, etc. de las aguas grises domésticas.

El paso de membrana del equipo Aquaserve es de 50 nanómetros, lo cual otorga al equipo un rendimiento del 99.9999% de eliminación de E.coli y huevos de Nemátodos.

El equipo Aquaserve incorpora sistema automático que abastece de agua de red en caso de insuficiente aporte de aguas grises para su reutilización (ej. Épocas vacacionales, etc).

El conjunto Aquaserve consta de:

- Depósito recepción de aguas grises de 650l de capacidad.
- Consola de control con automatismos. Consumo 80 W.h.
- Reactor biológico aeróbico con filtro de membranas (MBR).
- Bomba sumergida + válvula antirretorno para impulsión de aguas recicladas a servicios.
- Capacidad: 2.300 l/h a 30 m.c.a.
- Sistema de control de nivel en los depósitos.

Dimensiones

1.- Depósito recepción aguas grises.

Depósito Rothagua de 650 l de capacidad, en el que se introduce el reactor biológico aeróbico con filtro de membranas. Incluye sonda de nivel de aguas grises.



Deposito receptor 650 L
800 x 800 x 1500 mm.



Reactor biológico
aeróbico
500 x 500 x 1000 mm.



Membranas filtrantes con paso 50 nm
200 x 210 x 490mm.

2.- Consola de control



Compacto donde se ubican el temporizador de funcionamiento, soplante, dispositivo de entrada de aguas potables de red y dispositivo de control de presión de agua reciclada en la instalación.

Potencia de soplante 80 W.

El horario de funcionamiento es gestionado por el temporizador.

Consola técnica
 550 x 320 x 540 mm.

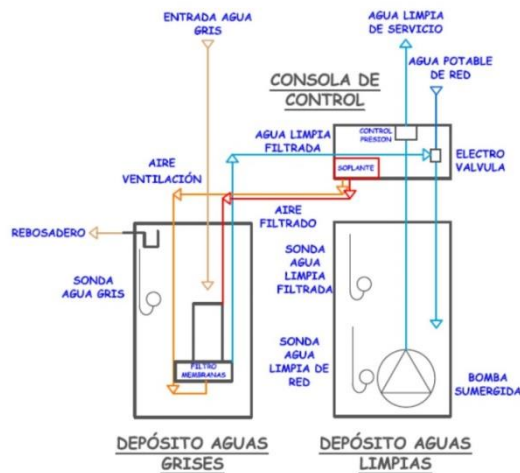
3.- Depósito acumulador de aguas tratadas

La selección del depósito para acumular las aguas tratadas depende del tipo de instalación. En el propio depósito se instala sistema de control de nivel de agua (entrada de agua potable de red y agua reciclada).

Mantenimiento

1. Ahorro importante del consumo de agua potable.
2. Rápida amortización del equipo.
3. Compromiso con el medio ambiente. El sistema de filtración por membranas biológicas es totalmente natural y no aporta ningún producto químico al agua.
4. Bajo consumo eléctrico.
5. El conjunto Aquaserve sistema no genera residuos.
6. El equipo dispone de un dispositivo que abastece de agua de red a la vivienda en caso de falta de aporte de caudal de aguas grises.
7. Fácil mantenimiento.

Esquema



Todos los datos, informaciones técnicas y dimensiones indicados en este documento son a título informativo y pueden ser modificados sin previo aviso.

Global Plastic, S.A. inscrita en el Registro Mercantil de Navarra, tomo 645, folio 38, hoja nº NA-13.377. Inscripción 1ª - C.I.F.: A31639792

Anexo G

Hoja de precio del Profile Smart 305 de Caroma (15/02/2018)



Profile Smart 305 Round Front Toilet with Integral Basin

Breakthrough Innovation. After flushing, fresh cold water is directed through the faucet for hand washing and drains into the tank to be used for the next flush. The Profile Smart 305 is a bold demonstration of Caroma®'s commitment to both water conservation and optimized flushing performance.

- Integrated basin for maximum water savings. Chrome Buttons built in to faucet design.
- 1.28/0.8 gallon (4.8/3 litre) two button dual flush toilet
- Signature trapway; fully glazed and twice the size of the industry standard, making the Profile Smart virtually uncloggable
- 12" rough in
- MaP Premium Certified 800 grams
- Watersense Labelled

DESCRIPTION	CODE	WEIGHT (LBS)	US LIST
Profile Smart Tank	840420W	42	\$441
305 Round Front Easy Height Bowl	609151AW	54	\$199
Tank and Bowl		96	\$640

Additional Highlights



Dual Innovation

- Signature Caroma® trapway is more than twice the size of the industry standard so virtually eliminates clogging.
- Unique integral wash basin that activates dual-flush. Extreme water and space savings!

www.caromausa.com PSRF-180101USA



Anexo H

Hoja de precio del Aquaserve de Roth (2015)



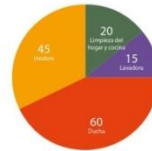
SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Tarifa precios 2015

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01.03.2015

AQUASERVE. Sistema para viviendas unifamiliares y consumos moderados



Litros por persona y día

Consumo de agua potable

- Una persona utiliza entre 15 y 20 m³/año de agua potable en la cisterna del inodoro.
- El agua de las duchas se puede reutilizar para alimentar las cisternas de los inodoros.
- **Con sistemas de reutilización de aguas grises, se puede ahorrar entre un 30% y un 45% del agua potable.**

Características y ventajas

- El conjunto AQUASERVE está diseñado para la reutilización de aguas grises domésticas provenientes de duchas y bañeras en la descarga de inodoros, riego de jardines, lavado de vehículos, etc., cumpliendo el RD 1620/2007 "Reutilización de aguas depuradas".
- El equipo AQUASERVE, a través de su sistema de filtración por membranas biológicas (MBR), separa los sólidos suspendidos, materia orgánica, jabones, detergentes, etc., de las aguas grises domésticas.
- El paso de membrana del equipo AQUASERVE es de 50 nanómetros, lo cual otorga al equipo un **rendimiento del 99,9999%** de eliminación de E. coli y huevos de nemátodos.

Funcionamiento y normativa

- A nivel autonómico se van aprobando normativas obligando a la instalación de equipos de reutilización de aguas grises en nuevas construcciones. Los equipos han de cumplir el Real Decreto 1620/2007 "Reutilización de aguas depuradas".
- Los equipos de reutilización de aguas grises de Roth cumplen con todas las exigencias de las normativas. Tienen una aplicación sencilla y eficaz tanto en edificios de nueva construcción como en reformas.
- **Adecuados para: Viviendas unifamiliares, edificios públicos, pequeños hoteles, administración, oficinas y en general, instalaciones con consumos moderados.**
- El sistema AQUASERVE ha sido certificado con el **Marcado CE** cumpliendo las exigencias de las normas **EN 292, EN 60335-1, EN 60335-2-41, EN 55014-1, EN 55014-2 y EN 1717.**

Componentes

Componentes				
Reactor biológico aeróbico	Consola técnica	Membranas filtrantes	Depósito acumulación 650 litros	Grupo de bombeo aguas tratadas
1	1	1	1	1

Modelos y dimensiones

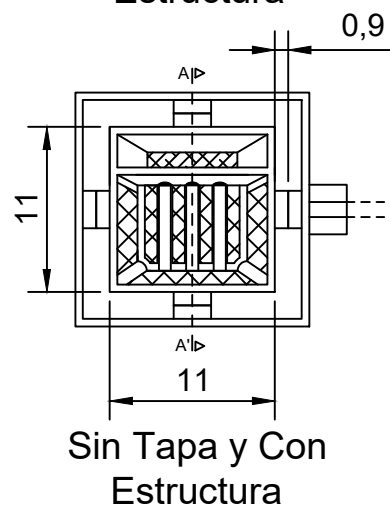
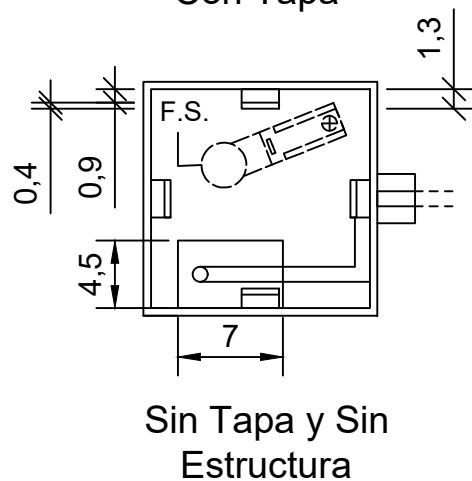
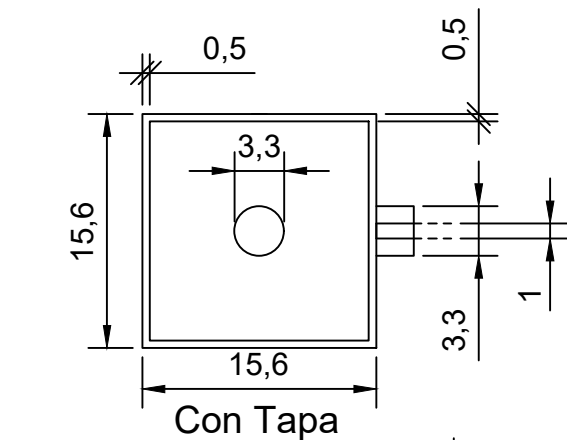
Componentes	Volumen (l)	Caudal (l/h)	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Altura (mm)	Ent/Sal. Ø (mm)	Tecnología filtrado
Consola de control	-	40	550	320	540	32	MBR
Depósito Rothagua®	650	40	800	800	1.500	90	MBR

Tarifa

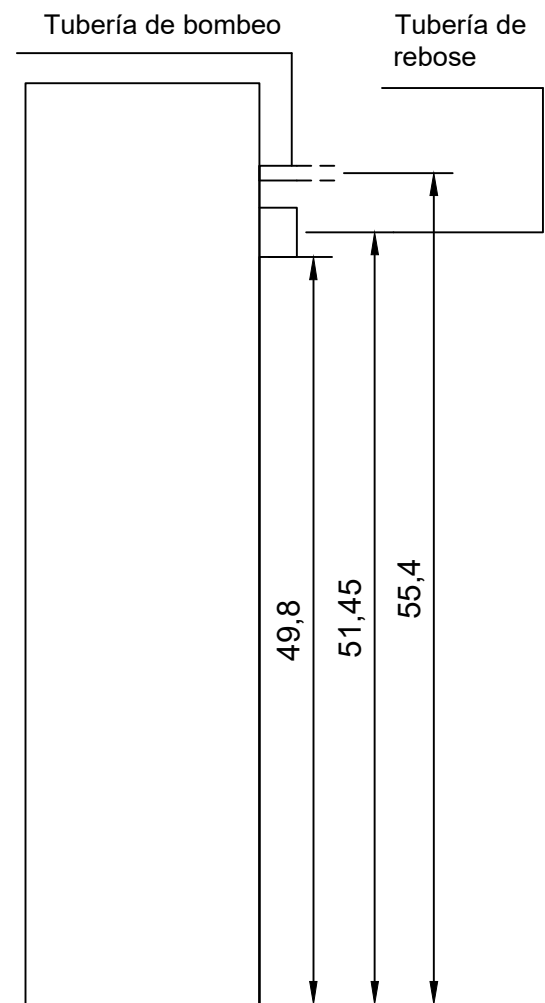
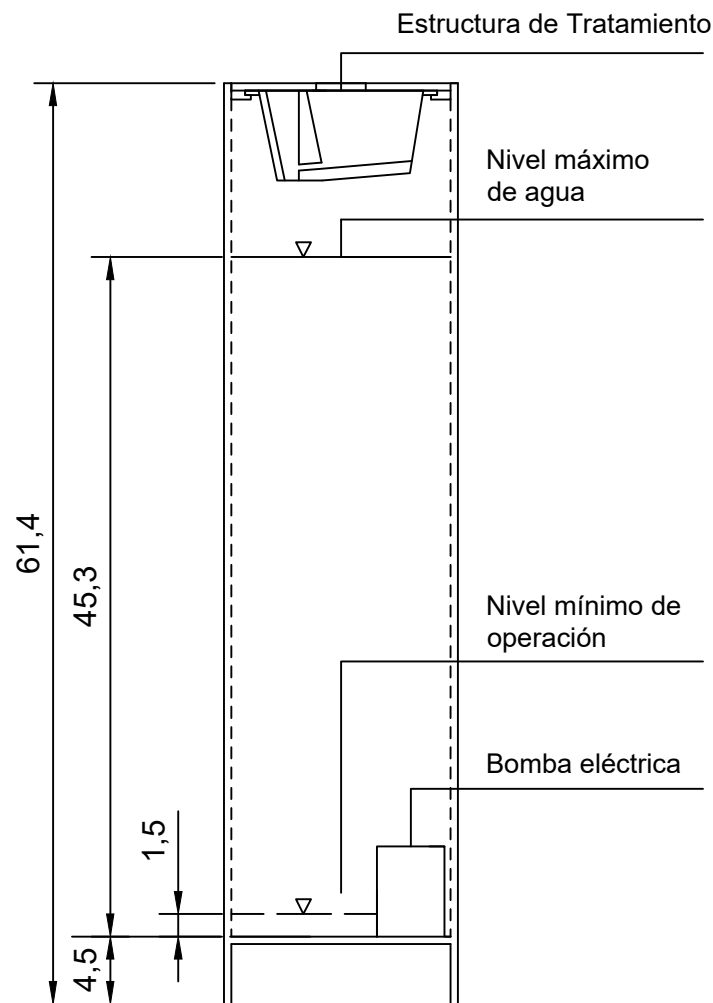
Modelo	Volumen (l)	Caudal (l/h)	Referencia	PVP €/ud
Aquaserve	650	40	1221200196	9.325,00

Anexo I

Vistas y Cortes del prototipo AquaSalvis



Vista de Planta



Vista Lateral

Notas:

- 1.- Todas las medidas están expresadas en centímetros.
- 2.- Las dimensiones y medidas del prototipo son del producto ya construido, es decir, este plano no es el plano de diseño original del proceso de concepción.
- 3.- Para el detallado de la Estructura de Tratamiento, revise el plano AG-02.
- 4.- El F.S. (Flotante Sumergido) no se detalló ni se representó en el Corte A-A', porque no estuvo operativo.

Vistas y Cortes del Prototipo AquaSalvis

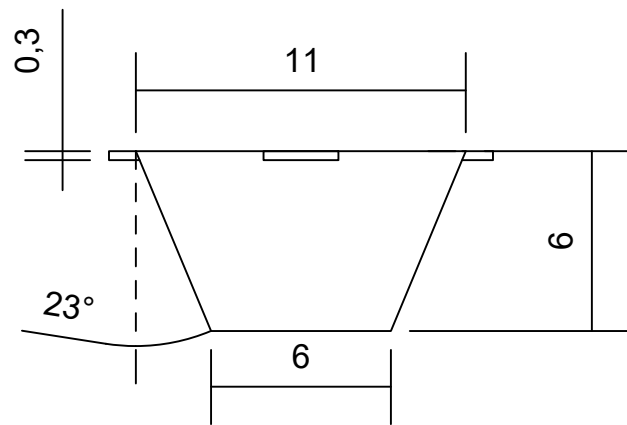
Empresa Grupo IID6 C.A.	Proyecto / Producto AQUASALVIS
Supervisor Empresarial Ing. Elis Lobatón	Diseñador José Salazar Mayz

Fecha
Abril del 2019
Escala
1:5

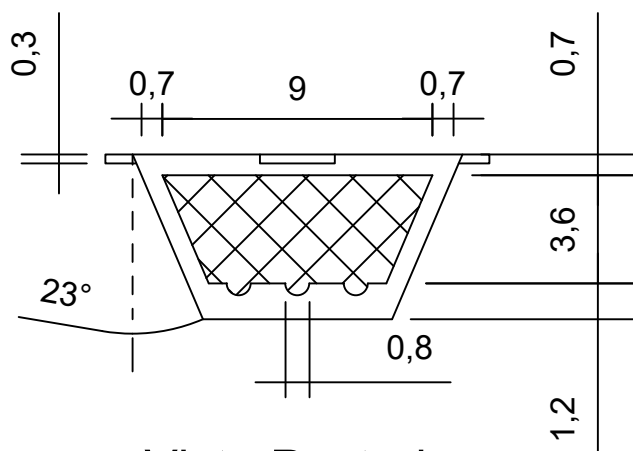
AG-01

Anexo J.

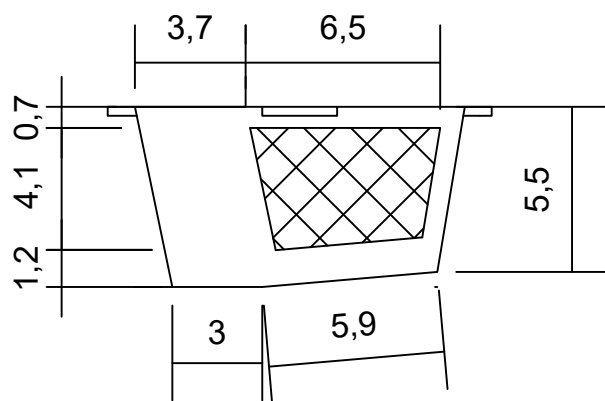
Vistas y Cortes de la Estructura de Tratamiento del Prototipo AquaSalvis



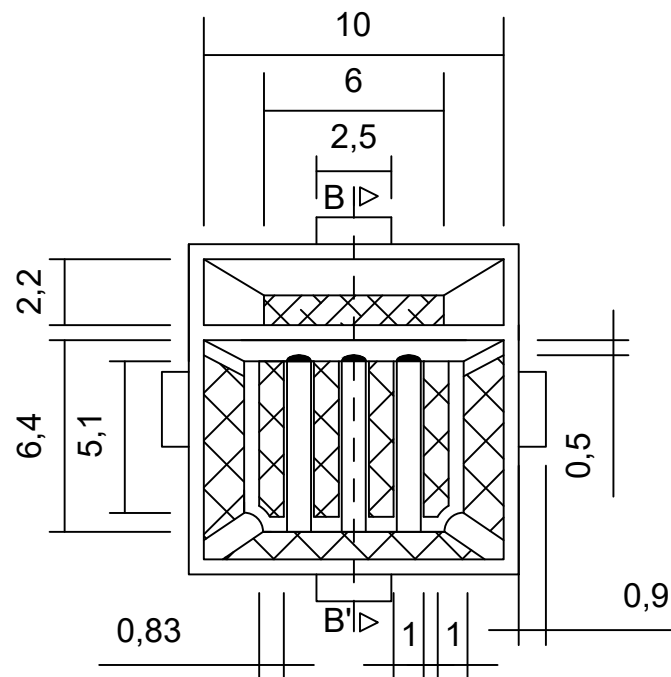
Vista Frontal



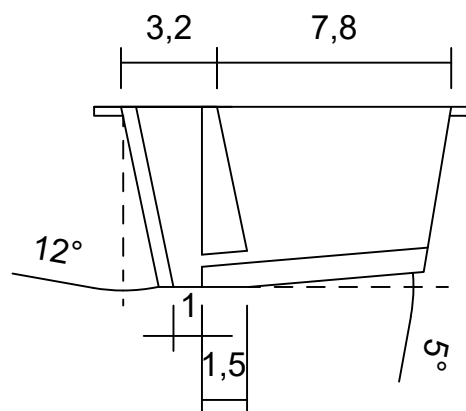
Vista Posterior



Vista Lateral



Vista de Planta



Corte B - B'

Notas:

- 1.- Todas las medidas están expresadas en centímetros.
- 2.- Las dimensiones y medidas de la estructura de tratamiento son del producto ya construido, es decir, este plano no es el plano de diseño original del proceso de concepción.
- 3.- La malla del tamizado #1 retiene sólidos mayores a 1mm y la malla del tamizado #2 retiene sólidos mayores a 521 micras.

Leyenda:

-  Malla del proceso de tamizado #1.
-  Malla del proceso de tamizado #2.

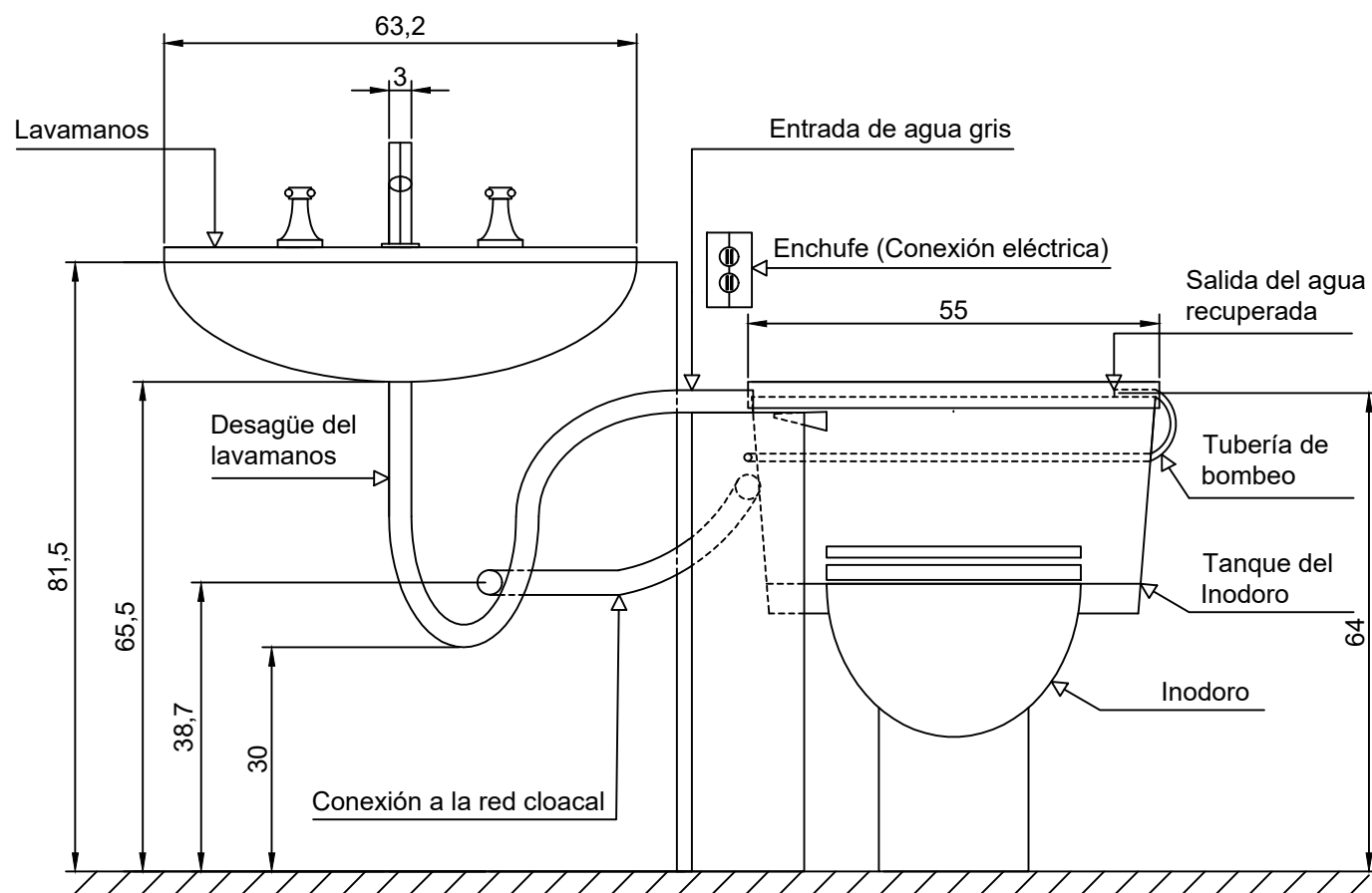
Vistas y Cortes de la Estructura de Tratamiento del Prototipo AquaSalvis

Empresa Grupo IID6 C.A.	Proyecto / Producto AQUASALVIS
Supervisor Empresarial Ing. Elis Lobatón	Diseñador José Salazar Mayz

Fecha Abril del 2019	AG-02
Escala 1:2,5	

Anexo K.

Conexiones e Instalación del Sistema Hidráulico del Prototipo AquaSalvis



Notas:

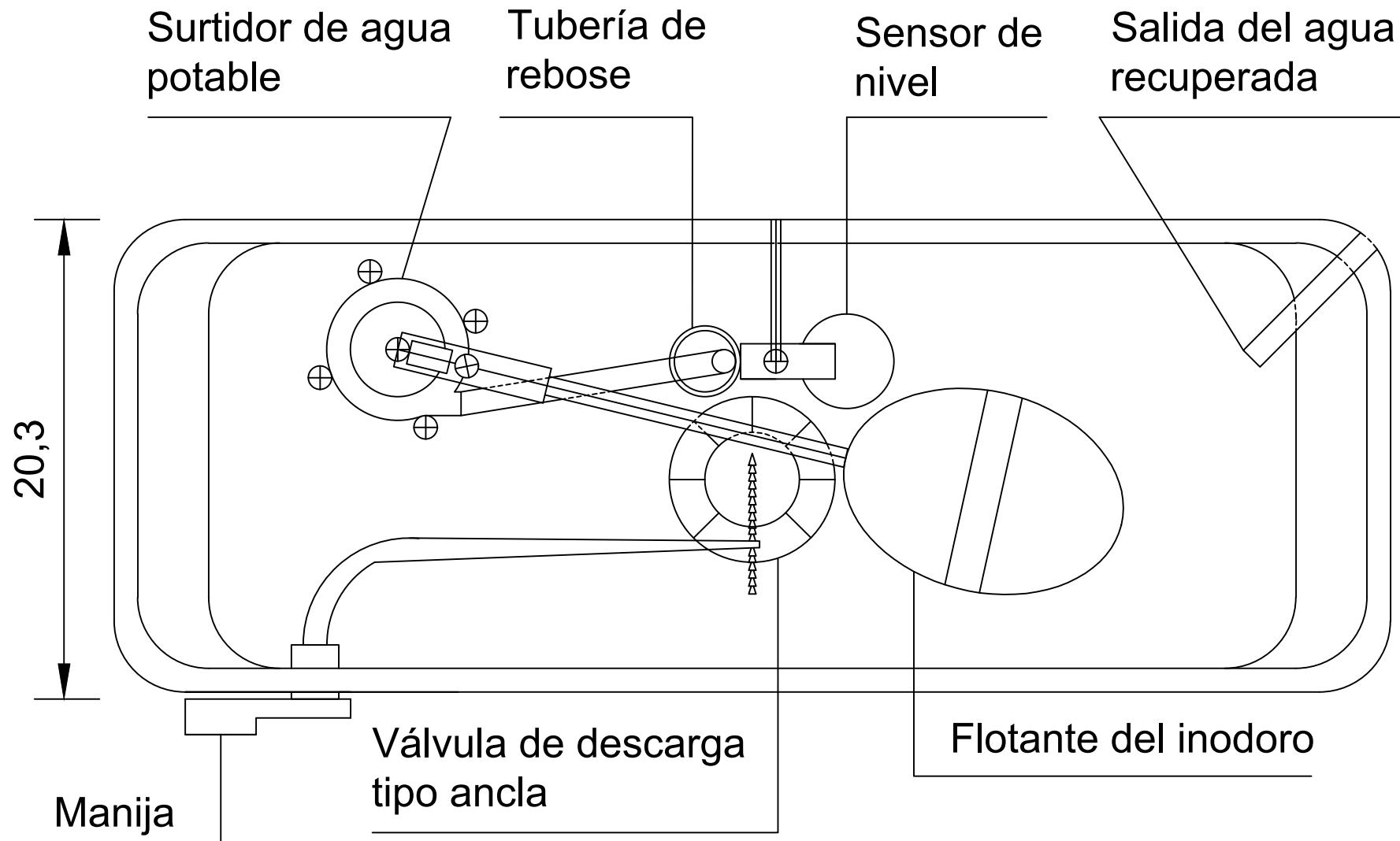
- 1.- Todas las medidas están expresadas en centímetros.
- 2.- Las dimensiones del inodoro están basados en un Inodoro marca Veraceramica con capacidad de 15 litros por descarga.
- 3.- La configuración del sistema fue resultado de las limitaciones de espacio por los inmuebles contenidos dentro del sitio de estudio.
- 4.- Las dimensiones del dispositivo se encuentra en el plano AG-01 y la conexiones dentro del inodoro en el plano AG-04.

Conexiones e instalación del sistema hidráulico del prototipo AquaSalvis

Empresa Grupo IID6 C.A.	Proyecto / Producto AQUASALVIS
Supervisor Empresarial Ing. Elis Lobaton	Diseñador José Salazar Mayz
Fecha Abril del 2019	AG-03
Escala 1:10	

Anexo L

Conexiones e Instalación del Sensor y la Tubería de Bombeo del Prototipo AquaSalvis en el tanque del inodoro



Notas:

- 1.- Todas las medidas están expresadas en centímetros.
- 2.- Las dimensiones del inodoro están basados en un Inodoro marca Veraceramica con capacidad de 15 litros por descarga.

Instalación del sensor y la tubería de bombeo del prototipo AquaSalvis en el tanque del inodoro

Empresa Grupo IID6 C.A.	Proyecto / Producto AQUASALVIS
Supervisor Empresarial Ing. Elis Lobatón	Diseñador José Salazar Mayz

Fecha
Abril del 2019
Escala
1:2,5

AG-04

Anexo M

**Equipo de Laboratorio para las pruebas de Turbiedad, pH, Conductividad específica,
Color aparente y Cloro residual**



Turbidímetro.



pHmetro.



Tubos Nessler con soluciones de platino cobalto.



Conductímetro



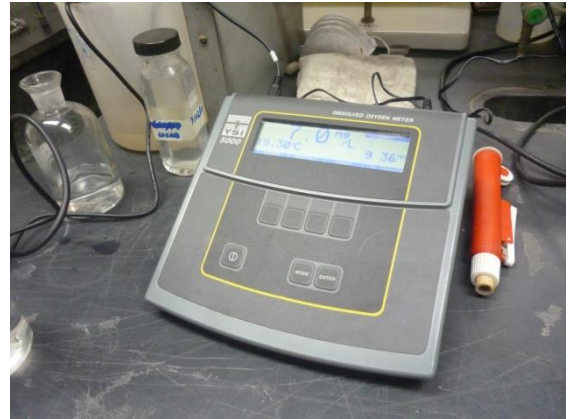
Equipo de medición de cloro residual por el método DPD.

Anexo N

Equipo de Laboratorio para las pruebas de DBO y DQO



Frascos Winkler para muestras de DBO.



Oxímetro.



Lectura de oxígeno en muestras de DBO.



Reactor de DQO.



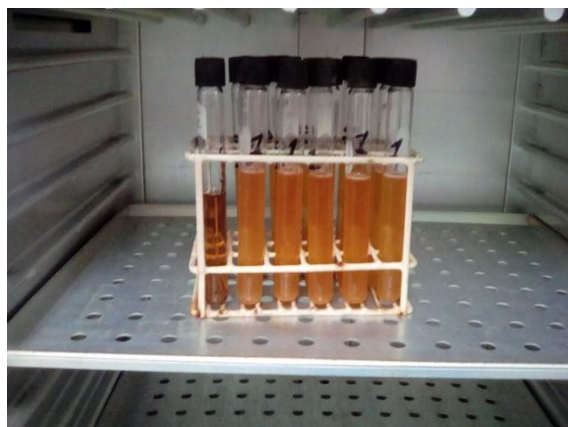
Viales de muestras de DQO.



Espectrómetro UV-Visible.

Anexo O

Ensayo de Tubos Múltiples en muestras de agua gris cruda y recuperada



Resultado de un ensayo de Tubos Múltiples para Coliformes Totales (Presuntivo).



Resultado de un ensayo de Tubos Múltiples para Coliformes Totales (dilución de 1 ml y 5 tubos).



Resultado de un ensayo de Tubos Múltiples para Coliformes Fecales.

Anexo P

Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio

Información básica de las piezas sanitarias	
Volumen de descarga del inodoro (litros)	15
Caudal del lavamanos (litros/segundo)	0,071

Fecha	Usos del Inodoro	Tiempo de Lav (segundos)		Volumen (litros)				Ahorro (%)
		Total	Ultimo Uso	WC	Lav	Alm	WC + Lav	
09-ene	6	78,0	3,0	90,00	5,54	0,21	95,54	6%
10-ene	5	88,0	20,0	75,00	6,25	1,42	81,25	7%
11-ene	3	38,0	3,0	45,00	2,70	0,21	47,70	9%
12-ene	4	65,0	3,0	60,00	4,62	0,21	64,62	8%
13-ene	3	22,0	0,0	45,00	1,56	0,00	46,56	4%
14-ene	3	78,0	48,0	45,00	5,54	3,41	50,54	5%
15-ene	5	39,0	5,0	75,00	2,77	0,36	77,77	8%
16-ene	7	81,0	0,0	105,00	5,75	0,00	110,75	6%
17-ene	3	26,0	15,0	45,00	1,85	1,07	46,85	2%
18-ene	2	38,0	0,0	30,00	2,70	0,00	32,70	13%
19-ene	6	82,0	0,0	90,00	5,82	0,00	95,82	6%
20-ene	7	80,0	20,0	105,00	5,68	1,42	110,68	4%
21-ene	4	39,0	0,0	60,00	2,77	0,00	62,77	7%
22-ene	4	122,0	0,0	60,00	8,66	0,00	68,66	14%
23-ene	5	34,0	12,0	75,00	2,41	0,85	77,41	2%
24-ene	6	58,0	0,0	90,00	4,12	0,00	94,12	6%
25-ene	3	42,0	12,0	45,00	2,98	0,85	47,98	5%
26-ene	5	96,0	0,0	75,00	6,82	0,00	81,82	10%
27-ene	6	71,0	0,0	90,00	5,04	0,00	95,04	6%
28-ene	5	74,0	0,0	75,00	5,25	0,00	80,25	7%
29-ene	5	67,0	15,0	75,00	4,76	1,07	79,76	5%
30-ene	5	55,0	12,0	75,00	3,91	0,85	78,91	5%
31-ene	4	57,0	15,0	60,00	4,05	1,07	64,05	6%
01-feb	3	59,0	0,0	45,00	4,19	0,00	49,19	12%
02-feb	3	18,0	0,0	45,00	1,28	0,00	46,28	3%
03-feb	3	57,0	0,0	37,50	4,05	0,00	41,55	11%
04-feb	3	85,0	20,0	37,50	6,04	1,42	43,54	12%
05-feb	3	56,5	6,3	45,00	4,01	0,44	49,01	11%
06-feb	5	183,5	0,0	67,50	13,03	0,00	80,53	20%
07-feb	4	96,5	3,0	52,50	6,43	0,21	58,93	12%
08-feb	1	44,0	0,0	15,00	3,12	0,00	18,12	22%

09-feb	4	32,0	8,0	60,00	2,27	0,57	62,27	3%
10-feb	3	24,0	0,0	45,00	1,70	0,00	46,70	5%
11-feb	5	47,0	0,0	75,00	3,34	0,00	78,34	4%
12-feb	5	53,0	0,0	75,00	3,76	0,00	78,76	5%
13-feb	3	44,0	12,0	45,00	3,12	0,85	48,12	5%
15-feb	3	20,0	0,0	45,00	1,42	0,00	46,42	5%
16-feb	3	27,0	3,0	45,00	1,92	0,21	46,92	4%
17-feb	7	39,0	12,0	105,00	2,77	0,85	107,77	2%
18-feb	3	22,0	0,0	45,00	1,56	0,00	46,56	5%
19-feb	4	46,0	12,0	60,00	3,27	0,85	63,27	4%
20-feb	3	17,0	12,0	45,00	1,21	0,85	46,21	3%
21-feb	6	42,0	0,0	90,00	2,98	0,00	92,98	4%
22-feb	2	34,0	19,0	30,00	2,41	1,35	32,41	4%
23-feb	4	31,0	0,0	60,00	2,20	0,00	62,20	6%
25-feb	2	27,0	0,0	30,00	1,92	0,00	31,92	6%
26-feb	3	43,0	0,0	45,00	3,05	0,00	48,05	7%
27-feb	2	24,0	0,0	30,00	1,70	0,00	31,70	6%
28-feb	1	12,0	0,0	15,00	0,85	0,00	15,85	6%
01-mar	2	38,0	12,0	30,00	2,70	0,85	32,70	6%
02-mar	3	24,0	0,0	45,00	1,70	0,00	46,70	6%
03-mar	2	12,0	12,0	30,00	0,85	0,85	30,85	0%
04-mar	5	50,0	3,0	75,00	3,55	0,21	78,55	6%
05-mar	7	78,0	12,0	105,00	5,54	0,85	110,54	5%
06-mar	1	27,0	3,0	15,00	1,92	0,21	16,92	17%
07-mar	6	60,0	12,0	90,00	4,26	0,85	94,26	4%
08-mar	3	9,0	3,0	45,00	0,64	0,21	45,64	3%
09-mar	4	79,0	0,0	60,00	5,61	0,00	65,61	10%
19-mar	4	34,0	3,0	60,00	2,41	0,21	62,41	4%
20-mar	4	52,0	0,0	60,00	3,69	0,00	63,69	7%
21-mar	3	27,0	0,0	45,00	1,92	0,00	46,92	4%
22-mar	3	24,0	0,0	45,00	1,70	0,00	46,70	4%
23-mar	3	27,0	0,0	45,00	1,92	0,00	46,92	4%
24-mar	5	57,0	12,0	75,00	4,05	0,85	79,05	4%
25-mar	2	12,0	12,0	30,00	0,85	0,85	30,85	3%
16-abr	3	77,5	12,5	45,00	5,50	0,89	50,50	10%
17-abr	3	98,0	8,0	45,00	6,96	0,57	51,96	16%
18-abr	3	57,0	0,0	37,50	4,05	0,00	41,55	12%
19-abr	3	57,5	6,0	45,00	4,08	0,43	49,08	8%
20-abr	6	101,5	16,5	82,50	7,21	1,17	89,71	8%

21-abr	4	110,0	4,0	60,00	7,81	0,28	67,81	14%
22-abr	5	83,0	31,5	67,50	5,89	2,24	73,39	6%
	4	52,89	6,29	57,19	3,75	0,45	60,94	6,89%

NOTA

1.- **WC** = Inodoro o Poceta

2.- **Lav** = Lavamanos

3.- **Alm** = Volumen de agua almacenado al final del día y disponible para el día posterior

4.- El **Total del Tiempo de Lav** incluye el Ultimo Uso

5.- El **Ultimo Uso** del Lav corresponde al tiempo de uso de lavamanos después de la última descarga del inodoro.

Anexo Q

Registro de Consumo de Agua en el Lavamanos en el sitio de estudio por Actividad

Fecha	Tiempo de ejecución de actividad en el lavamanos (segundos)					
	Lavado de dientes	Lavado de manos	Lavado de cara	Limpieza después de afeitarse	Limpieza del lavamanos	Total
09-ene	24,0	47,0	7,0	0,0	0,0	78,0
10-ene	72,0	16,0	0,0	0,0	0,0	88,0
11-ene	24,0	14,0	0,0	0,0	0,0	38,0
12-ene	24,0	34,0	7,0	0,0	0,0	65,0
13-ene	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	22,0
14-ene	36,0	35,0	7,0	0,0	0,0	78,0
15-ene	12,0	27,0	0,0	0,0	0,0	39,0
16-ene	48,0	33,0	0,0	0,0	0,0	81,0
17-ene	12,0	14,0	0,0	0,0	0,0	26,0
18-ene	24,0	14,0	0,0	0,0	0,0	38,0
19-ene	36,0	46,0	0,0	0,0	0,0	82,0
20-ene	48,0	25,0	7,0	0,0	0,0	80,0
21-ene	24,0	8,0	7,0	0,0	0,0	39,0
22-ene	60,0	48,0	14,0	0,0	0,0	122,0
23-ene	12,0	22,0	0,0	0,0	0,0	34,0
24-ene	36,0	15,0	7,0	0,0	0,0	58,0
25-ene	24,0	11,0	7,0	0,0	0,0	42,0
26-ene	48,0	38,0	7,0	3,0	0,0	96,0
27-ene	48,0	23,0	0,0	0,0	0,0	71,0
28-ene	48,0	19,0	7,0	0,0	0,0	74,0
29-ene	48,0	19,0	0,0	0,0	0,0	67,0
30-ene	36,0	19,0	0,0	0,0	0,0	55,0
31-ene	36,0	14,0	7,0	0,0	0,0	57,0
01-feb	48,0	11,0	0,0	0,0	0,0	59,0
02-feb	12,0	6,0	0,0	0,0	0,0	18,0
03-feb	41,5	12,0	3,5	0,0	0,0	57,0
04-feb	30,0	20,0	35,0	0,0	0,0	85,0
05-feb	27,5	9,0	20,0	0,0	0,0	56,5
06-feb	40,0	59,5	19,0	0,0	65,0	183,5
07-feb	62,0	16,0	18,5	0,0	0,0	96,5
08-feb	18,0	22,5	3,5	0,0	0,0	44,0
09-feb	24,0	8,0	0,0	0,0	0,0	32,0
10-feb	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
11-feb	24,0	16,0	7,0	0,0	0,0	47,0

12-feb	36,0	10,0	7,0	0,0	0,0	53,0
13-feb	36,0	8,0	0,0	0,0	0,0	44,0
15-feb	12,0	8,0	0,0	0,0	0,0	20,0
16-feb	24,0	3,0	0,0	0,0	0,0	27,0
17-feb	24,0	15,0	0,0	0,0	0,0	39,0
18-feb	12,0	3,0	7,0	0,0	0,0	22,0
19-feb	36,0	3,0	7,0	0,0	0,0	46,0
20-feb	12,0	5,0	0,0	0,0	0,0	17,0
21-feb	24,0	11,0	7,0	0,0	0,0	42,0
22-feb	24,0	3,0	7,0	0,0	0,0	34,0
23-feb	24,0	0,0	7,0	0,0	0,0	31,0
25-feb	12,0	8,0	7,0	0,0	0,0	27,0
26-feb	36,0	0,0	7,0	0,0	0,0	43,0
27-feb	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
28-feb	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
01-mar	24,0	0,0	14,0	0,0	0,0	38,0
02-mar	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
03-mar	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
04-mar	36,0	14,0	0,0	0,0	0,0	50,0
05-mar	24,0	24,0	0,0	0,0	30,0	78,0
06-mar	24,0	0,0	0,0	3,0	0,0	27,0
07-mar	38,0	22,0	0,0	0,0	0,0	60,0
08-mar	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	9,0
09-mar	36,0	3,0	0,0	0,0	40,0	79,0
19-mar	24,0	3,0	7,0	0,0	0,0	34,0
20-mar	36,0	6,0	10,0	0,0	0,0	52,0
21-mar	24,0	3,0	0,0	0,0	0,0	27,0
22-mar	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0
23-mar	24,0	3,0	0,0	0,0	0,0	27,0
24-mar	24,0	18,0	0,0	0,0	15,0	57,0
25-mar	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
16-abr	37	2,5	38	0	0	77,5
17-abr	37	42	19	0	0	98,0
18-abr	24,5	13,5	19	0	0	57,0
19-abr	30,5	8	19	0	0	57,5
20-abr	43,5	20	38	0	0	101,5
21-abr	55,5	32	22,5	0	0	110,0
22-abr	37	8	38	0	0	83,0

PROMEDIO	29,58	14,60	6,54	0,08	2,08	52,89
V (litros)	2,10	1,04	0,46	0,01	0,15	3,76
%	55,93%	27,60%	12,37%	0,16%	3,94%	100%

NOTA

1.- Aquellos días que fueron registrados con dos personas usando el prototipo, sus valores fueron divididos entre dos.

Anexo R

Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio con un solo usuario

CASO = UN SOLO USUARIO

Información básica de las piezas sanitarias	
Volumen de descarga del inodoro (litros)	15
Caudal del lavamanos (litros/segundo)	0,071

Fecha	Usos del Inodoro	Tiempo de Lav (segundos)		Volumen (litros)				Ahorro (%)
		Total	Ultimo Uso	WC	Lav	Alm	WC + Lav	
09-ene	6	78	3	90,00	5,54	0,21	95,54	6%
10-ene	5	88	20	75,00	6,25	1,42	81,25	7%
11-ene	3	38	3	45,00	2,70	0,21	47,70	9%
12-ene	4	65	3	60,00	4,62	0,21	64,62	8%
13-ene	3	22	0	45,00	1,56	0,00	46,56	4%
14-ene	3	78	48	45,00	5,54	3,41	50,54	5%
15-ene	5	39	5	75,00	2,77	0,36	77,77	8%
16-ene	7	81	0	105,00	5,75	0,00	110,75	6%
17-ene	3	26	15	45,00	1,85	1,07	46,85	2%
18-ene	2	38	0	30,00	2,70	0,00	32,70	13%
19-ene	6	82	0	90,00	5,82	0,00	95,82	6%
20-ene	7	80	20	105,00	5,68	1,42	110,68	4%
21-ene	4	39	0	60,00	2,77	0,00	62,77	7%
22-ene	4	122	0	60,00	8,66	0,00	68,66	14%
23-ene	5	34	12	75,00	2,41	0,85	77,41	2%
24-ene	6	58	0	90,00	4,12	0,00	94,12	6%
25-ene	3	42	12	45,00	2,98	0,85	47,98	5%
26-ene	5	96	0	75,00	6,82	0,00	81,82	10%
27-ene	6	71	0	90,00	5,04	0,00	95,04	6%
28-ene	5	74	0	75,00	5,25	0,00	80,25	7%
29-ene	5	67	15	75,00	4,76	1,07	79,76	5%
30-ene	5	55	12	75,00	3,91	0,85	78,91	5%
31-ene	4	57	15	60,00	4,05	1,07	64,05	6%
01-feb	3	59	0	45,00	4,19	0,00	49,19	12%
02-feb	3	18	0	45,00	1,28	0,00	46,28	3%
09-feb	4	32	8	60,00	2,27	0,57	62,27	3%
10-feb	3	24	0	45,00	1,70	0,00	46,70	5%
11-feb	5	47	0	75,00	3,34	0,00	78,34	4%
12-feb	5	53	0	75,00	3,76	0,00	78,76	5%
13-feb	3	44	12	45,00	3,12	0,85	48,12	5%

15-feb	3	20	0	45,00	1,42	0,00	46,42	5%
16-feb	3	27	3	45,00	1,92	0,21	46,92	4%
17-feb	7	39	12	105,00	2,77	0,85	107,77	2%
18-feb	3	22	0	45,00	1,56	0,00	46,56	5%
19-feb	4	46	12	60,00	3,27	0,85	63,27	4%
20-feb	3	17	12	45,00	1,21	0,85	46,21	3%
21-feb	6	42	0	90,00	2,98	0,00	92,98	4%
22-feb	2	34	19	30,00	2,41	1,35	32,41	4%
23-feb	4	31	0	60,00	2,20	0,00	62,20	6%
25-feb	2	27	0	30,00	1,92	0,00	31,92	6%
26-feb	3	43	0	45,00	3,05	0,00	48,05	7%
27-feb	2	24	0	30,00	1,70	0,00	31,70	6%
28-feb	1	12	0	15,00	0,85	0,00	15,85	6%
01-mar	2	38	12	30,00	2,70	0,85	32,70	6%
02-mar	3	24	0	45,00	1,70	0,00	46,70	6%
03-mar	2	12	12	30,00	0,85	0,85	30,85	0%
04-mar	5	50	3	75,00	3,55	0,21	78,55	6%
05-mar	7	78	12	105,00	5,54	0,85	110,54	5%
06-mar	1	27	3	15,00	1,92	0,21	16,92	17%
07-mar	6	60	12	90,00	4,26	0,85	94,26	4%
08-mar	3	9	3	45,00	0,64	0,21	45,64	3%
09-mar	4	79	0	60,00	5,61	0,00	65,61	10%
19-mar	4	34	3	60,00	2,41	0,21	62,41	4%
20-mar	4	52	0	60,00	3,69	0,00	63,69	7%
21-mar	3	27	0	45,00	1,92	0,00	46,92	4%
22-mar	3	24	0	45,00	1,70	0,00	46,70	4%
23-mar	3	27	0	45,00	1,92	0,00	46,92	4%
24-mar	5	57	12	75,00	4,05	0,85	79,05	4%
25-mar	2	12	12	30,00	0,85	0,85	30,85	3%
	4	45,78	5,85	58,98	3,25	0,42	62,23	5,64%

NOTA

1.- **WC** = Inodoro o Poceta

2.- **Lav** = Lavamanos

3.- **Alm** = Volumen de agua almacenado al final del día y disponible para el día posterior

4.- El **Total del Tiempo de Lav** incluye el Ultimo Uso

5.- El **Ultimo Uso** del Lav corresponde al tiempo de uso de lavamanos después de la última descarga del inodoro.

Anexo S

Registro de Consumo y Ahorro de Agua en el sitio de estudio con dos usuarios

CASO = DOS USUARIOS (RESIDENTE + VISITA TEMPORAL)

Información básica de las piezas sanitarias	
Volumen de descarga del inodoro (litros)	15
Caudal del lavamanos (litros/segundo)	0,071

Fecha	Usos del Inodoro	Tiempo de Lav (segundos)		Volumen (litros)				Ahorro (%)
		Total	Ultimo Uso	WC	Lav	Alm	WC + Lav	
03-feb	5	114	0	75,00	8,09	0	83,09	11%
04-feb	5	170	40	75,00	12,07	2,84	87,07	12%
05-feb	6	113	12,5	90,00	8,02	0,8875	98,02	11%
06-feb	9	367	0	135,00	26,06	0	161,06	20%
07-feb	7	193	6	105,00	12,85	0,426	117,85	12%
08-feb	2	88	0	30,00	6,25	0	36,25	22%
16-abr	6	155	25	90,00	11,01	1,78	101,01	10%
17-abr	6	196	16	90,00	13,92	1,14	103,92	16%
18-abr	5	114	0	75,00	8,09	0,00	83,09	12%
19-abr	6	115	12	90,00	8,17	0,85	98,17	8%
20-abr	11	203	33	165,00	14,41	2,34	179,41	8%
21-abr	8	220	8	120,00	15,62	0,57	135,62	14%
22-abr	9	166	63	135,00	11,79	4,47	146,79	6%
Promedio	7	170,31	16,58	98,08	12,03	1,18	110,10	12,56%
Promedio/persona	3	85,15	8,29	49,04	6,01	0,59	55,05	6,28%

NOTA

1.- **WC** = Inodoro o Poceta

2.- **Lav** = Lavamanos

3.- **Alm** = Volumen de agua almacenado al final del día y disponible para el día posterior

4.- El **Total del Tiempo de Lav** incluye el Ultimo Uso

5.- El **Ultimo Uso** del Lav corresponde al tiempo de uso de lavamanos después de la última descarga del inodoro.

Anexo T

Registro de Niveles de Agua en el Prototipo AquaSalvis

#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F	#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F
1	5	3,2	3,50	1,00	39	3	2,5	3,50	1,00
2	37	13,8	14,00	1,00	40	8	4,2	4,80	1,00
3	5	3,2	3,40	1,00	41	35	13,2	14,00	1,00
4	28	10,8	9,80	0,91	42	18	7,5	8,50	1,00
5	0	1,5	1,50	1,00	43	3	2,5	3,00	1,00
6	3	2,5	1,70	0,68	44	50	18,2	15,50	0,85
7	12	5,5	4,30	0,78	45	3	2,5	3,00	1,00
8	15	6,5	6,30	0,97	46	11	5,2	5,50	1,00
9	24	9,5	10,00	1,00	47	3	2,5	2,50	1,00
10	12	5,5	5,40	0,98	48	12	5,5	7,50	1,00
11	5	3,2	3,70	1,00	49	0	1,5	1,50	1,00
12	20	8,2	7,00	0,86	50	27	10,5	9,00	0,86
13	15	6,5	6,40	0,99	51	0	1,5	1,50	1,00
14	20	8,2	7,40	0,91	52	0	1,5	1,50	1,00
15	3	2,5	3,00	1,00	53	27	10,5	10,20	0,97
16	0	1,5	1,50	1,00	54	3	2,5	2,50	1,00
17	22	8,8	8,50	0,96	55	3	2,5	2,50	1,00
18	3	2,5	2,80	1,00	56	20	8,2	8,20	1,00
19	40	14,8	15,00	1,00	57	0	1,5	1,50	1,00
20	3	2,5	3,00	1,00	58	34	12,8	11,50	0,90
21	3	2,5	3,00	1,00	59	55	19,8	19,50	0,98
22	16	6,8	7,00	1,00	60	25	11,1	12,20	1,00
23	0	1,5	1,50	1,00	61	32	12,2	12,80	1,00
24	35	13,2	10,50	0,80	62	12	5,5	5,40	0,98
25	48	17,5	17,50	1,00	63	3	2,5	2,50	1,00
26	15	6,5	6,50	1,00	64	5	3,2	3,50	1,00
27	0	1,5	1,50	1,00	65	3	2,5	3,00	1,00
28	8	4,2	5,00	1,00	66	0	1,5	1,50	1,00
29	11	5,2	6,20	1,00	67	11	5,2	6,20	1,00
30	5	3,2	4,00	1,00	68	24	9,5	9,00	0,95
31	3	2,5	3,20	1,00	69	22	8,8	8,50	0,96
32	15	6,5	6,50	1,00	70	3	2,5	2,70	1,00
33	3	2,5	3,00	1,00	71	3	2,5	2,50	1,00
34	15	6,5	6,50	1,00	72	15	6,5	6,50	1,00
35	6	3,5	4,50	1,00	73	3	2,5	2,70	1,00
36	18	7,5	7,00	0,93	74	12	5,5	5,40	0,98
37	21	8,5	8,50	1,00	75	15	6,5	6,50	1,00
38	0	1,5	1,50	1,00	76	3	2,5	3,00	1,00

#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F	#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F
77	27	10,5	9,70	0,92	115	0	1,5	1,50	1,00
78	30	11,5	10,70	0,93	116	58	20,8	21,50	1,00
79	23	9,2	10,40	1,00	117	40	20,1	21,00	1,00
80	13	5,8	8,00	1,00	118	12	10,0	8,50	0,85
81	15	6,5	6,50	1,00	119	0	1,5	1,50	1,00
82	3	2,5	2,80	1,00	120	23	9,2	9,00	0,98
83	17	7,2	7,70	1,00	121	39	14,5	16,60	1,00
84	17	7,2	7,70	1,00	122	80	28,1	32,00	1,00
85	5	3,2	4,00	1,00	123	43	28,4	24,60	0,87
86	5	3,2	3,50	1,00	124	27	23,3	22,20	0,95
87	24	9,5	9,00	0,95	125	15	14,3	14,80	1,00
88	5	3,2	3,50	1,00	126	0	1,5	1,50	1,00
89	24	9,5	9,60	1,00	127	3	2,5	2,90	1,00
90	15	6,5	6,50	1,00	128	28	10,8	10,60	0,98
91	15	6,5	7,50	1,00	129	19	7,8	8,10	1,00
92	15	6,5	7,50	1,00	130	147	45,3	45,30	1,00
93	17	7,2	7,00	0,98	131	10	34,6	30,00	0,87
94	17	7,2	7,00	0,98	132	36	32,5	34,00	1,00
95	18	7,5	7,30	0,97	133	23	26,1	25,00	0,96
96	0	1,5	1,50	1,00	134	20	18,7	26,00	1,00
97	15	6,5	6,50	1,00	135	58	24,0	22,00	0,92
98	28	10,8	10,20	0,94	136	56	28,6	28,00	0,98
99	15	6,5	7,50	1,00	137	12	18,5	18,00	0,97
100	0	1,5	1,50	1,00	138	5	6,1	6,90	1,00
101	0	1,5	1,50	1,00	139	47	17,2	17,00	0,99
102	20	8,2	8,30	1,00	140	38	15,8	15,60	0,99
103	17	7,2	7,00	0,98	141	30	11,7	13,50	1,00
104	22	8,8	8,80	1,00	142	15	6,5	6,50	1,00
105	0	1,5	1,50	1,00	143	33	12,5	14,30	1,00
106	15	6,5	6,50	1,00	144	63	22,5	22,50	1,00
107	32	12,2	13,80	1,00	145	12	12,4	11,50	0,93
108	27	10,5	10,50	1,00	146	6	3,5	3,70	1,00
109	15	6,5	7,50	1,00	147	47	17,2	17,00	0,99
110	3	2,5	2,50	1,00	148	38	15,8	15,00	0,95
111	0	1,5	1,50	1,00	149	30	11,7	12,00	1,00
112	12	5,5	5,50	1,00	150	15	6,5	6,50	1,00
113	17	7,2	7,00	0,98	151	33	12,5	14,00	1,00
114	27	10,5	10,50	1,00	152	63	22,5	24,00	1,00

#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F	#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F
153	37	20,7	22,60	1,00	191	12	5,5	5,00	0,91
154	12	10,7	11,20	1,00	192	19	7,8	9,50	1,00
155	0	1,5	1,50	1,00	193	3	2,5	3,20	1,00
156	0	1,5	1,50	1,00	194	0	1,5	1,50	1,00
157	12	5,5	5,50	1,00	195	12	5,5	5,50	1,00
158	15	6,5	6,50	1,00	196	12	5,5	6,20	1,00
159	0	1,5	1,50	1,00	197	5	3,2	3,40	1,00
160	12	5,5	4,70	0,86	198	0	1,5	1,50	1,00
161	0	1,5	1,50	1,00	199	12	5,5	5,00	0,91
162	27	10,5	10,20	0,97	200	27	10,5	11,50	1,00
163	0	1,5	1,50	1,00	201	0	1,5	1,50	1,00
164	12	5,5	4,70	0,86	202	0	1,5	1,50	1,00
165	8	4,2	4,00	0,96	203	3	2,5	3,20	1,00
166	0	1,5	1,50	1,00	204	15	6,5	6,50	1,00
167	36	13,5	12,50	0,93	205	19	7,8	7,20	0,92
168	0	1,5	1,50	1,00	206	19	7,8	7,20	0,92
169	0	1,5	1,50	1,00	207	12	5,5	6,20	1,00
170	17	7,2	7,00	0,98	208	0	1,5	1,50	1,00
171	17	7,2	7,00	0,98	209	27	10,5	11,50	1,00
172	12	5,5	5,40	0,98	210	0	1,5	1,50	1,00
173	3	2,5	2,50	1,00	211	19	7,8	8,50	1,00
174	12	5,5	5,50	1,00	212	0	1,5	1,50	1,00
175	12	5,5	5,50	1,00	213	24	9,5	9,40	0,99
176	8	4,2	4,00	0,96	214	12	5,5	5,50	1,00
177	12	5,5	7,50	1,00	215	12	5,5	5,50	1,00
178	12	5,5	7,50	1,00	216	0	1,5	1,50	1,00
179	0	1,5	1,50	1,00	217	12	5,5	5,40	0,98
180	3	2,5	2,90	1,00	218	38	14,2	13,50	0,95
181	0	1,5	1,50	1,00	219	0	1,5	1,50	1,00
182	3	2,5	2,50	1,00	220	12	5,5	5,40	0,98
183	3	2,5	2,50	1,00	221	0	1,5	1,50	1,00
184	12	5,5	5,50	1,00	222	12	5,5	5,40	0,98
185	0	1,5	1,50	1,00	223	12	5,5	5,40	0,98
186	3	2,5	2,90	1,00	224	0	1,5	1,50	1,00
187	6	3,5	3,60	1,00	225	20	8,2	9,40	1,00
188	12	5,5	6,20	1,00	226	0	1,5	1,50	1,00
189	22	8,8	8,80	1,00	227	8	4,2	4,00	0,96
190	0	1,5	1,50	1,00	228	12	5,5	5,50	1,00

#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F	#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F
229	3	2,5	2,50	1,00	267	63	22,5	20,2	0,90
230	42	15,5	18,00	1,00	268	15	10,4	10,2	0,98
231	8	4,2	4,00	0,96	269	3	2,5	3	1,00
232	10	4,8	4,50	0,93	270	0	1,5	1,5	1,00
233	3	2,5	2,50	1,00	271	12	5,5	5,5	1,00
234	3	2,5	2,50	1,00	272	38	14,2	13,5	0,95
235	0	1,5	1,50	1,00	273	12	5,5	5,2	0,95
236	24	9,5	9,00	0,95	274	78	27,5	30	1,00
237	15	6,5	7,00	1,00	275	3	11,4	11,5	1,00
238	25	9,8	11,50	1,00	276	31	11,8	10,8	0,91
239	17	7,2	7,00	0,98	277	24	9,5	9	0,95
240	3	2,5	2,70	1,00	278	31	11,8	10,8	0,91
241	3	2,5	2,70	1,00	279	16	6,8	7	1,00
242	0	1,5	1,50	1,00	280	44	16,2	16	0,99
243	15	6,5	6,50	1,00	281	0	1,5	1,5	1,00
244	3	2,5	2,50	1,00	282	0	1,5	1,5	1,00
245	3	2,5	3,00	1,00	283	70	24,8	25	1,00
246	3	2,5	2,90	1,00	284	0	7,8	7,7	0,99
247	15	6,5	6,50	1,00	285	63	22,5	22,3	0,99
248	12	5,5	6,20	1,00	286	24	13,4	13	0,97
249	52	18,8	21,50	1,00	287	8	4,2	4	0,96
250	12	5,5	6,00	1,00	288	8	4,2	4	0,96
251	3	2,5	2,70	1,00	289	0	1,5	1,5	1,00
252	12	5,5	5,00	0,91	290	12	5,5	5,2	0,95
253	0	1,5	1,50	1,00	291	101	35,1	35	1,00
254	12	5,5	5,00	0,91	292	20	24,7	25	1,00
255	12	5,5	5,00	0,91	293	0	7,7	7	0,91
256	12	5,5	5,00	0,91	294	0	1,5	1,5	1,00
257	3	2,5	2,70	1,00	295	0	1,5	1,5	1,00
258	12	5,5	5,50	1,00	296	0	1,5	1,5	1,00
259	0	1,5	1,50	1,00	297	0	1,5	1,5	1,00
260	15	6,5	7,50	1,00	298	28	10,8	9,1	0,84
261	3	2,5	3,20	1,00	299	0	1,5	1,5	1,00
262	3	2,5	3,20	1,00	300	8	4,2	5	1,00
263	18	7,5	7,40	0,99	301	96	33,5	34	1,00
264	6	3,5	3,60	1,00	302	12	20,4	20,2	0,99
265	12	5,5	7,50	1,00	303	8	6,0	5,9	0,98
266	12	5,5	7,50	1,00	304	0	1,5	1,5	1,00

#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F	#	Tiempo (segundos)	Nivel teórico (cm)	Nivel medido (cm)	F
305	0	1,5	1,5	1,00	313	12	5,5	5,5	1,00
306	76	26,8	27	1,00	314	16	6,8	6,4	0,94
307	8	12,4	13	1,00	315	0	1,5	1,5	1,00
308	33	12,5	11,1	0,89	316	0	1,5	1,5	1,00
309	20	8,2	7,4	0,91	317	0	1,5	1,5	1,00
310	0	1,5	1,5	1,00	318	63	22,5	23,5	1,00
311	75	26,5	29,00	1,00	319	58	24,7	25,4	1,00
312	0	9,4	7	0,74			7,62	7,74	0,98

NOTA

- 1.- Las celdas en azul significa que supero el máximo de volumen de bombeo
- 2.- Las celdas en rojo significa que llegó a su máxima capacidad de almacenamiento.
- 3.- Las celdas en gris significa que recibieron un remanente de agua del anterior bombeo.
- 4.- Letras en rojo significa que los niveles ocurrieron cuando hubo dos usuarios.
- 5.- F = Relación entre producción de agua gris y consumo de agua potable.
- 6.- Si el nivel medido es superior al teórico, el F automáticamente es redondeado a 1, ya que la producción de agua gris no puede ser mayor a su consumo. Si el nivel no coincide, se debe a errores de precisión y/o apreciación.

Anexo U

Registro de Consumo de Agua en el Lavamanos por hora

		Uso del Lavamanos																							
		Horas																							
Fecha		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
09-ene	T				5	37	5			8	20					3									
	V	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	0,4	0,0	0,0	0,6	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
10-ene	T		12	15									12	12	12			5		20					
	V	0,0	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0	0,4	0,0	1,4	0,				
11-ene	T	15	20														3								
	V	1,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0				
12-ene	T			19							6		32				5	3							
	V	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0				
13-ene	T		3				8			3		5													
	V	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
14-ene	T				15		20		37						11										
	V	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	1,4	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
15-ene	T		15											8		3	13								
	V	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0				
16-ene	T			3		15	18				3		3		15		6				15				
	V	0,0	0,0	0,2	0,0	1,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	1,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,1				
17-ene	T			3													11			15					
	V	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	1,1	0,0				
18-ene	T	20	12														6								
	V	1,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0				
19-ene	T				3	3	12			8	27	3				14					12				
	V	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,9	0,0	0,0	0,6	1,9	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9				
20-ene	T			12	15				3	19					5			3		23					
	V	0,0	0,0	0,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	1,6	0,0				
21-ene	T			19								15			5										
	V	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
22-ene	T		19	17					17	25	19				13						12				
	V	0,0	1,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,8	1,3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9				
23-ene	T			3	5						3						3	8			12				
	V	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,9				
24-ene	T		12	19			3	3			18								3						
	V	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0				
25-ene	T		12	7							8							15							
	V	0,0	0,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0				
26-ene	T			15		30		3	8		12		5	8				12			3				
	V	0,0	0,0	1,1	0,0	2,1	0,0	0,2	0,6	0,0	0,9	0,0	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,2				

27-ene	T			3	12					10	12		5				17				12
	V	0,0	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,9
28-ene	T			5		24		15			12					3				15	
	V	0,0	0,0	0,4	0,0	1,7	0,0	1,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
29-ene	T		17		17					15						3				15	
	V	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
30-ene	T				28	12	3														12
	V	0,0	0,0	0,0	2,0	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
31-ene	T			3	17					22										15	
	V	0,0	0,0	0,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
01-feb	T		17	15									15							12	
	V	0,0	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
02-feb	T				15			3													
	V	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03-feb	T				12			17			19		8				23			6	
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,4	0,0
04-feb	T				6	14	6					10	15	5			26			16	
	V	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	0,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	1,1	0,0
05-feb	T		20	8	6				2			8					2	3	10		
	V	0,0	1,4	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	0,0	0,0
06-feb	T		2	16		69	7	21		6	10	12	5				6		6	22	6
	V	0,0	0,1	1,1	0,0	4,9	0,5	1,5	0,0	0,4	0,7	0,9	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	1,6	0,0	0,4
07-feb	T				6		3	14	15		14			15	4	4	8	15			
	V	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	1,0	1,1	0,0	1,0	0,0	0,0	1,1	0,3	0,3	0,6	1,1	0,0	0,0	0,0
08-feb	T				10	16		6	5,5	8											
	V	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	0,0	0,4	0,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09-feb	T				12												12	3			
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0
10-feb	T			12																12	
	V	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
11-feb	T		3		24						12	8									
	V	0,0	0,2	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12-feb	T		12	19					5							5			12		
	V	0,0	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
13-feb	T			17					12					3				12			
	V	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
15-feb	T			20																	
	V	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16-feb	T				12							12					3				
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

17-feb	T										18				3	3					15
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
18-feb	T					22						12									
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-feb	T			12										19			3				12
	V	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9
20-feb	T					12					5										
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21-feb	T					12						19			8		3				
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
22-feb	T					15								19							
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23-feb	T					19					12										
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25-feb	T			27																	
	V	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26-feb	T		19				12				12										
	V	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27-feb	T				12													12			
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
28-feb	T				12																
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
01-mar	T					19							19								
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02-mar	T					12												12			
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
03-mar	T				12																
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04-mar	T								20	3	12					3					
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
05-mar	T			12		30		8		10			3		3				12		
	V	0,0	0,0	0,9	0,0	2,1	0,0	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
06-mar	T				12							15									
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07-mar	T			25			29				3		3							15	
	V	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0
08-mar	T						3	3	3												
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09-mar	T				3	12				12			40	12							
	V	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	2,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

19-mar	T		19			12								3						
	V	0,0	1,3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-mar	T			12	10	15					3									12
	V	0,0	0,0	0,9	0,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
21-mar	T				12			3												
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22-mar	T			12		12														
	V	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23-mar	T				12		3													12
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
24-mar	T				3	12				3	6			15					6	12
	V	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
25-mar	T				12															
	V	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16-abr	T				32	7,5		1			6					19	13			
	V	0,0	0,0	0,0	2,2	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0
17-abr	T			1,5	39		16	8									1,5	21	8	
	V	0,0	0,0	0,1	2,8	0,0	1,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	0,6	0,0
18-abr	T				5,5	17						10						19		6
	V	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,4
19-abr	T					38	6		4						4					6
	V	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
20-abr	T				55		6	4				17		4	4		6			
	V	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,3	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
21-abr	T				38				8			14	25		4			13	17	
	V	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,0	1,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,9	1,2	0,0
22-abr	T			32	6	6		8									32			
	V	0,0	0,0	2,2	0,4	0,4	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0

Promedio V 0,0 0,2 0,4 0,5 0,5 0,2 0,1 0,1 0,2 0,3 0,1 0,2 0,1 0,1 0,0 0,2 0,2 0,1 0,2 0,2

Nota

- 1.- T = Tiempo de Uso y V = Volumen de agua generado o consumido
- 2.- Celdas en amarillos son los datos ingresados manualmente.
- 3.- Celdas en naranja son los datos del caso de dos personas, los cuales fueron divididos entre dos.
- 4.- La hora señalada corresponde a la hora final del intervalo, por ejemplo: el intervalo 4 am - 5 am es 5 y así sucesivamente.

Anexo V

Registro del Uso del Inodoro por hora

		Uso del Inodoro																							
		Horas																							
Fecha		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
09-ene	N				2	1				1				1		1									
	V	0	0	0	30	15	0	0	0	15	0	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0				
10-ene	N	1		1									1		1			1		1					
	V	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	0	0	15	0	15	0				
11-ene	N	1	1														1								
	V	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0				
12-ene	N	1		1							1						1								
	V	15	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0				
13-ene	N		1																1						
	V	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0				
14-ene	N				1		1	1																	
	V	0	0	0	15	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
15-ene	N	1	1											1		1	1								
	V	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	15	0	0	0	0				
16-ene	N	1		1			2				1		1		1										
	V	15	0	15	0	0	30	0	0	0	15	0	15	0	15	0	0	0	0	0	0				
17-ene	N			1											1				1						
	V	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0				
18-ene	N	1																1							
	V	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0				
19-ene	N				1							1	1			2				1					
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	30	0	0	0	15	0				
20-ene	N			1	1			1	1						1			1		1					
	V	0	0	15	15	0	0	15	15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	15	0				
21-ene	N	1	1									1			1										
	V	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0				
22-ene	N								1	1					1					1					
	V	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0				
23-ene	N																								
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
24-ene	N		1				1	1			2								1						
	V	0	15	0	0	0	15	15	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0				
25-ene	N		1								1							1							
	V	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0				
26-ene	N			1		1						1				1					1				
	V	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	0	15				

27-ene	N			1						1	1		1				1				1
	V	0	0	15	0	0	0	0	0	15	15	0	15	0	0	0	15	0	0	0	15
28-ene	N			1		1		1								1				1	
	V	0	0	15	0	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	0
29-ene	N		1		1					1						1				1	
	V	0	15	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	0
30-ene	N				1	1	1								1						1
	V	0	0	0	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15
31-ene	N			1	1					1										1	
	V	0	0	15	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
01-feb	N		1								1									1	
	V	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
02-feb	N				1				1							1					
	V	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
03-feb	N				1			1								1	1			1	
	V	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	8	0
04-feb	N						1	1					1				1				
	V	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0
05-feb	N		1	1				1			1	1				1					
	V	0	8	8	0	0	0	8	0	0	8	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0
06-feb	N		1	1		1	1	1		1	1								1		1
	V	0	8	8	0	8	8	8	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8
07-feb	N				1		1		1					1		1		1			
	V	0	0	0	8	0	8	0	8	0	0	0	0	15	0	8	0	8	0	0	0
08-feb	N						1			1											
	V	0	0	0	0	0	8	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-feb	N						1				1				1			1			
	V	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0
10-feb	N										1				1					1	
	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	15	0
11-feb	N		1						1	1	1										1
	V	0	15	0	0	0	0	0	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
12-feb	N		1						1			1			1			1			
	V	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0	0	0
13-feb	N			1											1		1				
	V	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0
15-feb	N			2													1				
	V	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
16-feb	N				1										1			1			
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0

17-feb	N				1				1		2			1	1	1					1
	V	0	0	0	15	0	0	0	15	0	30	0	0	15	15	15	0	0	0	0	15
18-feb	N				1	1						1									
	V	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-feb	N			1										1			1				1
	V	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	15
20-feb	N					1			1					1							
	V	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
21-feb	N					1						1			1	1	1	1			
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	15	0	0	15	15	15	15	0	0	0
22-feb	N					1								1							
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
23-feb	N			1							1		1								1
	V	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15
25-feb	N				1													1			
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
26-feb	N		1				1								1						
	V	0	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
27-feb	N						1											1			
	V	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
28-feb	N				1																
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-mar	N					1							1								
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
02-mar	N					1					1							1			
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
03-mar	N				1																1
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
04-mar	N					1			1	1	1					1					
	V	0	0	0	0	15	0	0	15	15	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
05-mar	N			1				1		1			1		1	1		1			
	V	0	0	15	0	0	0	15	0	15	0	0	15	0	15	15	0	15	0	0	0
06-mar	N					1															
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-mar	N			1			1				1			2						1	
	V	0	0	15	0	0	15	0	0	0	15	0	0	30	0	0	0	0	0	15	0
08-mar	N						1	1	1												
	V	0	0	0	0	0	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-mar	N				1				1		1				1						
	V	0	0	0	15	0	0	0	15	0	15	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0

19-mar	N					1	2								1						
	V	0	0	0	0	15	30	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
20-mar	N					1					1				1					1	
	V	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15
21-mar	N							1						1							
	V	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
22-mar	N			1		1									1						
	V	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
23-mar	N						1			1											1
	V	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
24-mar	N				1					1	2									1	1
	V	0	0	0	15	0	0	0	0	15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
25-mar	N			1		1															
	V	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-abr	N				1	1			1		1						1	1			
	V	0	0	0	8	8	0	0	8	0	8	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0
17-abr	N			1	1			1										1		1	
	V	0	0	8	15	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	0
18-abr	N				1			1	1		1										1
	V	0	0	0	8	0	0	8	8	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
19-abr	N					1			1						1				1		1
	V	0	0	0	0	15	0	0	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	8
20-abr	N				1		3	1				1		1	1						
	V	0	0	0	15	0	38	8	0	0	0	8	0	8	8	0	0	0	0	0	0
21-abr	N				1		1		2					1		1			1		
	V	0	0	0	8	0	8	0	23	0	0	0	8	0	8	0	0	0	8	0	0
22-abr	N			1	1	1		1			1				1		1				
	V	0	0	15	8	8	0	8	0	0	8	0	0	0	0	15	0	8	0	0	0

Promedio V 1,5 2,5 4,3 4,7 3,9 3,8 2,3 3,0 2,4 4,4 1,7 2,0 2,4 3,9 3,3 2,1 2,7 0,9 2,5 2,6

Nota

- 1.- N = Número de descargas y V = Volumen de agua consumido en litros
- 2.,. Celdas en amarillos son los datos ingresados manualmente.
- 3.,. Celdas en naranja son los datos del caso de dos personas, los cuales fueron divididos entre dos.
- 4.- La hora señalada corresponde a la hora final del intervalo, por ejemplo: el intervalo 4 am - 5 am es 5 y así sucesivamente.

Anexo W

Datos de la curva de duración de niveles de agua y curva de volúmenes del prototipo

AquaSalvis

#	NA (cm)	p (%)	V (litros)	#	NA (cm)	p (%)	V (litros)
1	45,30	0,31%	9,19	40	12,82	12,50%	2,27
2	35,14	0,63%	7,03	41	12,49	12,81%	2,20
3	33,48	0,94%	6,67	42	12,49	13,13%	2,20
4	28,15	1,25%	5,54	43	12,49	13,44%	2,20
5	27,48	1,56%	5,40	44	12,16	13,75%	2,13
6	26,81	1,88%	5,25	45	12,16	14,06%	2,13
7	26,48	2,19%	5,18	46	11,83	14,38%	2,06
8	24,82	2,50%	4,83	47	11,83	14,69%	2,06
9	22,48	2,81%	4,33	48	11,49	15,00%	1,99
10	22,48	3,13%	4,33	49	11,49	15,31%	1,99
11	22,48	3,44%	4,33	50	11,49	15,63%	1,99
12	22,48	3,75%	4,33	51	11,09	15,94%	1,90
13	22,48	4,06%	4,33	52	10,83	16,25%	1,85
14	20,82	4,38%	3,98	53	10,83	16,56%	1,85
15	20,82	4,69%	3,98	54	10,83	16,88%	1,85
16	20,82	5,00%	3,98	55	10,83	17,19%	1,85
17	20,15	5,31%	3,83	56	10,49	17,50%	1,78
18	19,82	5,63%	3,76	57	10,49	17,81%	1,78
19	18,82	5,94%	3,55	58	10,49	18,13%	1,78
20	18,15	6,25%	3,41	59	10,49	18,44%	1,78
21	17,49	6,56%	3,27	60	10,49	18,75%	1,78
22	17,15	6,88%	3,20	61	10,49	19,06%	1,78
23	17,15	7,19%	3,20	62	10,49	19,38%	1,78
24	16,16	7,50%	2,98	63	10,49	19,69%	1,78
25	15,82	7,81%	2,91	64	10,49	20,00%	1,78
26	15,49	8,13%	2,84	65	9,83	20,31%	1,63
27	14,82	8,44%	2,70	66	9,49	20,63%	1,56
28	14,82	8,75%	2,70	67	9,49	20,94%	1,56
29	14,49	9,06%	2,63	68	9,49	21,25%	1,56
30	14,16	9,38%	2,56	69	9,49	21,56%	1,56
31	14,16	9,69%	2,56	70	9,49	21,88%	1,56
32	14,16	10,00%	2,56	71	9,49	22,19%	1,56
33	14,16	10,31%	2,56	72	9,49	22,50%	1,56
34	13,82	10,63%	2,49	73	9,49	22,81%	1,56
35	13,82	10,94%	2,49	74	9,16	23,13%	1,49
36	13,49	11,25%	2,41	75	9,16	23,44%	1,49
37	13,49	11,56%	2,41	76	9,16	23,75%	1,49
38	13,16	11,88%	2,34	77	8,83	24,06%	1,42
39	13,16	12,19%	2,34	78	8,83	24,38%	1,42

#	NA (cm)	p (%)	V (litros)	#	NA (cm)	p (%)	V (litros)
79	8,83	24,69%	1,42	118	6,50	36,88%	0,92
80	8,83	25,00%	1,42	119	6,50	37,19%	0,92
81	8,49	25,31%	1,35	120	6,50	37,50%	0,92
82	8,16	25,63%	1,28	121	6,50	37,81%	0,92
83	8,16	25,94%	1,28	122	6,50	38,13%	0,92
84	8,16	26,25%	1,28	123	6,50	38,44%	0,92
85	8,16	26,56%	1,28	124	6,50	38,75%	0,92
86	8,16	26,88%	1,28	125	6,50	39,06%	0,92
87	8,16	27,19%	1,28	126	6,50	39,38%	0,92
88	8,16	27,50%	1,28	127	6,50	39,69%	0,92
89	8,16	27,81%	1,28	128	6,50	40,00%	0,92
90	7,83	28,13%	1,21	129	6,50	40,31%	0,92
91	7,83	28,44%	1,21	130	6,50	40,63%	0,92
92	7,83	28,75%	1,21	131	6,50	40,94%	0,92
93	7,83	29,06%	1,21	132	6,50	41,25%	0,92
94	7,83	29,38%	1,21	133	6,50	41,56%	0,92
95	7,50	29,69%	1,14	134	6,50	41,88%	0,92
96	7,50	30,00%	1,14	135	6,50	42,19%	0,92
97	7,50	30,31%	1,14	136	5,83	42,50%	0,78
98	7,50	30,63%	1,14	137	5,50	42,81%	0,71
99	7,16	30,94%	1,07	138	5,50	43,13%	0,71
100	7,16	31,25%	1,07	139	5,50	43,44%	0,71
101	7,16	31,56%	1,07	140	5,50	43,75%	0,71
102	7,16	31,88%	1,07	141	5,50	44,06%	0,71
103	7,16	32,19%	1,07	142	5,50	44,38%	0,71
104	7,16	32,50%	1,07	143	5,50	44,69%	0,71
105	7,16	32,81%	1,07	144	5,50	45,00%	0,71
106	7,16	33,13%	1,07	145	5,50	45,31%	0,71
107	7,16	33,44%	1,07	146	5,50	45,63%	0,71
108	6,83	33,75%	0,99	147	5,50	45,94%	0,71
109	6,83	34,06%	0,99	148	5,50	46,25%	0,71
110	6,83	34,38%	0,99	149	5,50	46,56%	0,71
111	6,50	34,69%	0,92	150	5,50	46,88%	0,71
112	6,50	35,00%	0,92	151	5,50	47,19%	0,71
113	6,50	35,31%	0,92	152	5,50	47,50%	0,71
114	6,50	35,63%	0,92	153	5,50	47,81%	0,71
115	6,50	35,94%	0,92	154	5,50	48,13%	0,71
116	6,50	36,25%	0,92	155	5,50	48,44%	0,71
117	6,50	36,56%	0,92	156	5,50	48,75%	0,71

#	NA (cm)	p (%)	V (litros)	#	NA (cm)	p (%)	V (litros)
157	5,50	49,06%	0,71	196	4,16	61,25%	0,43
158	5,50	49,38%	0,71	197	4,16	61,56%	0,43
159	5,50	49,69%	0,71	198	4,16	61,88%	0,43
160	5,50	50,00%	0,71	199	3,50	62,19%	0,28
161	5,50	50,31%	0,71	200	3,50	62,50%	0,28
162	5,50	50,63%	0,71	201	3,50	62,81%	0,28
163	5,50	50,94%	0,71	202	3,50	63,13%	0,28
164	5,50	51,25%	0,71	203	3,17	63,44%	0,21
165	5,50	51,56%	0,71	204	3,17	63,75%	0,21
166	5,50	51,88%	0,71	205	3,17	64,06%	0,21
167	5,50	52,19%	0,71	206	3,17	64,38%	0,21
168	5,50	52,50%	0,71	207	3,17	64,69%	0,21
169	5,50	52,81%	0,71	208	3,17	65,00%	0,21
170	5,50	53,13%	0,71	209	3,17	65,31%	0,21
171	5,50	53,44%	0,71	210	3,17	65,63%	0,21
172	5,50	53,75%	0,71	211	3,17	65,94%	0,21
173	5,50	54,06%	0,71	212	3,17	66,25%	0,21
174	5,50	54,38%	0,71	213	2,50	66,56%	0,07
175	5,50	54,69%	0,71	214	2,50	66,88%	0,07
176	5,50	55,00%	0,71	215	2,50	67,19%	0,07
177	5,50	55,31%	0,71	216	2,50	67,50%	0,07
178	5,50	55,63%	0,71	217	2,50	67,81%	0,07
179	5,50	55,94%	0,71	218	2,50	68,13%	0,07
180	5,50	56,25%	0,71	219	2,50	68,44%	0,07
181	5,50	56,56%	0,71	220	2,50	68,75%	0,07
182	5,50	56,88%	0,71	221	2,50	69,06%	0,07
183	5,16	57,19%	0,64	222	2,50	69,38%	0,07
184	5,16	57,50%	0,64	223	2,50	69,69%	0,07
185	5,16	57,81%	0,64	224	2,50	70,00%	0,07
186	4,83	58,13%	0,57	225	2,50	70,31%	0,07
187	4,83	58,44%	0,57	226	2,50	70,63%	0,07
188	4,16	58,75%	0,43	227	2,50	70,94%	0,07
189	4,16	59,06%	0,43	228	2,50	71,25%	0,07
190	4,16	59,38%	0,43	229	2,50	71,56%	0,07
191	4,16	59,69%	0,43	230	2,50	71,88%	0,07
192	4,16	60,00%	0,43	231	2,50	72,19%	0,07
193	4,16	60,31%	0,43	232	2,50	72,50%	0,07
194	4,16	60,63%	0,43	233	2,50	72,81%	0,07
195	4,16	60,94%	0,43	234	2,50	73,13%	0,07

#	NA (cm)	p (%)	V (litros)	#	NA (cm)	p (%)	V (litros)
235	2,50	73,44%	0,07	274	1,50	85,63%	0,00
236	2,50	73,75%	0,07	275	1,50	85,94%	0,00
237	2,50	74,06%	0,07	276	1,50	86,25%	0,00
238	2,50	74,38%	0,07	277	1,50	86,56%	0,00
239	2,50	74,69%	0,07	278	1,50	86,88%	0,00
240	2,50	75,00%	0,07	279	1,50	87,19%	0,00
241	2,50	75,31%	0,07	280	1,50	87,50%	0,00
242	2,50	75,63%	0,07	281	1,50	87,81%	0,00
243	2,50	75,94%	0,07	282	1,50	88,13%	0,00
244	2,50	76,25%	0,07	283	1,50	88,44%	0,00
245	2,50	76,56%	0,07	284	1,50	88,75%	0,00
246	2,50	76,88%	0,07	285	1,50	89,06%	0,00
247	2,50	77,19%	0,07	286	1,50	89,38%	0,00
248	2,50	77,50%	0,07	287	1,50	89,69%	0,00
249	2,50	77,81%	0,07	288	1,50	90,00%	0,00
250	2,50	78,13%	0,07	289	1,50	90,31%	0,00
251	2,50	78,44%	0,07	290	1,50	90,63%	0,00
252	2,50	78,75%	0,07	291	1,50	90,94%	0,00
253	2,50	79,06%	0,07	292	1,50	91,25%	0,00
254	2,50	79,38%	0,07	293	1,50	91,56%	0,00
255	2,50	79,69%	0,07	294	1,50	91,88%	0,00
256	1,50	80,00%	0,00	295	1,50	92,19%	0,00
257	1,50	80,31%	0,00	296	1,50	92,50%	0,00
258	1,50	80,63%	0,00	297	1,50	92,81%	0,00
259	1,50	80,94%	0,00	298	1,50	93,13%	0,00
260	1,50	81,25%	0,00	299	1,50	93,44%	0,00
261	1,50	81,56%	0,00	300	1,50	93,75%	0,00
262	1,50	81,88%	0,00	301	1,50	94,06%	0,00
263	1,50	82,19%	0,00	302	1,50	94,38%	0,00
264	1,50	82,50%	0,00	303	1,50	94,69%	0,00
265	1,50	82,81%	0,00	304	1,50	95,00%	0,00
266	1,50	83,13%	0,00	305	1,50	95,31%	0,00
267	1,50	83,44%	0,00	306	1,50	95,63%	0,00
268	1,50	83,75%	0,00	307	1,50	95,94%	0,00
269	1,50	84,06%	0,00	308	1,50	96,25%	0,00
270	1,50	84,38%	0,00	309	1,50	96,56%	0,00
271	1,50	84,69%	0,00	310	1,50	96,88%	0,00
272	1,50	85,00%	0,00	311	1,50	97,19%	0,00
273	1,50	85,31%	0,00	312	1,50	97,50%	0,00

#	NA (cm)	p (%)	V (litros)	#	NA (cm)	p (%)	V (litros)
313	1,50	97,81%	0,00				
314	1,50	98,13%	0,00				
315	1,50	98,44%	0,00				
316	1,50	98,75%	0,00				
317	1,50	99,06%	0,00				
318	1,50	99,38%	0,00				
319	1,50	99,69%	0,00				

Anexo X

Reportes de Ensayos de Laboratorio realizados en la Planta Experimental de Tratamiento de Agua de la Universidad Central de Venezuela



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS



2I-12

Caracas, 01 de junio de 2019

Señor
Br. José Enrique Salazar
Presente.-

Estimado Br. Salazar

Es grato dirigirme a Ud. en oportunidad de saludarlo, así como remitirle los resultados de los Análisis Físicoquímicos realizados a muestras provenientes de un prototipo para tratamiento de aguas grises, de acuerdo a sus indicaciones, entregadas por Ud. en nuestro laboratorio, entre los meses enero y abril de 2019.

Sin más a que hacer referencia, me despido de Ud.

Atentamente,



Profa. María Virginia Najul S.
Jefe (e) Planta Experimental
de Tratamiento de Aguas

Anexo: lo indicado.-



REPORTE PARA: Br. José Enrique Salazar

- I. **Objeto:** Entregar los resultados fisicoquímicos realizados a muestras provenientes de un prototipo para tratamiento de aguas grises, entregadas por Ud. en nuestro laboratorio, entre los meses enero y abril de 2019

II. Determinaciones realizadas y metodología analítica.

Las determinaciones realizadas, de acuerdo a sus indicaciones, y su metodología analítica se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Determinaciones realizadas y metodología analítica

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CÓDIGO SM 21*
Aspecto	Descripción	2110
Turbiedad	Nefelométrico	2130
Color aparente	Comparación visual	2120B
Conductividad específica	Conductimétrico	2510 B
pH	Electrométrico	4500-H+ B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO 5d,20°C	5210 B
Demanda Química de Oxígeno	Reflujo Abierto	5220 B

*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WEF, Ed. 21, 2005.

NOTA: Todas las determinaciones fueron realizadas a las muestras una vez recibidas en nuestros laboratorios, incluyendo aspecto y pH, cuyos resultados pudieran estar modificados, ya que no existe para ellos método de preservación alguna.

III. Resultados

Los resultados de las determinaciones realizadas a las muestras de agua gris cruda, captadas a la salida del prototipo, se presentan en la tabla 2 y las de agua gris clorada en la tabla 3.



Tabla 2. Resultados de las determinaciones realizadas a las muestras de agua gris cruda

 PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS FACULTAD DE INGENIERÍA - UCV							
REFERENCIA PETA	0119-T	0219-T	0319-T	0419-T	0519-T	0619-T	0719-T
LUGAR DE CAPTACIÓN	Entregadas por el solicitante en las instalaciones de la PETA						
SITIO DE CAPTACIÓN	Agua gris cruda, a la salida del prototipo						
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	16/1/2019; 9:00 AM	21/1/2019; 9:00 AM	22/1/2019; 9:00 AM	28/1/2019; 9:00 AM	30/1/2019; 9:00 AM	4/2/2019; 9:00 AM	6/2/2019; 9:00 AM
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	1 GRIS	2 GRIS	3 GRIS	4 GRIS	5 GRIS	6 GRIS	7 GRIS
TIPO DE MUESTRA	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea
ASPECTO	GRIS TURBIA	GRIS	LIG. TURBIA GRIS	LIG. TURBIA GRIS	LIG TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS
TURBIEDAD (UNT)	85	80	32	49	65	89	54
COLOR APARENTE (UC)	5	5	5	5	(1)		
CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA ($\mu\text{S/cm}$)	422	419	355	336	350	332	313
pH	7,0	6,9	7,3	7,0	6,7	6,9	7,2
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ($\text{mg O}_2/\text{l}$)				14			13
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ($\text{mg O}_2/\text{l}$)				50			58
NOTA: Todas las determinaciones fueron realizadas a las muestras una vez recibidas en nuestros laboratorios, incluyendo aspecto, conductividad y pH, cuyos resultados pudieran estar modificados desde su captación, ya que no existe para ellos método de preservación alguna							
(1) A partir de esta fecha, no se realizó esta determinación por solicitud del Tesista							
							
					TSU Alejandro Mata		
					Jefe del Laboratorio		



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS



Tabla 2 (continuación). Resultados de las determinaciones realizadas a las muestras de agua gris cruda

	PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS FACULTAD DE INGENIERÍA - UCV						
REFERENCIA PETA	0819-T	0919-T	1019-T	1119-T	1219-T	1319-T	1419-T
LUGAR DE CAPTACIÓN	Entregadas por el solicitante en las instalaciones de la PETA						
SITIO DE CAPTACIÓN	Agua gris cruda, a la salida del prototipo						
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	8/2/2019; 9:00 AM	11/2/2019; 9:00 AM	13/2/2019; 9:00 AM	18/2/2019; 9:00 AM	20/2/2019; 9:00 AM	21/2/2019; 9:00 AM	25/2/2019; 9:00 AM
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	8 GRIS	9 GRIS	10 GRIS	11 GRIS	12 GRIS	13 GRIS	14 GRIS
TIPO DE MUESTRA	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea
ASPECTO	TURBIA GRIS	LIG. TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	GRIS	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA GRIS
TURBIEDAD (UNT)	52	47	165	118	41	24	48
CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	370	342	371	320	361	386	337
pH	7,1	7,4	7,1	7,0	7,0	7,0	7,1
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ($\text{mg O}_2/\text{l}$)					9		
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO ($\text{mg O}_2/\text{l}$)							
NOTA: Todas las determinaciones fueron realizadas a las muestras una vez recibidas en nuestros laboratorios, incluyendo aspecto, conductividad y pH, cuyos resultados pudieran estar modificados desde su captación, ya que no existe para ellos método de preservación alguna							
							
					TSU Alejandro Mata		
					Jefe del Laboratorio		



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS



Tabla 3. Resultados de las determinaciones realizadas a las muestras de agua gris clorada

	PLANTA EXPERIMENTAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS FACULTAD DE INGENIERÍA - UCV								
REFERENCIA PETA	1519-T	1619-T	1719-T	1819-T	1919-T	2019-T	2119-T	2219-T	2319-T
LUGAR DE CAPTACIÓN	Entregadas por el Solicitante en las Instalaciones de la PETA								
SITIO DE CAPTACIÓN	Agua gris clorada, a la salida del prototipo								
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LABORATORIO	20/3/2019; 9:00:00 a. m.	22/3/2019; 9:00:00 a. m.	8/4/2019; 9:00:00 a. m.	10/4/2019; 9:00:00 a. m.	13/4/2019; 9:00:00 a. m.	14/4/2019; 9:00:00 a. m.	15/4/2019; 9:00:00 a. m.	16/4/2019; 9:00:00 a. m.	17/4/2019; 9:00:00 a. m.
IDENTIFICACIÓN MUESTRA	1 CLORADA	2 CLORADA	3 CLORADA	4 CLORADA	5 CLORADA	6 CLORADA	7 CLORADA	8 CLORADA	9 CLORADA
TIPO DE MUESTRA	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea	Instantánea
ASPECTO	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	LIG. TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS	TURBIA GRIS
TURBIEDAD (UNT)	58	52	68	31	41	75	163	99	90
TURBIEDAD MUESTRA FILTRADA (UNT) ⁽¹⁾	8	17	12	8	12	10	36	24	13
CONDUCTIVIDAD ESPECÍFICA (μS/cm)	462	401	341	342	379	381	391	407	363
pH	7,1	7	7,3	7	7	7,3	7,4	7,7	6,6
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg O ₂ /l)	10		9	7					
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg O ₂ /l)	26		16	15					
NOTA: Todas las determinaciones fueron realizadas a las muestras una vez recibidas en nuestros laboratorios, incluyendo aspecto, conductividad y pH, cuyos resultados pudieran estar modificados desde su captación, ya que no existe para ellos método de preservación alguna									
⁽¹⁾ A solicitud del Testista, se determinó turbiedad de la muestra previamente filtrada, a través de papel de filtro Whatman para retención de partículas mayores a 8μm									
								TSU Alejandro Mata Jefe del Laboratorio	

Anexo Y.

Reportes de Ensayos Microbiológicos realizados en el Laboratorio Sanitario Ambiental

LABSAM de la Universidad Católica Andrés Bello

Fecha de emisión: 25/02/2019

INFORME TÉCNICO

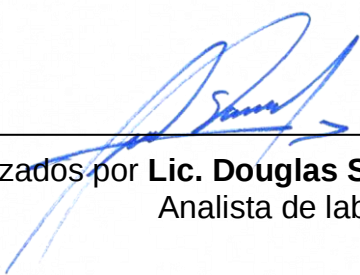
CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS SIN TRATAMIENTO
Fecha de Muestreo: 18/02/2019
Hora de Muestreo: 08:20 am
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			001-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	>1600000
COLIFORMES FECALES	SM-9221 - E	NMP/100 ml	109000

Ensayos realizados por  **Lic. Douglas Sánchez**
Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

2.1. Se sembraron diluciones de 0.1 - 0.01 – 0.001 - 0.0001 ml en 5 tubos por dilución. Para Coliformes Totales, todas las diluciones dieron positivos: 5-5-5-5. Para Coliformes Fecales, se obtuvo el siguiente resultado: 5-5-3-1.

Fecha de emisión: 28/02/2019

INFORME TÉCNICO

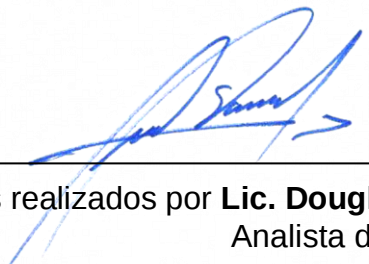
CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS SIN TRATAMIENTO
Fecha de Muestreo: 25/02/2019
Hora de Muestreo: 12:30 pm
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			002-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	>1600000
COLIFORMES FECALES	SM-9221 - E	NMP/100 ml	94000


 Ensayos realizados por **Lic. Douglas Sánchez**
 Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

2.2. Se sembraron diluciones de 0.1 - 0.01 – 0.001 - 0.0001 ml en 5 tubos por dilución. Para Coliformes Totales, todas las diluciones dieron positivos: 5-5-5-5. Para Coliformes Fecales, se obtuvo el siguiente resultado: 5-5-2-2.

Fecha de emisión: 28/02/2019

INFORME TÉCNICO

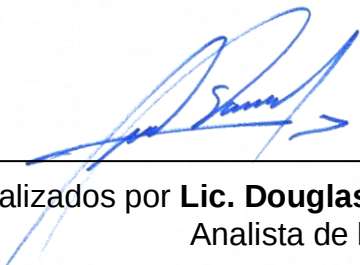
CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS SIN TRATAMIENTO
Fecha de Muestreo: 25/02/2019
Hora de Muestreo: 12:41 pm
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			003-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	>1600000
COLIFORMES FECALES	SM-9221 - E	NMP/100 ml	>1600000


Ensayos realizados por **Lic. Douglas Sánchez**
Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

- 2.1. La muestra corresponde a un agua gris recién generada o “Fresca”.
- 2.2. Se sembraron diluciones de 0.1 - 0.01 – 0.001 - 0.0001 ml en 5 tubos por dilución. Para Coliformes Totales y Fecales, todas las diluciones dieron positivos: 5-5-5-5.

Fecha de emisión: 08/04/2019

INFORME TÉCNICO

CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS CLORADA = 1 mg/L
Fecha de Muestreo: 19/03/2019
Hora de Muestreo: 12:50 pm
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

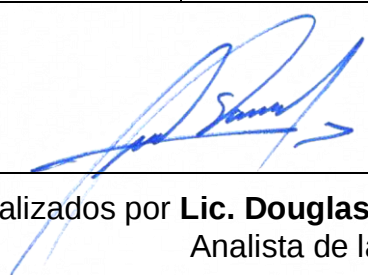
1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

9215 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			004-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	< 2
COLIFORMES FECALES	SM-9221 - E	NMP/100 ml	< 2
ESCHERICHIA COLI	SM-9215 - B	UFC/ml	NO DETECTABLE


 Ensayos realizados por **Lic. Douglas Sánchez**
 Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

- 2.1. Se sembraron diluciones de 10 – 1 – 0.1 – 0.01 ml en 5 tubos por dilución. Para Coliformes Totales y Fecales, todas las diluciones dieron negativo: 0-0-0-0.
- 2.2. Para E. coli, se sembró en Agar (LEVINE EMB AGAR) en diluciones de 1 – 0.1 – 0.01 ml. Como control, se colocó una placa con agar sin inoculación y una placa sembrada con la técnica del rayado. Ninguna placa de dilución o placa de control presentó colonias.

Fecha de emisión: 08/04/2019

INFORME TÉCNICO

CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS CLORADA = 2,5 mg/L
Fecha de Muestreo: 25/03/2019
Hora de Muestreo: 8:30 am
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

9215 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			005-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	< 2
COLIFORMES FECALIS	SM-9221 - E	NMP/100 ml	< 2
ESCHERICHIA COLI	SM-9215 - B	UFC/ml	NO DETECTABLE


Ensayos realizados por **Lic. Douglas Sánchez**
Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

2.1. Se sembraron diluciones de 10 – 1 – 0.1 – 0.01 ml en 5 tubos por dilución. Debido a problemas eléctricos, la lectura de tubos ocurrió a las 22 horas. En base a los resultados de E. coli y a una concentración de cloro mayor a la muestra 004-19, realizada el 19/03/2019, la muestra presentaría resultados negativos para Coliformes Totales y Fecales.

2.2. Para E. coli, se sembró en Agar (LEVINE EMB AGAR) en diluciones de 1 – 0.1 – 0.01 ml. Como control, se colocó una placa con agar sin inoculación y una placa sembrada con la técnica del rayado. Ninguna placa de dilución o placa de control presentó colonias.

Fecha de emisión: 08/04/2019

INFORME TÉCNICO

CLIENTE: TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Procedencia de la Muestra: AGUA GRIS DEL LAVAMANOS CLORADA = 0,2 mg/L
Fecha de Muestreo: 02/04/2019
Hora de Muestreo: 8:30 am
Responsable del muestreo : José E. Salazar
Profesor encargado o tutor: Prof. Henry Blanco

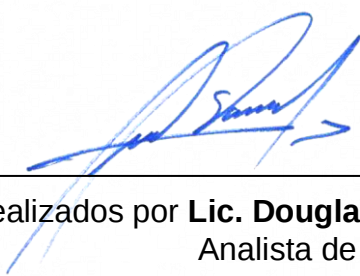
1. NORMA APLICABLE

9221 A – 9221 B StandardsMethods

9215 B StandardsMethods

1.1. Microbiológicos:

Descripción	Norma	UNIDADES	Resultado
			006-19
COLIFORMES TOTALES	SM-9221 - B	NMP/100 ml	345
COLIFORMES FECALES	SM-9221 - E	NMP/100 ml	46
ESCHERICHIA COLI	SM-9215 - B	UFC/ml	61


 Ensayos realizados por **Lic. Douglas Sánchez**
 Analista de laboratorio

2. OBSERVACIONES:

2.3. Se sembraron diluciones de 10 – 1 – 0.1 – 0.01 ml en 5 tubos por dilución. Para Coliformes Totales, se obtuvo el siguiente resultado:

5-4-2-2. Para Coliformes Fecales, se obtuvo el siguiente resultado:
5-1-1-0.

2.1. Para E. coli, se sembró en Agar (LEVINE EMB AGAR) en diluciones de 1 – 0.1 – 0.01 ml. Como control, se colocó una placa con agar sin inoculación y una placa sembrada con la técnica del rayado. Se presentaron los siguientes resultados:

2.1.1. **Dilución 1 ml:** Presentó 61 colonias características para E. coli.
Resultado Positivo (61 UFC/ml)

2.1.2. **Dilución 0.1 ml:** Presentó 5 colonias. Resultado Positivo (50 UFC/ml)

2.1.3. **Dilución 0.01 ml:** No presentó colonias Resultado Negativo (0 UFC/ml)

2.1.4. **Siembra por Rayado:** Presentó colonias dispersas características para E. coli. Resultado Positivo

2.1.5. **CONTROL:** Resultado Negativo

Anexo Z

Flujo de inversión de los casos del análisis de costos

CASO = CASO GLOBAL A DIFERENTES TARIFAS DE AGUA

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	57,19	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	6,89	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	3,75	L/persona-día	Instalación	30,00	%
N° de personas	1		Consumo energético	4,10E-04	kw*h/día
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

TARIFA DE AGUA (\$/m3) 4

	Año 0	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Ingresos					
Ahorro		28,76	28,76	28,76	28,76
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-4,15	-4,15	-4,15	-4,15
Electricidad		-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
Flujo de inversión	-95,98	24,56	24,56	24,56	24,56

TARIFA DE AGUA (\$/m3) 9

	Año 0	Año 2	Año 4	Año 6	Año 8
Ingresos					
Ahorro		25,89	25,89	25,89	25,89
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-1,66	-1,66	-1,66	-1,66
Electricidad		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
Flujo de inversión	-95,98	24,21	24,21	24,21	24,21

TARIFA DE AGUA (\$/m3) 14

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ahorro		20,14	20,14	20,14	20,14	20,14
Gastos						
Dispositivo	-73,83					
Instalación	-22,15					
Consumible						
Cloro		-0,83	-0,83	-0,83	-0,83	-0,83
Electricidad		-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Flujo de inversión	-95,98	19,29	19,29	19,29	19,29	19,29

CASO = CASO GLOBAL A DIFERENTES NÚMERO DE PERSONAS

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	57,19	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	6,89	%	Dosificación	0,08	gramos/L
Consumo Lavamos	3,75	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	4,10E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	€/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 2

	Año 0	Año 2	Año 4	Año 6	Año 8	Año 10
Ingresos						
Ahorro		23,01	23,01	23,01	23,01	23,01
Gastos						
Dispositivo	-73,83					
Instalación	-22,15					
Consumible						
Cloro		-3,32	-3,32	-3,32	-3,32	-3,32
Electricidad		-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Flujo de inversión	-95,98	19,65	19,65	19,65	19,65	19,65

NÚMERO DE PERSONAS 3

	Año 0	Año 2	Año 4	Año 6	Año 7
Ingresos					
Ahorro		34,52	34,52	34,52	17,26
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-4,97	-4,97	-4,97	-2,49
Electricidad		-0,07	-0,07	-0,07	-0,04
Flujo de inversión	-95,98	29,47	29,47	29,47	14,74

NÚMERO DE PERSONAS 4

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ahorro		23,01	23,01	23,01	23,01	23,01
Gastos						
Dispositivo	-73,83					
Instalación	-22,15					
Consumible						
Cloro		-3,32	-3,32	-3,32	-3,32	-3,32
Electricidad		-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
Flujo de inversión	-95,98	19,65	19,65	19,65	19,65	19,65

CASO = CASO GLOBAL CON 4 PERSONAS Y TARIFA DE 14\$/M3

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	57,19	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	6,89	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	3,75	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	14	\$/m3	Consumo energético	4,10E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 4

	Año 0	Año 1	Año 2
Ingresos			
Ahorro		80,54	80,54
Gastos			
Dispositivo	-73,83		
Instalación	-22,15		
Consumible			
Cloro		-3,32	-0,13
Electricidad		-0,05	-0,05
Flujo de inversión	-95,98	77,18	80,37

CASO = CASO GLOBAL CON TARIFA DE AGUA VENEZOLANA

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	57,19	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	6,89	%	Dosificación cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	3,75	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	0,000036	\$/m3	Consumo energético	3,91E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ahorro		5,18E-05	5,18E-05	5,18E-05	5,18E-05	5,18E-05
Gastos						
Dispositivo	-73,83					
Instalación	-22,15					
Consumible						
Cloro		-0,83	-0,83	-0,83	-0,83	-0,83
Electricidad		-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Flujo de inversión	-95,98	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84	-0,84

CASO = UN SOLO USUARIO

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	58,98	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	5,64	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	3,25	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	3,47E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20	Año 24
Ingresos						
Ahorro		24,28	24,28	24,28	24,28	19,43
Gastos						
Dispositivo	-73,83					
Instalación	-22,15					
Consumible						
Cloro		-3,58	-3,58	-3,58	-3,58	-2,87
Electricidad		-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04
Flujo de inversión	-95,98	20,65	20,65	20,65	20,65	16,52

CASO = RESIDENTE + VISITANTE TEMPORAL

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	49,04	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	12,56	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	6,01	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	6,42E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 2

	Año 0	Año 2	Año 4	Año 6	Año 7
Ingresos					
Ahorro		35,97	35,97	35,97	17,99
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-5,31	-5,31	-5,31	-2,66
Electricidad		-0,07	-0,07	-0,07	-0,04
Flujo de inversión	-95,98	30,58	30,58	30,58	15,29

CASO = REFERENCIA DE NSW DEPARTMENT OF WATER & ENERGY

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	41,00	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	9,76	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	4,00	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	4,17E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Ingresos					
Ahorro		29,21	29,21	29,21	29,21
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-4,42	-4,42	-4,42	-4,42
Electricidad		-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
Flujo de inversión	-95,98	24,73	24,73	24,73	24,73

CASO = REFERENCIA DE BLANCO & OTROS

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	55,00	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	60,00	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	33,00	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	3,44E-03	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos				
Ahorro		48,18	48,18	48,18
Gastos				
Dispositivo	-73,83			
Instalación	-22,15			
Consumible				
Cloro		-7,30	-7,30	-7,30
Electricidad		-0,10	-0,10	-0,10
Flujo de inversión	-95,98	40,78	40,78	40,78

CASO = INODOROS DE 3,5 LITROS/USO Y LAVAMANOS NO AHORRATIVOS

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	14,00	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	75,56	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	10,58	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	1,10E-03	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 2	Año 4	Año 6	Año 8
Ingresos					
Ahorro		30,89	30,89	30,89	30,89
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-4,68	-4,68	-4,68	-4,68
Electricidad		-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
Flujo de inversión	-95,98	26,15	26,15	26,15	26,15

CASO = INODOROS DE 20 LITROS/USO Y LAVAMANOS AHORRATIVOS

Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Consumo WC	80,00	L/persona-día	Precio del cloro	7,95	\$/kg
Ahorro	1,87	%	Dosificación de cloro	0,08	gramos/L
Consumo Lavamanos	1,50	L/persona-día	Instalación	30,00	%
Tarifa de agua	4	\$/m3	Consumo energético	1,56E-04	kw*h/día/persona
Tarifa de luz	8,00	C/kw*h			

NÚMERO DE PERSONAS 1

	Año 0	Año 20	Año 40	Año 60	Año 80
Ingresos					
Ahorro		43,68	43,68	43,68	43,68
Gastos					
Dispositivo	-73,83				
Instalación	-22,15				
Consumible					
Cloro		-6,61	-6,61	-6,61	-6,61
Electricidad		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Flujo de inversión	-95,98	36,98	36,98	36,98	36,98

Anexo AA.

Encuesta de Percepción de los Usuarios del Prototipo AQUASALVIS

Encuesta Prototipo AquaSalvis

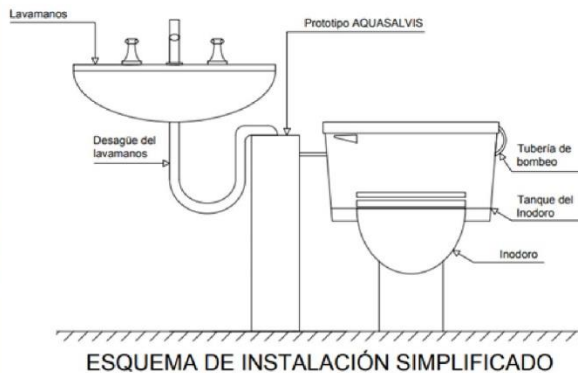
La siguiente encuesta tiene el propósito de analizar la percepción social del objeto estudiado en el Trabajo Especial de Grado titulado "Evaluación de Sistemas de Reutilización de Aguas Grises. Caso de Estudio AquaSalvis". Antes de contestar las preguntas, lean la descripción y contenido anexo que se presenta a continuación:

El prototipo AQUASALVIS es un dispositivo de ahorro de agua desarrollado por la empresa Grupo IID6 C.A., cuya función es recolectar el agua residual del lavamanos, la cual es sometida a un proceso de tratamiento y posteriormente utilizada en la descarga del tanque del inodoro o poceta, reduciendo el consumo de agua potable.

***Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico *

Prototipo AquaSalvis



2. Género *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Masculino
- ☐ Femenino

3. Edad *

4. Ocupación o profesión *

5. Zona donde vive *

6. ¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificaciones residenciales? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí
- ☐ No

7. ¿Estaría de acuerdo con el uso de dispositivos como AquaSalvis en edificios comerciales, administrativos y/o hoteles? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Sí
- ☐ No

8. ¿Adquiriría AquaSalvis como una medida de ahorro de agua? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Si
- ☐ No

9. Sabiendo que la tarifa de agua venezolana es muy baja, ¿Adquiriría AquaSalvis teniendo en cuenta que puede ahorrar como máximo un 22% del consumo total del inodoro en un día? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Si
- ☐ No

10. ¿Adquiriría AquaSalvis a un precio de 100 dólares, incluyendo su instalación? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Si
- ☐ No

11. Usando una tarifa internacional de agua, el costo por el uso único del inodoro sería de 26 \$/mes en una vivienda de cuatro personas. Bajo este escenario, ¿Adquiriría AquaSalvis teniendo en cuenta su precio y que el ahorro sería de 6\$ mensuales? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Si
- ☐ No

12. ¿Le preocuparía que AquaSalvis represente un peligro de salud o sea poco higiénico? **Marca solo un óvalo.*

- ☐ Si
- ☐ No

13. ¿Le preocuparía que AquaSalvis modifique la estética del cuarto de baño? *

Marca solo un óvalo.

☐ Si

☐ No

Con la tecnología de
 Google Forms