

**FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES EN
UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE
BUCARAMANGA**

JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES EN
UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE
BUCARAMANGA**

JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director

**ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
Ingeniera Sanitaria, MSc PhD.**

Co-Director

**EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA
Ingeniero Sanitario, MSc PhD.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

AGRADECIMIENTOS

Gracias primeramente a Dios por darme la fortaleza y sabiduría en todo este proceso, a mis padres por el apoyo incondicional, a los docentes que acompañaron mi formación académica e integral, a mi pareja por la confianza depositada y a mis amigos, ya que sin ellos nada de esto sería posible.

Jhonathan Guerrero

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1. OFERTA DE AGUA	19
1.1.1. Agua lluvia.....	19
1.1.2. Aguas grises.	20
1.2. USOS FUTUROS DEL AGUA TRATADA.....	20
1.2.1. Agua lluvia.....	21
1.2.2. Aguas grises.	21
1.3.1. Agua lluvia.....	22
1.3.2. Aguas grises.	22
1.4. TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO.....	23
1.4.1. Agua lluvia.....	23
1.4.2. Aguas grises.	23

1.5. FACTIBILIDAD TÉCNICA	24
1.5.1. Agua lluvia.....	25
1.5.2. Aguas grises.	25
1.6. ASPECTOS FINANCIEROS	26
2. METODOLOGÍA	27
2.1. PARÁMETROS PRELIMINARES DE DISEÑO	28
2.2. PROPUESTA Y ELECCIÓN DE ALTERNATIVA	28
2.3. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE.....	28
2.3.1. Tanque de agua lluvia.....	28
2.3.2. Tanque de aguas grises.....	29
2.4. AHORRO DEL SISTEMA.....	30
2.4.1. Agua lluvia.....	30
2.4.2. Aguas grises.	30
2.5. LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA	30
2.6. DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO	30
2.7. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO	31
2.8. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	32

2.9. FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA	32
2.9.1. Factibilidad técnica.....	32
2.9.2. Factibilidad social.....	32
2.9.3. Factibilidad financiera.	32
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. PARAMETROS DE DISEÑO	34
3.2. PROPUESTA Y ELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	35
3.3. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE AGUA LLUVIA.....	37
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE AGUAS GRISES.....	37
3.5. AHORRO CON EL TANQUE DE AGUA LLUVIA.....	38
3.6. AHORRO CON EL TANQUE DE AGUAS GRISES	39
3.7. UBICACIÓN DEL SISTEMA.....	39
3.8. DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO	39
3.9. CONSUMO ENERGÉTICO.....	41
3.10. AHORRO TOTAL.....	42
3.11. SISTEMA DE TRATAMIENTO.....	42
3.12. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	43

3.13. FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA	44
3.13.1. Factibilidad técnica.....	44
3.13.2. Factibilidad social.....	44
3.13.3. Factibilidad financiera.	44
4. CONCLUSIONES	47
5. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS.....	51
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Corte lateral del edificio.	27
Figura 2. Alternativas de reúso de agua lluvia y aguas grises.	35
Figura 3. Visualización isométrica de los sótanos 1, 2 y 3 del edificio seleccionado.	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ocupantes por apartamento según el número de dormitorios.	36
Tabla 2. Volumen anual de agua lluvia disponible para reúso.	37
Tabla 3. Ahorro anual en metros cúbicos de agua lluvia según el tamaño de tanque de almacenamiento.	38
Tabla 4. Ahorro anual en metros cúbicos de aguas grises.	39
Tabla 5. Consumo energético anual.	41
Tabla 6. Ahorro anual en costos debido a la implementación del sistema de reúso.	42
Tabla 7. Costos de construcción, operación, y mantenimiento del sistema de reúso propuesto.	45
Tabla 8. Factibilidad financiera determinada en distintas investigaciones alrededor del mundo.	46

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Calidad del agua lluvia en Colombia.	62
ANEXO 2. Distribución del consumo doméstico en diferentes países del mundo.	63
ANEXO 3. Caracterización de aguas grises dependiendo de su fuente.	64
ANEXO 4. Caracterización de aguas grises generadas en edificios de distintos estratos socioeconómicos.....	65
ANEXO 5. Porcentaje de encuestados que se oponen a usos específicos del agua reciclada.	66
ANEXO 6. Parámetros de calidad definidos por normativas nacionales e internacionales para aguas recicladas, dependiendo del posible uso.	67
ANEXO 7. Estándares requeridos para posibles usos.....	72
ANEXO 8. Usos futuros posibles de las aguas grises dependiendo del tipo de tratamiento aplicado.....	73
ANEXO 9. Diseño de sistemas de tratamiento dependiendo de la configuración de agua reciclada.....	74
ANEXO 10. Tratamientos para aguas grises aplicables en el sector doméstico urbano.....	75
ANEXO 11. Sistemas de tratamiento de aguas pre-fabricados.	76

ANEXO 12. Distribución general del edificio escogido como caso de estudio.	77
ANEXO 13. Encuesta 1: Reúso de aguas grises y aguas lluvias para un edificio estrato seis del área metropolitana de Bucaramanga.....	78
ANEXO 14. Análisis descriptivo de algunos de los resultados de la encuesta 1. ..	85
ANEXO 15. Análisis de oferta y demanda de las alternativas propuestas.	89
ANEXO 16. Dimensionamiento del tanque de agua lluvia.	90
ANEXO 17. Dimensionamiento del tanque de aguas grises.	94
ANEXO 18. Satisfacción semanal de la demanda de agua lluvia con la oferta disponible.....	98
ANEXO 19. Ahorro semanal de agua lluvia.	100
ANEXO 20. Ubicación del sistema de tratamiento en el sótano 3 (cota: -9.18) del edificio.....	102
ANEXO 21. Dimensionamiento de las redes con el método exigido por la NTC1500 y el propuesto por la Universidad Nacional de Colombia.....	103
ANEXO 22. Determinación de bombas para el abastecimiento de agua tratada a través del product center de Grundfos para Colombia.....	133
ANEXO 23. Comparación entre bombear directamente al sanitario y bombear primero a un tanque alto.	139
ANEXO 24. Sistema de captación, tratamiento y almacenamiento del agua lluvia.	142
ANEXO 25. Sistema de tratamiento y almacenamiento de aguas grises.....	143

ANEXO 26 Presupuesto del diseño hidrosanitario original y el nuevo (que incluye el sistema de reúso).	145
ANEXO 27. Costos de operación y mantenimiento del sistema anual.....	167
ANEXO 28. Encuesta 2: Reúso de aguas grises y aguas lluvias para un edificio estrato 6 del área metropolitana de Bucaramanga	168
ANEXO 29. Análisis descriptivo de los resultados de la encuesta 2.	171
ANEXO 30. Flujo de caja del sistema de aguas lluvias y aguas grises.....	172
ANEXO 31. Costos de construcción, operación y mantenimiento del sistema de reúso propuesto dependiendo del tipo de apartamento.	182

RESUMEN

TÍTULO: FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.*

AUTOR: JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA**

PALABRAS CLAVES: AGUAS LLUVIAS, AGUAS GRISES, SISTEMAS DE TRATAMIENTO, ACEPTACIÓN SOCIAL, FACTIBILIDAD FINANCIERA.

DESCRIPCIÓN:

La disminución constante de oferta de agua dulce en el mundo, hace evidente la problemática en gestión del recurso hídrico y la necesidad de implementación de nuevos sistemas de aprovechamiento de agua; sin embargo, la poca información generalizada crea en los posibles usuarios ciertas discrepancias e incertidumbres ante ésta temática. Como propuesta en el sector doméstico, y a partir de una revisión bibliográfica, este proyecto seleccionó un edificio de estrato socioeconómico alto (146 residentes, consumo promedio de 160 l/ hab/ día) ubicado en el área metropolitana de Bucaramanga (Santander, Colombia), en el cual se planteó el diseño de un sistema hidrosanitario de reutilización de aguas grises y aguas lluvias que captaría el agua desde donde es contaminada, tratándola y distribuyéndola in situ. Se evaluó la factibilidad técnica, social y financiera del proyecto determinándose un nivel de aceptación al reúso por parte de los usuarios del 86% y 83% para aguas pluviales y aguas grises, respectivamente. El sistema seleccionado requiere una inversión promedio por apartamento de 2'608,053 COP, representando un ahorro de agua potable total en el edificio de 1,770.5 m³ al año. El tiempo de recuperación de la inversión (TR) es de 16 años, la tasa interna de retorno de 8.19% y la relación beneficio-costos de 1.43.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directora: Isabel Cristina Domínguez Rivera. Co-Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

ABSTRACT

TÍTULO: TECHNICAL, SOCIAL AND FINANCIAL FEASIBILITY OF THE IMPLEMENTATION OF A SYSTEM IN THE RAINWATER AND GREYWATER REUSE IN A HIGH SOCIOECONOMIC STRATUM BUILDING OF THE METROPOLITAN AREA OF BUCARAMANGA.*

AUTHOR: JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA**

KEYWORDS: RAINWATER HARVESTING, GREYWATER REUSE, ALTERNATIVE WATER SOURCE SYSTEMS, SOCIAL ACCEPTANCE, FINANCIAL FEASIBILITY

DESCRIPTION:

The constant decrease in the supply of fresh water in the world shows the problems in water resource management and the necessity for the implementation of alternative water source systems; nevertheless, the lack of information generates discrepancies and uncertainties among users. This project selected a high socioeconomic stratum building (146 residents, average water consumption of 160 l/ per capita-day) located in Bucaramanga metropolitan area (Santander, Colombia), in which was considered the design of a hydro-sanitary system for the reuse of greywater and rainwater that would take the water which is contaminated; therefore, it would be treat and distribute in situ. The technical, social and financial feasibility of the project was evaluated with an acceptance level of 86% and 83% by the users of rainwater and greywater, respectively. The selected system requires an average investment per apartment of 2,608,053 COP representing a saving of drinking water in the building of 1,770.5 m³ per year. The recovery time of the investment (RT) is 16 years, the internal rate of return is 8.19% and the benefit-cost ratio is 1.43.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Isabel Cristina Domínguez Rivera. Co-Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

INTRODUCCIÓN

La demanda de los recursos hídricos aumenta dramáticamente como consecuencia del crecimiento de la población [1], la agricultura [2] e industrialización [3]. El cambio climático repercute en los patrones de precipitación; lo que hace que los términos escasez y gestión del recurso hídrico se generalicen cada vez más [4]. El agua que se destina para consumo domiciliario representa alrededor del 12% de la demanda total del agua dulce en el mundo, y aunque este es el sector que menos consume comparado con la agricultura 69% e industria 19% [5], es el más sensible a la introducción de cambios en la gestión del agua, que contribuyen a mejorar la eficiencia del uso del recurso en las prácticas cotidianas [6].

En este contexto, varias estrategias se han propuesto e implementado desde las últimas décadas en la recolección de agua: Abdulla y Shareef [7] evaluaron el potencial de ahorro de agua potable mediante el uso de agua de lluvia en Jordania, estimándolo en 19.7%. Mandal et al. [8] elaboraron un sistema de recolección, tratamiento y reutilización de aguas grises, intentando satisfacer la demanda sanitaria y de riego agrícola en la India, que condujo a un ahorro de agua dulce de un 48%. García et al. [9] desarrollaron una fórmula de programación matemática para el diseño de redes de aprovechamiento de agua grises y aguas pluviales aplicada en un complejo residencial en México, donde se obtuvieron reducciones de hasta el 38% en agua potable. Estos casos ponen de manifiesto el objetivo de las alternativas en sistemas de reúso: buscar el mejor balance en beneficio técnico, social y financiero del sistema.

Estudios coinciden en que una alta proporción del uso doméstico de agua no requiere estrictamente de la calidad del agua potable (p. ej., descarga del inodoro,

limpieza de la casa y riego de jardines), haciendo factible la posibilidad de utilización del agua con una calidad inferior en algunos usos determinados [10]. En Colombia, la cantidad de agua para uso residencial que no requiere calidad de agua potable se estima en aproximadamente el 71%, sin embargo, aún se está empleando. En este contexto, las viviendas de estrato alto (5 y 6), tienen el mayor nivel de consumo de agua en Colombia, siendo la dotación neta por habitante un 27% más alta que la de los estratos bajos (1 y 2) [11]. La principal alternativa que se ha implementado para mitigar el consumo en este sector es el aumento de las tarifas de prestación del servicio de agua potable impuestas por la comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento, ésta, además de cubrir el propio nivel de consumo, agrega un subsidio de retribución para los estratos socioeconómicos más bajos, aun así, el programa no ha tenido éxito, continuando con las demandas elevadas de agua potable [12].

A raíz de dicha problemática, este proyecto evaluó la factibilidad de implementar un sistema de reúso descentralizado de aguas pluviales y aguas grises en un edificio estrato 6, localizado en el área metropolitana de la ciudad de Bucaramanga, departamento de Santander; para ello se propone un conjunto de tecnologías para captar el agua desde su punto de generación, tratándola y distribuyéndola in situ [13]. Indicadores de dimensiones técnicas, sociales y financieras, fueron usados para seleccionar entre distintas alternativas la más viable a realizar. Cabe resaltar, que la implementación de sistemas de reúso en complejos multifamiliares frente a viviendas independientes ha evidenciado mayor aceptación, pues variables relevantes como el tiempo de retorno de la inversión disminuyen significativamente [14].

1. MARCO TEÓRICO

A través de las bases de datos con las que cuenta la Universidad Industrial de Santander (UIS), tales como Scopus, Science Direct y Web Of Science, se estudiaron las metodologías usadas en la implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises alrededor del mundo, con énfasis en los aspectos técnicos, sociales y financieros. Además, se revisó la normatividad existente a nivel nacional e internacional para el tema de reúso de agua.

1.1. OFERTA DE AGUA

1.1.1. Agua lluvia. La oferta de agua lluvia está limitada principalmente por el comportamiento hidrológico de la zona donde se encuentre localizada la construcción y a su vez, del área de captación que disponga. Los acabados, la pendiente, la cobertura vegetal y el tipo de cubierta, también influyen [15], haciendo además que el agua lluvia en estado puro sea difícil de encontrar, a esto último se suma los componentes presentes en la atmósfera local (partículas, metales pesados, microorganismos y sustancias orgánicas), los cuales se precipitan inmersos en las gotas de lluvia [16]. Estudios revelan que la variación en la intensidad, frecuencia y duración de la lluvia [17], la dirección de los vientos [18], las pinturas de los techos [19], son factores predominantes del tipo de contaminantes encontrados. El Anexo 1 presenta la calidad de muestras de agua lluvia tomadas en Colombia y la normativa nacional existente, que corresponde al Decreto 1594 del Ministerio de Salud, denominada “Usos del agua y residuos líquidos” [20]; la resolución 2115 del Ministerio de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [21] y la normativa americana U.S. EPA [22].

1.1.2. Aguas grises. Las aguas grises claras provienen de duchas, tinas y lavamanos y presentan una mejor calidad, en contraste al agua gris oscura que se obtiene de fregaderos de cocina, lavadoras y lavavajillas [14]. La cantidad de aguas grises que se generan diariamente en un hogar (Anexo 2) está ligada a las costumbres culturales de los distintos usuarios. En Colombia, el uso doméstico que se le da al agua potable revela que: 27.1% es para el lavado de ropa, 20.9% para la ducha, 19.9% para la descarga del inodoro, 15.5% para el lavado de platos, 4.9% para el aseo de la vivienda, 3.9% para el consumo propio, 3.7% para el lavado de manos, 2.5% para el riego y el 1.5% para el lavado de vehículos [11].

Las características de las aguas grises dependen de la calidad del agua de suministro, el tipo de redes de distribución (lixiviación de las tuberías, procesos químicos y biológicos en la biopelícula formada en las paredes de las tuberías) y las distintas actividades desarrolladas en el hogar (estilos de vida, costumbres, uso de productos químicos domésticos) [23]. Estos aspectos inciden por ejemplo, en la alta variabilidad de las concentraciones de metales pesados [14]. Para dimensionar el grado de influencia de estos factores, el Anexo 3 presenta una caracterización de las aguas grises dependiendo de su fuente y el Anexo 4 presenta características de calidad de las aguas grises encontradas según el estrato socioeconómico en Colombia.

1.2. USOS FUTUROS DEL AGUA TRATADA

El uso menos probable que se le daría al agua reciclada sería para la preparación y el consumo de alimentos (Anexo 5), sin embargo, los usos con menos contacto humano (como la lucha contra incendios y el riego de espacios públicos) poseen altos niveles de aceptación [24]. En este sentido, existen diversas normativas nacionales e internacionales que contienen estándares de calidad mínimos requeridos para el uso no potable de las aguas recicladas, entre ellos, los del Ministerio de Salud de la República de Colombia, Guidelines for Water Reuse 2012 de la EPA, Manual on Water Quality for Reuse of Treated Municipal Wastewater

2005 del Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte de Japón entre otras (Anexo 6) [25]. El Anexo 7, presenta la caracterización de algunas muestras de aguas grises y aguas lluvias en Colombia, frente al mayor requerimiento de las normativas especificadas en el Anexo 6.

1.2.1. Agua lluvia. Al poseer una mejor calidad comparada con las aguas grises [26], el agua lluvia o también llamada pluvial, puede utilizarse en lugar de agua potable en muchas áreas funcionales para diferentes propósitos, incluyendo sanitarios, jardines, lucha contra incendios, torres de enfriamiento e industria [27]. En áreas urbanas está siendo utilizada especialmente para descargas de inodoros, riego de jardines [6], [19], lavadoras y demandas de agua del aire acondicionado [17]. Se percibe en investigaciones realizadas, mayor adopción para usos futuros no potables, que evitan el consumo humano y el contacto directo, debido a razones de salud más que de insuficiencia del recurso [28], [29], [30].

1.2.2. Aguas grises. El uso potencial de las aguas grises depende de las características fisicoquímicas y biológicas obtenidas al ser aplicado los diferentes tipos de tratamientos (Anexo 8). A diferencia del agua lluvia, el agua gris se genera diariamente siguiendo un patrón de producción regular que hace que este recurso sea adecuado para reúsos diarios [31]; en áreas urbanas es potencialmente factible al igual que el agua lluvia en sanitarios [14], [31], [32], [33] y riego de jardines [17], [34], [35].

1.3. ACEPTACIÓN SOCIAL

Se determina según el grado de aceptación y apoyo de la sociedad en relación a la implementación de un proyecto [36]. En temas de reúso de aguas, se han encontrado diversas correlaciones socio-demográficas significativas e influyentes

para una futura aprobación e implementación de estos sistemas, tales son la educación, el género y el ingreso económico de los usuarios. En menor medida, sus edades [37].

Un estudio realizado en Gano Village en Banda Aceh, Indonesia, revela que un usuario al poseer poca información de los procesos de tratamiento de agua disponibles, crea una impresión desconfiada a la hora de pensar en implementar nuevos sistemas [38]. Como esta percepción de riesgo hacia la salud humana es inminente [39], medidas como el uso de colorantes para teñir el agua reciclada ayudan debido a una sensación generada de control [31].

1.3.1. Agua lluvia. Además de un análisis de la oferta hídrica en disposición y de su calidad, se hace necesario conocer todos aquellos factores sociales y culturales predominantes en la comunidad que se beneficiará del sistema implementado [16]. Algunas de las variables que determinan los patrones para el reúso de agua lluvia son: Las diferencias socioeconómicas en la demanda, costo del sistema, opciones de uso de agua restringido, parcial e intermitente, entre otras [19].

1.3.2. Aguas grises. A partir de estos estudios realizados en España [31], Sudáfrica [33] y otros lugares del mundo, se generalizan una serie de factores que afectan el nivel de aceptación ante la idea de reusar el agua gris, entre los que se destacan los siguientes: El grado de "repugnancia" generado; las percepciones de los riesgos potenciales para la salud humana (que pueden ser mayores por la presencia de niños); el capital y los costos de operación y mantenimiento de estos sistemas; las fuentes de aguas grises (los usuarios se niegan a usar agua reciclada que ha sido previamente utilizada por sus vecinos); actitudes específicas hacia el medio ambiente; influencia de la escasez de agua; desconfianza en las autoridades y poco conocimiento disponible [40].

1.4. TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO

La implementación de un sistema de reúso de aguas lluvias y aguas grises simultáneo en un edificio posee ventajas en la medida en que son menos sensibles a los cambios de ocupación que afectan gravemente a la producción de aguas grises y a los cambios climáticos que afectan la oferta de aguas lluvias. En el Anexo 9, se puede observar cómo estas aguas recicladas dependiendo de su diseño pueden ser tratadas: por separado; primero tratarse el agua lluvia, usarse dentro de la vivienda y después tratarse dentro del grupo de aguas grises, o por último, ser captadas y tratadas en conjunto como aguas grises, para posteriores usos [17].

1.4.1. Agua lluvia. Los componentes principales de un sistema de tratamiento de agua lluvia inicia con un pretratamiento a través de dos procesos: la filtración gruesa para sólidos de mayor tamaño (por ejemplo, ramas y hojas) que se puedan encontrar en el área de captación, usando pantallas de hojas y de canal [41], y el desvío del primer flujo de agua que contiene restos de tejado por periodos de sequía prolongados, polvo acumulado, deposiciones de aves y otros animales [5]. Esta primera agua refleja una alta turbidez, conductividad y sólidos totales [42]. Para ello se incorporan mecanismos como la bola de flujo ascendente [43].

Estudios demuestran que una vez finalizado el pre-tratamiento, este no favorece en la misma medida las características microbiológicas del agua lluvia como sí lo hace con las fisicoquímicas [44], por ende, se deben usar tecnologías de tratamiento adicionales orientadas a la remoción de turbiedad, impurezas biológicas, hierro, manganeso, color y olor [16]. En sistemas de alta complejidad se llega a utilizar sistemas ultravioletas [45] y biorreactores [17].

1.4.2. Aguas grises. Se exigen niveles de tratamiento del agua gris dependiendo del grado de exposición humana (preliminar, primario, secundario y terciario) (Anexo 10). El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o efluente tratado y un

residuo sólido (lodo) [25] evitando, por ejemplo, la presencia de sólidos suspendidos que puedan obstruir el sistema de distribución o altas cantidades de sulfuro, que genera olores ofensivos [46]. En general, no existe una remoción significativa de fósforo y nitrógeno en los sistemas descentralizados, debido a que la presencia de estos componentes no presenta ningún riesgo para riego de jardines o descarga de inodoro [47].

El sistema de biorreactores de membrana (MBR), hace parte de la última generación de tecnologías en el tratamiento de aguas grises; por otra parte, el sistema de contactores biológicos rotativos (RBC) representa una de las tecnologías más usadas en el medio [48]. La cloración ha sido la forma más común de desinfección, ya que además de ser económica, previene el rebrote microbiano [49]. Adicionalmente, han aparecido distintas empresas con sistemas pre-fabricados para el tratamiento de estas aguas, como lo son Greywaternet, G.V. soluciones y ECOCICLE (Anexo 11) [50]. En propuestas no convencionales se destacan los reactores “SODIS” y “SOCO-DIS”, quienes desinfectan el agua utilizando la luz y el calor del sol, a través de materiales traslúcidos reciclables como botellas plásticas. El “SOCO-DIS” da un mejor enfoque a la luz del sol sobre el agua, alcanzando mayores temperaturas e inactivación microbiana [51].

1.5. FACTIBILIDAD TÉCNICA

En propuestas de implementación de sistemas de reúso, se analiza la factibilidad técnica de forma cualitativa a partir de criterios como disponibilidad de espacios, tecnologías y personal capacitado para la implementación y mantenimiento [12]. Para construcciones residenciales nuevas, al momento de contemplar la posibilidad de implementar un sistema de tratamiento se deben dejar los espacios necesarios en las áreas comunes del edificio o conjunto residencial, haciendo las adecuaciones de las tuberías hidráulicas y sanitarias desde el momento mismo de la construcción. Sin embargo, cuando se habla de edificios residenciales ya construidos, se debe

buscar adaptar los sistemas a las áreas comunes, donde no se vaya a afectar a ningún residente [25].

Cuando el agua de lluvia y el agua gris se usan juntos dentro de un proyecto, se considera apropiado utilizar primero el agua gris y luego el agua de lluvia [30]. Cualquier escasez o exceso de aguas recicladas debe tenerse en cuenta [14], por lo que dispositivos de control mecánico como: flotadores, válvulas de cierre, válvulas de retención y uniones universales; son indispensables para el adecuado funcionamiento y mantenimiento del sistema [52].

1.5.1. Agua lluvia. Lo ideal es que el periodo de tiempo del que se tenga información de precipitación, sea lo más grande posible, con un valor mínimo de entre diez y quince años para hacer un correcto dimensionamiento [36]. En términos de calidad, el agua de lluvia es mejor en la parte superior de un tanque que en el fondo, debido a la presencia de sólidos en suspensión, metales pesados (Al, Fe, Pb y Zn) [53] y coliformes fecales que tienden a asentarse más en el fondo como lodos [54]. Por esto, el grifo de extracción debe colocarse al menos 0.5 m por encima de la parte inferior [29].

1.5.2. Aguas grises. Se ha encontrado que el almacenamiento de aguas grises durante 24 horas mejora la calidad del agua. Sin embargo, el almacenamiento durante más de 48 horas, hace que el oxígeno disuelto se agote incrementando así el crecimiento de microorganismos anaerobios que se suman a los virus patógenos, bacterias, protozoos y helmintos [22], [55], [56]. El tipo de material del tanque no afecta de forma significativa la calidad del agua almacenada [57].

1.6. ASPECTOS FINANCIEROS

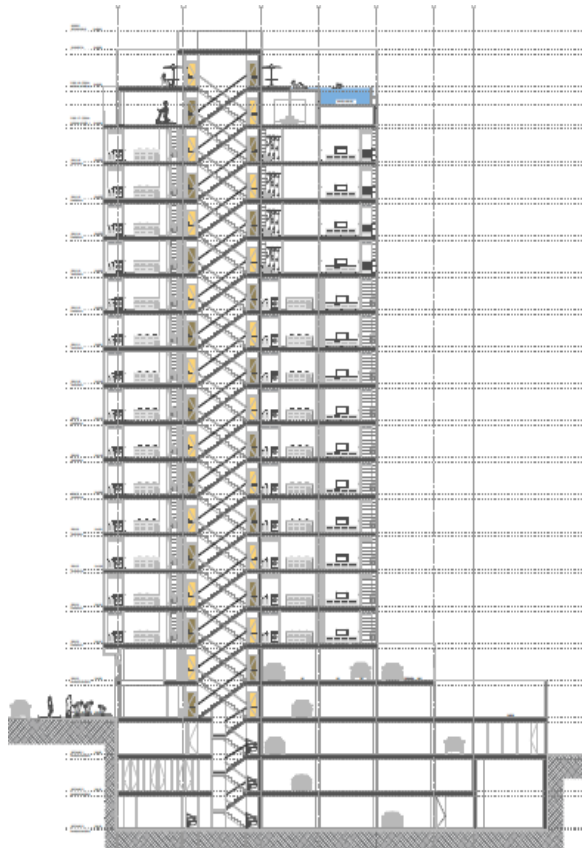
La factibilidad financiera se define como el estudio de la rentabilidad de una inversión que busca determinar, con la mayor precisión posible, la cuantía de las inversiones, costos y beneficios de un proyecto, para posteriormente compararlos y determinar la conveniencia de su implementación [58]. Su evaluación se hace a partir de índices como la tasa interna de retorno (TIR), el tiempo de retorno de la inversión (TR), el valor presente neto (VPN) y la relación beneficios-costos (B/C) que determinan la viabilidad del sistema de reúso.

Si los indicadores financieros del proyecto no cumplen con los criterios de evaluación, se debe buscar la manera de disminuir la inversión o por otro lado, aumentar los ingresos [52]. El nuevo patrón de urbanización en el que grupos de edificios de varios pisos comparten jardines y piscinas favorece la instalación de sistemas de reutilización, ya que se vuelve más factibles económicamente [14].

2. METODOLOGÍA

Caso de estudio. El edificio seleccionado para la realización del proyecto no se encuentra construido actualmente. Este se situará en la ciudad de Bucaramanga (Colombia) y representa una vivienda de nivel socioeconómico alto (estrato 6). El edificio está compuesto por tres sótanos (S1, S2, S3) y dos pisos de parqueaderos (P1, P2), además del lobby del edificio y recepción (P1), la administración (P2), 14 pisos de vivienda con distintas tipologías de apartamentos (P3 a P16) y dos pisos de áreas sociales en lo que se encuentran un salón de eventos, piscina, una zona verde, entre otras (P17, P18) (Figura 1, Anexo 12).

Figura 1. Corte lateral del edificio.



2.1. PARÁMETROS PRELIMINARES DE DISEÑO

Debido a que el edificio no se encuentra aún construido, se buscó un complejo residencial en la misma ciudad con características socioeconómicas iguales para llevar a cabo una primera encuesta de 20 preguntas. El conjunto seleccionado fue “Cabecera Del Llano” el cual cuenta con tres torres de 52, 32 y 38 apartamentos, respectivamente. La encuesta se realizó en 6 jornadas, con el fin de conocer en general aspectos como: el nivel de interés en la implementación del sistema, consumo y uso actual del agua potable, número de ocupantes por apartamento y aplicaciones futuras del agua tratada. (Anexo 13) Se obtuvo un total de 42 encuestados (34% de los residentes), rango mayor al 30% recomendado [59].

2.2. PROPUESTA Y ELECCIÓN DE ALTERNATIVA

A partir de los resultados obtenidos de la encuesta y la revisión bibliográfica realizada, se hizo un análisis descriptivo para proponer tres alternativas principales de reúso de agua lluvia y aguas grises.

2.3. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE

Un correcto dimensionamiento es necesario para no generar un sobre diseño (representado en sobrecostos) o un sub-diseño (percibido en baja eficiencia) del sistema [30].

2.3.1. Tanque de agua lluvia. En general, existen cuatro métodos conceptuales para su dimensionamiento: Simplificados, de balance continuo de masa, no paramétricos basados en matrices de probabilidad, y estadísticos [60].

El método usado en este estudio se basó en el propuesto en Domínguez et al. (2017) [10]. Consistió en evaluar para cinco opciones de tanque (T1 de 1 m^3 a T5 de 5 m^3) el suministro de agua lluvia disponible, éste último obtenido a partir de la

precipitación diaria de 25 años (1990 - 2014) obtenidos de una estación meteorológica cercana a la zona de estudio llamada “LA FLORESTA (705 N - 7307 W - 925 msnm)” la cual es operada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). El cálculo del volumen anual se hizo a partir de la ecuación (1):

$$(1) \quad V_{i,j-Ti} = [(\sum L \times C) + (F \times P_{Ti})] * \frac{A}{1000}$$

Donde $V_{i,j-Ti}$ es el volumen de agua acumulado en la semana i , del año j , para un tanque de almacenamiento de T_i (m^3), L es el valor de lluvia en la semana i , con precipitaciones diarias inferiores a P_{Ti} (mm); C es el coeficiente de escorrentía para el área del techo (en este caso 0.8 porque hay una placa de concreto como cubierta superior) [61]; F es el número de días en la semana i , con precipitaciones superiores a P_{Ti} ; P_{Ti} es la lluvia necesaria para llenar el tanque de almacenamiento i (mm); y A es el área del techo (m^2) en este caso de $165.25 m^2$.

2.3.2. Tanque de aguas grises. Se han publicado varios métodos para el dimensionamiento del tanque de aguas grises como el análisis de la curva de masa [62] y el análisis de pico secuencial [63], los cuales dimensionan con una oferta de aguas grises constante. En este caso, como la oferta de agua gris es variable a lo largo del día, se propuso trabajar con las curvas de consumo, determinando la dimensión del tanque como la mayor diferencia que se puede dar en un día de uso entre oferta y demanda, aplicando un factor de seguridad de 1.3 [64].

2.4. AHORRO DEL SISTEMA

2.4.1. Agua lluvia. El ahorro de agua potable debido al reúso de agua lluvia, se calculó como lo evidenciado en Oviedo et al. (2017) [6], sobre la base de la diferencia entre la oferta y la demanda semanal, agregando las acumulaciones de la semana anterior (si se generaban). La oferta se consideró variable y se estimó como se explica en la sección sobre el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento 2.3.1, mientras que la demanda se asumió constante en cada semana.

2.4.2. Aguas grises. Como la oferta y demanda de las aguas grises tienen una periodicidad diaria, estas se consideran constantes a lo largo del año haciendo que su ahorro sea el menor valor entre ellas.

2.5. LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA

Se dispuso de un lugar para la ubicación del sistema teniendo en cuenta los tamaños de los tanques de almacenamiento, la posible intervención para mantenimiento y la no afectación a residentes, ni a la arquitectura inicial del edificio [25].

2.6. DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO

Los diseños hidrosanitarios originales no fueron suministrados para esta investigación. Por lo tanto, como parte de este estudio se diseñaron los siguientes tipos de redes: red hidráulica potable, red sanitaria, red de aguas grises, red de aguas grises tratadas, red de agua lluvia y red de agua lluvia tratada; utilizando los parámetros especificados en el Código Colombiano de Fontanería NTC1500 [65].

Además, se realizó un análisis de comparación en el dimensionamiento de las redes a partir de nuevos valores de Hunter propuestos por la Universidad Nacional de Colombia, los cuales argumentan no generar un sobredimensionamiento del sistema [66]. La elección del sistema de tratamiento se hizo a partir de la revisión bibliográfica expuesta en el ítem 1.4, siguiendo los parámetros de remoción y el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales del efluente para su uso final.

2.7. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético anual está determinado por la potencia (P) y tiempo de trabajo de la bomba (t). El caudal (Q_{bomba}) depende del volumen a bombear (Vol) que corresponde a la demanda total de agua para sus respectivos usos. La potencia por su parte, depende de la densidad del agua ($1,000 \frac{Kg}{m^3}$), la aceleración de la gravedad ($9.81 \frac{m}{s^2}$), la altura dinámica total (h) y la eficiencia (n), tal como se observa a continuación:

$$(2) \quad Q_{bomba} \left[\frac{m^3}{s} \right] = \frac{Vol [m^3]}{t[h]*60*60}$$

$$(3) \quad P [HP] = \frac{\rho * g * Q_{bomba} * h [m]}{\frac{n[\%]}{100}} * 0.00134$$

$$(4) \quad Gasto\ energético [KWh] = P * 0.746 * t$$

2.8. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El costo neto de construcción es la diferencia entre el valor del sistema hidrosanitario nuevo (con reúso), menos el convencional. El presupuesto se realizó trabajando con la base de precios actualizados de ALDIA, costos sugeridos de proveedores y cotizaciones telefónicas. Los costos de operación se determinan a partir del consumo energético y la depreciación de los equipos. El valor de mantenimiento se estima a partir del salario de un técnico especializado de acuerdo al Observatorio Laboral Colombiano y las horas necesarias para la realización de dicho trabajo [12].

2.9. FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA

2.9.1. Factibilidad técnica. La viabilidad técnica se determinó con la facilidad de obtención de los materiales, de mano de obra calificada y espacio disponible para la implementación del sistema.

2.9.2. Factibilidad social. Se realizó una segunda encuesta en el mismo complejo residencial “Cabecera Del Llano” donde se determinó la factibilidad social representada en el interés de los posibles usuarios por la implementación del proyecto, su capacidad e intención de pago y la aceptación del sistema propuesto; además del nivel de conformidad en cuanto a ubicación, funcionamiento, costos y tecnología seleccionada [67].

2.9.3. Factibilidad financiera. Se utilizaron los indicadores: Tiempo de retorno de la inversión (TR), valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio-costos (B/C), representados en un flujo de caja. Para su realización se tuvo

en cuenta la inversión inicial, que es el costo de implementación del sistema de reúso. Los ingresos por la operación del sistema, que es el ahorro en el pago de servicios de acueducto y alcantarillado. Los egresos estuvieron representados en los costos de operación y mantenimiento [68].

El flujo de caja se proyectó a 50 años, que es el tiempo recomendado por la normativa internacional ISO 14040 (2006) y se utilizó una inflación de 4.28% calculada a partir de la variación de los últimos 10 años del Índice de Precios al Consumidor IPC en Colombia [69]. La tasa de descuento usada para determinar el VPN y B/C fue de 3.51%, que está propuesta para proyectos ambientales en Colombia con un horizonte de evaluación de 26 a 75 años (futuro mediano) [70].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PARAMETROS DE DISEÑO

De acuerdo a la información obtenida en las encuestas se estableció un consumo de agua promedio de 160 litros/persona-día, el cual es 6% más bajo al dado por el departamento nacional de planeación de 170 litros/ persona-día en estratos socioeconómicos altos (5 y 6) [11].

A través del análisis estadístico (Anexo 14) se identificó una disposición del 86% para reutilización de aguas lluvias y 83% para aguas grises, un resultado semejante al obtenido por investigaciones en Omán, Siria y Portugal, donde la aceptación social de reúso de aguas grises fue del 84%, 83% y 80% respectivamente [71], [72], [68]. Estudios para viviendas unifamiliares en Bucaramanga evidencian un 91% y 78% (estrato socioeconómico bajo) [10], 97% y 86% (estrato socioeconómico alto) [6] en aprobación al reúso de aguas lluvias y aguas grises correspondientemente, siendo similares a los encontrados en este proyecto.

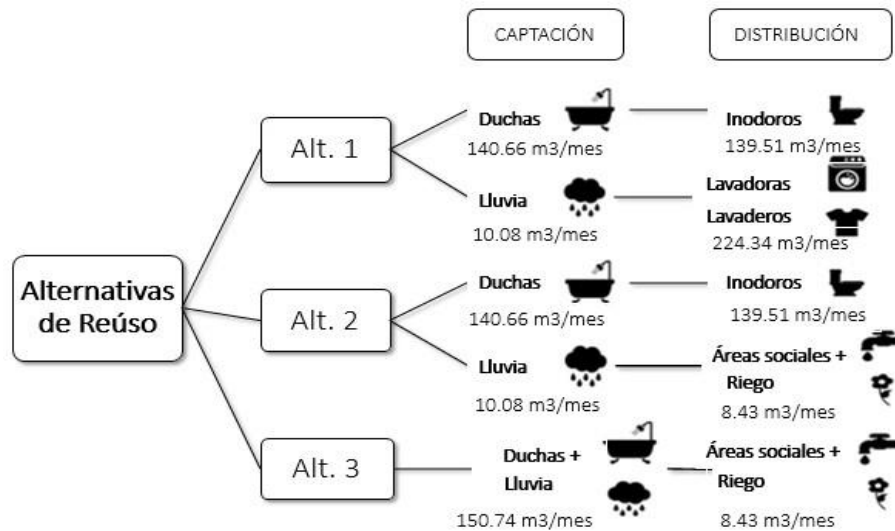
Para agua lluvia se obtuvo un 100% de aceptación de implementarse para limpieza de áreas sociales y riego de las zonas verdes con las que cuenta el edificio; de los encuestados que tienen disposición de reutilizarla, el 94% se justifica en ayuda al medio ambiente. Con respecto al agua gris, se resalta un 100% para implementación en inodoros, 62.8% para lavadero y 45.7 para lavadora, de los que respondieron negativamente que corresponden a un 17%, el 100% tiene preocupación por la higiene; semejante a lo encontrado en Colombia, Portugal y Brasil [6], [68], [73].

Se obtuvieron valores predominantes de aceptación en: 31% para realizar mensualmente un mantenimiento preventivo del sistema; 83% para contratación de una persona adicional en caso de requerirse para su operación y 64% de rango de inversión menor a 3 millones COP por apartamento, seguido de un 21% entre 3 y 6 millones COP.

3.2. PROPUESTA Y ELECCIÓN DE ALTERNATIVA

De acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada y la revisión de literatura sobre caracterización de las aguas grises y lluvias, se propusieron las tres alternativas de reúso mostradas en la Figura 2. Para la captación de aguas grises se optó por las duchas, ya que es el dispositivo sanitario con mejores características fisicoquímicas en el efluente para reúso [12], se utilizó un coeficiente de reducción de 0.96 establecido por el autor por interceptación del fluido en el cabello y en la piel del usuario.

Figura 2. Alternativas de reúso de agua lluvia y aguas grises.



Para la determinación de la oferta y demanda de aguas grises se empleó la distribución porcentual de consumo para viviendas en Colombia [11], la dotación neta por habitante determinada en 3.1 y el número de residentes según la tipología de los apartamentos que se observa en la Tabla 1.

La demanda en riego de zonas verdes y limpieza de áreas sociales se calculó usando 1.9 L/ m² *día [75] y 1.5 L/ m²*día [76] respectivamente. Se asignó a estos

dos usos una frecuencia de 4 veces por semana, buscando así un tiempo de reserva menor a 48 horas (tiempo máximo recomendado para aguas grises) (Anexo 15).

Tabla 1. Ocupantes por apartamento según el número de dormitorios.

Tipo de apartamento	Dormitorios	Ocupantes
TP01	3	4
TP02	2	4
TP03	1	3
TP04	4	5

Fuente: Adaptado de [74].

Para la primera alternativa, el agua lluvia necesaria para satisfacer la demanda de lavadora y lavadero (32% según la CRA, 224 m^3 / mes/ edificio) es bastante elevada. El incremento de volumen de agua lluvia obtenida al usar tamaños de tanques mayores ha evidenciado no ser tan significativo, debido al área de captación y la precipitación promedio de la zona [12], por lo tanto, para satisfacer ésta demanda además de necesitar un tanque de gran capacidad, requerirá aumentar las zonas de captación que en un edificio son limitadas. La tercera alternativa, propone la oferta de aguas lluvias y grises para el riego de zonas verdes y limpieza de áreas sociales (8 m^3 / mes/ edificio), esta refleja un sobre dimensionamiento del sistema, ya que sólo la producción de aguas grises es 18 veces mayor a la demanda; sumándose a esto que si se optara por tratar toda el agua recolectada en conjunto, debido a las propiedades físico-químicas más desfavorables del agua gris en contraste a la de lluvia, se requeriría de igual forma un tratamiento sofisticado.

La segunda alternativa, por el contrario, posee el mejor balance entre oferta de aguas gises (21% según la CRA, 141 m^3 / mes/ edificio) y de agua lluvia, frente a sus posibles demandas (140 y 8 m^3 / mes/ edificio, respectivamente). Además de

ser las alternativas para uso final del agua tratada con mayor aceptación social según los resultados de la encuesta 3.1.

3.3. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE AGUA LLUVIA

Se trabajó siguiendo la metodología propuesta en 2.3.1, para cinco opciones de tanque (T1 de 1 m^3 , T2 de 2 m^3 , T3 de 3 m^3 , T4 de 4 m^3 , T5 de 5 m^3) y 25 años de datos de precipitación diaria (1990 - 2014) tomados por la estación “LA FLORESTA” del IDEAM. Se utilizó un coeficiente de escorrentía de 0.8, debido a que la cubierta del piso superior es de concreto [61], el área destinada para captación fue de 165.25 m^2 correspondiente a cubiertas, obteniéndose así lo evidenciado en la Tabla 2. La información obtenida sugiere que a medida que el tamaño del tanque aumenta el incremento en el agua lluvia almacenada decrece, por lo que se escogió los tanques de 1, 2 y 3 m^3 como posibles candidatos a implementar. (Anexo 16).

Tabla 2. Volumen anual de agua lluvia disponible para reúso.

Tanque (m^3)	1	2	3	4	5
Volumen (m^3)	85.5	120.9	140.2	152.1	159.9
Diferencia (m^3)	-	35.4	19.3	11.9	7.8
Incremento (%)	-	41.5	15.9	8.5	5.2

Fuente: Adaptado de [10].

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE DE AGUAS GRISES

El volumen del tanque de almacenamiento depende de la distribución del consumo de agua para la descarga del inodoro y del rendimiento de aguas grises tratadas [47]. Por ello se propuso generar una curva de consumo diaria para la oferta (duchas) y la demanda (inodoros) trabajando con el promedio de uso diario para

estos aparatos sanitarios obtenidos en la primera encuesta (1.21 para duchas y 4.28 para inodoros) y los picos encontrados en distintos estudios. Por lo general, estos últimos describen el flujo máximo de aguas grises entre las 07:00 y las 09:30 y de nuevo entre las 17:30 y las 20:00, antes de que las personas salen a trabajar y después de regresar a sus hogares [23], [77]. Con esto se obtuvo un dimensionamiento óptimo de tanque de 2.4 m^3 , utilizando un coeficiente de seguridad de 1.3 [64]. (Anexo 17)

3.5. AHORRO CON EL TANQUE DE AGUA LLUVIA

Se realizó siguiendo el numeral 2.4.1 para los tres tamaños de tanques seleccionados en 3.3, usando la oferta y demanda semanal. Se determina su ahorro con las tarifas dadas para una vivienda de estrato alto en Bucaramanga que corresponden a 2,930.38 COP/ m^3 para acueducto [78] y 2,516.80 COP/ m^3 para alcantarillado [79], el resultado obtenido se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Ahorro anual en metros cúbicos de agua lluvia según el tamaño de tanque de almacenamiento.

Tanque (m^3)	1	2	3
Agua (m^3)	83.3	96.3	97.8
Acueducto (COP)	244,228	282,124	286,647
Diferencia (COP)	-	37,895	4,523
Alcantarillado (COP)	209,759	242,306	246,191
Diferencia (COP)	-	32,547	3,885

Se selecciona el tanque de 2 m^3 , ya que el nivel de satisfacción de las demandas semanales es mayor que el de 1 m^3 , y similar al de 3 m^3 , (Anexo 18) pero a diferencia de este último, representa la opción con menor costo y requerimiento de espacio (Anexo 19).

3.6. AHORRO CON EL TANQUE DE AGUAS GRISES

De acuerdo al numeral 2.4.2, se escogió el menor valor entre oferta y demanda de aguas grises, que corresponde a la demanda (139.5 m^3 / mes/ edificio) donde se obtiene el ahorro presente en la Tabla 4 (Anexo 15).

Tabla 4. Ahorro anual en metros cúbicos de aguas grises.

Oferta (m^3)	1,674.2
Acueducto (COP)	4'905,967
Alcantarillado (COP)	4'213,562

3.7. UBICACIÓN DEL SISTEMA

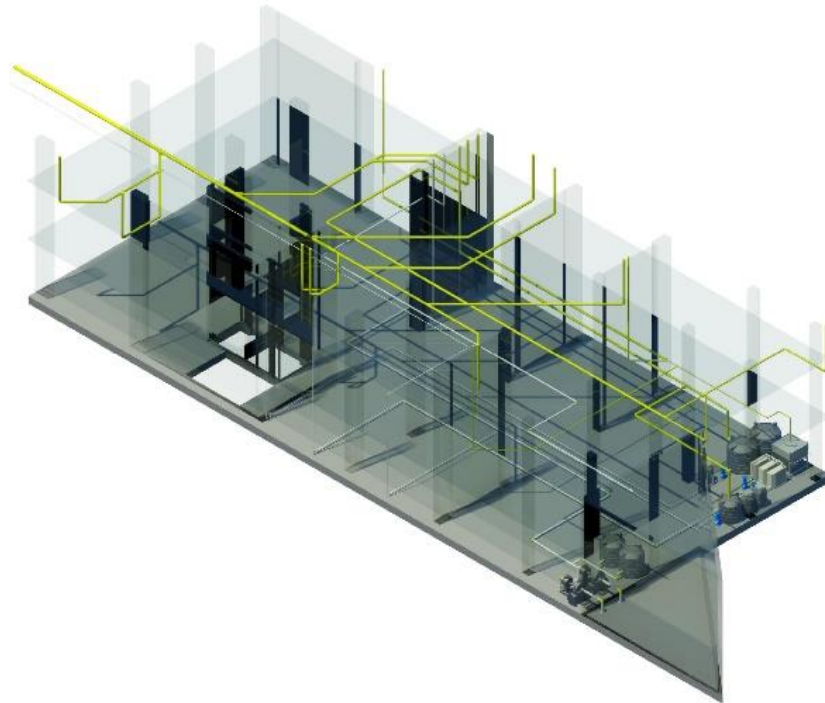
En el Anexo 20 se observa el espacio destinado para la ubicación del sistema de tratamiento de agua lluvia y aguas grises. Se eligió uno de los parqueaderos disponibles en el sótano 3 para visitantes, el cual no interfiere con la comodidad de ningún residente y tiene un fácil acceso cuando se requiera hacer mantenimiento.

3.8. DISEÑO DEL SISTEMA HIDROSANITARIO

El diseño de las diferentes redes de recolección y distribución estuvo regido bajo lo especificado en el Código Colombiano de Fontanería NTC1500 [65], utilizándose por ende el método de Hunter y su respectivo coeficiente de simultaneidad, la velocidad máxima permitida en la red de distribución de agua (2 m/s), los diámetros mínimos para desagües (4" inodoros, 2" los demás aparatos), la longitud máxima del tubo de ventilación, entre otras. La presión de diseño se determinó con la ruta crítica necesaria para llegar al aparato sanitario más alejado del sistema de bombeo; se siguieron las recomendaciones del libro "Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones" de Rafael Pérez Carmona [76]. Se ubicaron válvulas reductoras de presión en la red general cuando fuese mayor a

400KPa por razones de confort y durabilidad, y se le dio la opción al usuario de poder definir si quería abastecer el sanitario con la red de agua gris tratada o la red de agua potable, a través de una válvula de compuerta. La Figura 3 evidencia una parte del diseño hidrosanitario elaborado.

Figura 3. Visualización isométrica de los sótanos 1, 2 y 3 del edificio seleccionado.



Aforos de muestreo realizados en distintas residencias por la Universidad Nacional de Colombia evidencian un sobredimensionamiento en las redes de suministro de agua potable, por lo que ésta propone un nuevo método para evitarlo, el llamado “Hunter para Colombia” [66]. En este proyecto, se realizó el diseño de la red hidráulica y de agua gris tratada, con el método de Hunter (exigido en la norma NTC1500) y el método propuesto por la Universidad Nacional, para observar la variación en los resultados de diámetros (Anexo 21).

3.9. CONSUMO ENERGÉTICO

A partir de lo expresado en el numeral 2.7, se calculó el caudal y la potencia preliminar de las bombas por año. Con ayuda del Product Center de Grundfos para Colombia, se determinó el consumo energético dependiendo de la bomba comercial más cercana a cumplir las especificaciones determinadas. Para conocer el costo de energía, se trabajó con la tarifa asignada en Bucaramanga para estrato socioeconómico alto, que corresponde a 528.83 COP/KWh [80]. La información obtenida se encuentra en la Tabla 5. Se hizo necesario un desagüe a un tanque de almacenamiento de menor capacidad (300 litros) en los días en que la oferta de agua lluvia fuese mayor que los tanques disponibles para captación, posteriormente esta agua es bombeada a la red pública. El consumo energético anual se incluye en la propuesta de agua lluvia (Anexo 22).

Tabla 5. Consumo energético anual.

Utilización	Aguas grises	Agua lluvia
Volumen (m^3 /año)	1,674.2	101.2
Equipo Grundfos	HYDRO MULTI-E 2 CRE 3 – 15	HYDRO SOLO E CRE 3 – 15 HQQE
Gasto (KW*h/año)	1,067	68
Energía (COP/año)	564,262	35,960

La anterior propuesta bombea directamente del tanque de almacenamiento de agua gris y agua lluvia tratada ubicado en el sótano 3, a los distintos usos finales. Se realizó una comparación para el agua gris, que es la propuesta de mayor consumo energético, si se instalara un tanque de almacenamiento en la zona superior del edificio, observándose un mayor consumo de energía anual, además de requerimiento de espacio para la instalación del tanque alto (Anexo 23).

3.10. AHORRO TOTAL

La razón de ahorro en costos obtenida al comparar los dos sistemas de reúso evaluados en el proyecto evidencia un incremento significativo siendo 17.5 veces mayor para aguas grises en contraste con aguas lluvias. La precipitación de la zona se caracteriza por un régimen bimodal influenciando así la oferta de agua lluvia, por otra parte las aguas grises proporcionan un régimen más estable de acuerdo al suministro periódico diario del edificio que les abastece.

Se elaboró la Tabla 6 con el fin de sintetizar los resultados obtenidos en el ítem 3.5, 3.6 y 3.9.

Tabla 6. Ahorro anual en costos debido a la implementación del sistema de reúso.

	Agua lluvia	Aguas grises
Agua (m^3)	96.3	1,674.2
Acueducto (COP)	282,124	4'905,967
Alcantarillado (COP)	242,306	4'213,562
Gasto (KW*h)	68	1,067
Energía (COP)	35,960	564,262
Total (COP)	488,470	8'555,267

3.11. SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para el sistema de tratamiento de agua lluvia, se optó por el propuesto en Oviedo et al. (2017), el cual consta de un tratamiento primario en el que hay protección de canales y conexiones a bajantes con una malla anti-plagas, un filtro de hojas que elimina ramas y demás sólidos de tamaño significativo y un desviador de primer flujo debido a las características físico-químicas más desfavorables de la primer agua captada. Continúa un tratamiento secundario dado por un filtro de aguas lluvias auto-limpiante que además de disminuir los niveles de metales pesados, no consume energía y puede construirse con materiales de fácil adquisición [6] (Anexo 24).

En cuanto al tratamiento del agua gris, se eligió el modelo prefabricado “Recycla 2” de la empresa METERTECH. Las aguas grises provenientes de las duchas, ingresan a una trampa de sólidos y pelos (con sistema de canasto para limpieza manual) y siguen su curso hacia el tanque receptor para el tratamiento biológico. La cisterna incorpora en su interior un sistema de aireación para el tratamiento, junto con los detectores de niveles y la tubería de succión. El agua tratada pasa por un sistema de desinfección automatizado (que incluye adicción de cloro) y una bomba instalada en su interior, realiza el manejo de las aguas para el tratamiento primario y el pulido final. Una vez concluido el procedimiento, el agua será almacenada, en este caso, en un tanque de 3 m³ (valor comercial más cercano, según lo determinado en el ítem 3.4) (Anexo 25). La operación del sistema puede ser realizada por una de las personas de servicios generales del edificio.

3.12. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Se efectuó conforme a lo expuesto en el numeral 2.8 (Anexo 26), obteniéndose un costo de inversión para la implementación del sistema de reúso de 99'105,997 COP. Los costos de operación suponen una vida útil de los sistemas de presión y de tratamiento de 15 años para su depreciación, siendo en total de 3'392,530 COP. El valor para mantenimiento anual es de 924,500 COP, el cual tiene en cuenta el mantenimiento preventivo del sistema de bombeo, la limpieza de tanques y canales, y los requerimientos para el sistema de reúso de aguas grises (insumos y limpieza). El consumo energético es de 716,036 COP, incluyendo la energía requerida por el sistema de tratamiento (Anexo 27).

3.13. FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA

3.13.1. Factibilidad técnica. Los sistemas propuestos son de fácil adquisición y el espacio requerido para su implementación es de aproximadamente 21 m^2 . Se le da la posibilidad al usuario de elegir si desea abastecerse su sanitario con esta agua reciclada a través de una válvula de compuerta y se tiene control de rebose de tanques por medio de flotadores eléctricos que desvían el agua captada. Adicional a esto, el sistema puede ser operado por una persona de servicios generales, por lo que no requerirá gasto de contratación adicional, sólo de mantenimiento preventivo (por medio de técnicos especializados).

3.13.2. Factibilidad social. En la primera encuesta realizada en el complejo residencial se identificaron una disposición del 86% y 83% para reutilización de aguas pluviales y grises respectivamente (ítem 3.1). En la segunda encuesta (Anexo 28) realizada a una muestra de 48 usuarios, que corresponde a un 39% del total de residentes, se estableció un mayor nivel de aceptación (85% para alguno de los sistemas propuestos) al especificarse las tecnologías seleccionadas para el tratamiento y el uso final del agua reciclada, estudios similares llevados a cabo en Colombia y Portugal, también evidencian éste aumento [67], [68]. El 100% de los usuarios están interesados en ahorrar agua, pero sólo un 85% está dispuesto a invertir para ello, justificados además en la ayuda al medio ambiente que el sistema supone (Anexo 29).

3.13.3. Factibilidad financiera. La implementación del proyecto generaría un flujo neto positivo a partir del año 16 (tiempo de retorno de la inversión). El flujo de caja a 50 años de funcionamiento, determinó una TIR de 8.19%, un VPN de

169'497,962.6 COP/año y un B/C de 1.43, que hace la propuesta financieramente viable (Anexo 30).

El costo de construcción de este sistema nuevo (con reúso) frente al original, representa un porcentaje adicional por apartamento relativamente bajo, siendo en promedio 2'608,053 COP, que se encuentra dentro del rango de mayor aceptación (menor a 3'000,000 COP) evidenciado en la encuesta 1. El costo de operación y mantenimiento promedio anual por apartamento es de 132,449 COP (Anexo 31), siendo un valor bastante accesible. Lo expuesto anteriormente se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Costos de construcción, operación, y mantenimiento del sistema de reúso propuesto.

Tipo de Apto	Baños/Apto	Total Baños	CONSTRUCCIÓN		O&M
			Costo/Apto	%Costo/Apto	Costo/Apto
TP01	3	42	\$ 2,914,882	2.94	\$ 148,031
TP02	2	20	\$ 1,943,255	1.96	\$ 98,688
TP03	2	20	\$ 1,943,255	1.96	\$ 98,688
TP04	5	20	\$ 4,858,137	4.9	\$ 246,719

(Apto) Apartamento, (O&M) Operación y mantenimiento.

El periodo de retorno es menor al obtenido en distintas investigaciones de reúso en viviendas unifamiliares (22 [12], 29 [30] y 37 años [31]) evidenciando una mayor viabilidad de implementación de estos sistemas descentralizados en edificios.

En comparación al obtenido por viviendas multifamiliares en distintos países del mundo (Tabla 8), se encuentra en un rango promedio, al igual que el sistema propuesto en Estados Unidos (MBR) [14] por la similitud en la tarifa de abastecimiento, sin embargo, este último no posee sistema de reúso de agua lluvia. Por otro lado, para el sistema de reúso de solo aguas grises el tiempo de retorno de la inversión determinado (12 años) es similar al encontrado en Bogotá, Colombia

[25], siendo menor en este último por la diferencia cuantitativa de la población beneficiada.

Tabla 8. Factibilidad financiera determinada en distintas investigaciones alrededor del mundo.

PAÍS	REF	ESC	DESC	FT	TRATAMIENTO	RESULTADOS
IL					MBR	Inviabile
DEU	[14]	GED	70 aptos - 4 unid/piso- 3 a 4 hab/unid	AG	RBC	TR= 6 años
USA					MBR	TR=18 años
					RBC	TR=4 años
					MBR	Inviabile
					RBC	TR= 16 años
CO	[25]	GED	300 aptos - 4 hab/unid	AG	Tamiz de finos, clarifloculador, tren de filtrado	VPN=\$21'063,468 COP TIR=5.35% TR= 11 años
MX	[26]	GEDC	6916 habitantes	AG / ALL	Manta anaeróbica de lodo de flujo ascendente	TAC=US\$537*103/ año
BR	[30]	ED	A:16 aptos, B:17 aptos, 3 hab/unid	AG / ALL	Humedales artificiales	TR bloque A=3.4 años TR bloque B=8 años
PT	[68]	ED	72 aptos - 270 habitantes	AG	Desbaste, reactor aerobio, ultrafiltración con membranas, desinfección con hipoclorito de sodio	VPN= €12,975.48 TIR= 4.64% TR=23.7 años

(IL) Israel, (DEU) Alemania, (USA) Estados Unidos, (CO) Colombia, (MX) México, (BR) Brasil, (PT) Portugal, (REF) Referencia, (ESC): Escala, (DESC) Descripción, (FT) Fuente, (ED) Edificio residencial, (GED) Grupo de edificios, (GEDC) Grupo de edificios y casas, (AG) Aguas grises, (ALL) Aguas lluvias, (TR) Tiempo de retorno de la inversión, (VPN) Valor presente neto, (TIR) Tasa interna de retorno, (TAC) Costo anual total.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este proyecto, se concluye que:

- La oferta de aguas lluvias está limitada por la precipitación de la zona y el área destinada para captación. Con el aumento en el volumen de almacenamiento del tanque de aguas lluvias, se evidencia mayor nivel de oferta para reúso y menor volumen de agua perdida por desbordamiento. Sin embargo, entre más grande es el tanque, mayor es su costo y el espacio requerido para su instalación. Por ende, es necesario tener el mejor balance entre oferta y demanda para no generar un sobredimensionamiento del sistema. En el caso de aguas grises, las alternativas de reúso están ligadas a un patrón de consumo horario, por lo que se requiere en el contexto nacional un estudio actualizado de las costumbres generales de la población para los distintos usos domésticos del agua y así poder dimensionar de forma óptima el tamaño del tanque de almacenamiento para este tipo de fuente.

- La implementación del sistema de reúso de aguas y aguas pluviales en conjunto requiere una inversión de 99'105,997 COP, con un tiempo de retorno de 16 años y una relación beneficio-costos de 1.43 para un ahorro anual de 1,770.5 m³ anuales de agua potable. El reúso de aguas grises contribuye a una reducción del 20% del consumo de agua potable por apartamento (139.5 m³/mes/ edificio) para una inversión de 78'228,945 y un tiempo de retorno de 12 años; si bien ésta última propuesta aunque es más atractiva financieramente, su nivel de ahorro de agua potable es menor, por lo que se observó un alto sentido de pertenencia de los usuarios hacia el medio ambiente, al obtenerse un mayor nivel de aceptación del sistema de aguas lluvias y grises en conjunto (61%), en comparación a únicamente aguas grises (39%).

- Sólo con agua lluvia el ahorro de agua potable es de aproximadamente 8.4 m³/mes/ edificio para una inversión de 20'883,735 COP, evidenciando una relación beneficio-costo de 0.36 que la convierte en una propuesta inviable financieramente, esto se justifica en el área tan limitada para captación, la ubicación del sistema de almacenamiento (sótano 3) y las zonas elegidas para el uso final del agua tratada (áreas sociales, pisos superiores del complejo residencial) que exigen al sistema un alto nivel de bombeo, representado en altos costos de adquisición y depreciación.

- Buscar la comodidad de los usuarios es primordial para aumentar el nivel de aceptación futura, por ello en este proyecto se implementó dos redes hidráulicas que lleguen directamente al sanitario: el agua potable y el agua gris tratada, que pueden ser operadas manualmente para permitir el paso o no del fluido, mitigando así posibles inconvenientes que se puedan presentar (carencia de agua tratada o rechazo al reúso).

- Los sistemas de tratamiento de aguas grises pre-fabricados evidencian un buen manejo en remoción de impurezas y cumplimiento de los estándares establecidos para posterior uso del agua tratada, sin embargo, en Colombia la mayoría de empresas suministran estos sistemas únicamente para tratamiento de aguas negras, obligando a que su adquisición se realice a nivel internacional. Esto exige costos de envío e instalación que afectará la factibilidad financiera del proyecto prologando el tiempo de retorno de la inversión (TR) e incrementando la probabilidad de inviabilidad del proyecto.

5. RECOMENDACIONES

- Se debería hacer un replanteo del método de Hunter exigido en la norma NTC1500 para el diseño de las redes hidrosanitarias, ya que el método propuesto por la Universidad Nacional de Colombia y que ha sido evaluado en proyectos ya ejecutados, además de evidenciar un menor tamaño en diámetros de tubería como se observó en este proyecto, maneja un margen de seguridad que no generará sobrecostos del mismo.

- En Colombia no existe una legislación específica con respecto a la reutilización de agua en el sector doméstico, por lo que el interés por parte de las empresas constructoras en este tema es bajo. A raíz de esto, se propone a las entidades gubernamentales el planteamiento de un proyecto de ley que incentive a un buen manejo del recurso hídrico a través de retribución monetaria por la implementación de sistemas de captación y reúso de aguas. Con esto se concebirá previo a la construcción de una vivienda, lineamientos fundamentales como la separación hidráulica y sanitaria de las redes de aguas grises y aguas negras, así como los espacios para la implementación de las tecnologías de tratamiento.

- Se recomienda en estudios posteriores la medición del impacto ambiental generado al instaurarse estos sistemas descentralizados de reúso de agua, a través de indicadores como la evaluación de riesgo ecológico o la huella hídrica. Esto con el fin de tener el mejor balance técnico, social, financiero y además ambiental, para una futura implementación.

- En el mercado nacional no existe un inodoro que permita la llegada simultánea de dos redes independientes de agua, por ende se impulsa a la creación de un nuevo modelo que incorpore esta nueva propuesta, con el fin de que proyectos que se quieran implementar en temas de reúso de agua obtengan un mayor nivel de

aceptación social al posibilitar, por ejemplo, el suministro controlado por el usuario bien sea de aguas grises tratadas o agua potable.

REFERENCIAS

- [1] COUTO, M. L. Calijuri, P. P. Assemany, A. da F. Santiago, y L. S. Lopes, Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative, *J. Clean. Prod.*, vol. 106, pp. 372-379, nov. 2015.
- [2] YU, Z. y QINGSHAN, Y. Decoupling agricultural water consumption and environmental impact from crop production based on the water footprint method: A case study for the Heilongjiang land reclamation area, China. *Ecological Indicators*, vol. 43, pp. 29–35, feb. 2014.
- [3] YUE, Z., ALUN, G. U. y BOLIN, P. Relationship between Industrial Water Consumption and Economic Growth in China Based on Environmental Kuznets Curve. *Energy Procedia*, vol.105, pp. 3557–3564. 2017.
- [4] BOCANEGRA, A., PONCE, J. M., NÁPOLES, F., SERNA, M., CASTRO, A. J., y EL-HALWAGI, M. M. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 84, pp. 44–56, ene. 2014.
- [5] FAO, AQUASTAT Database, Total internal renewable water resources (IRWR), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. [En línea]. Disponible en: www.fao.org. [Accedido: junio-2017].
- [6] OVIEDO, E., DOMÍNGUEZ, I., WARD, S., RIVERA, M., ZARAZA, J., y WARD, S. Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. Springer, pp. 17, feb. 2017.
- [7] ABDULLA y AL-SHAREEF, Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan, *Desalination*, vol. 243, pp. 195 - 207, 2009.
- [8] MANDAL, D., LABHASETWAR, P., DHONE, S., SHANKAR, A., SHINDE, G., y WATE, S. Water conservation due to greywater treatment and reuse in urban setting with specific context to developing countries. *Resour Conserv Recycl*; vol. 55: pp. 356–61, 2011.

[9] GARCÍA, M., MARTÍNEZ, A., NÁPOLES, F., SERNA, M., PONCE, J.M., y EL-HALWAGI, M.M. Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers & Chemical Engineering*; vol. 76, pp. 104-116, feb. 2015.

[10] DOMÍNGUEZ, I., WARD, S., MENDOZA, J. G., RINCÓN, C. I., y OVIEDO, E. R. End-User Cost-Benefit Prioritization for Selecting Rainwater Harvesting and Greywater Reuse in Social Housing. *Water* 2017, pp. 1–18, jul. 2017.

[11] CRA - Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento. Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá D.C, 2001.

[12] RIVERA, M., y ZARAZA, J. Factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del A.M. de Bucaramanga. Bucaramanga. 157 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil). Universidad Industrial de Santander, 2015.

[13] KUJAWA, K., y ZEEMAN, G. Anaerobic treatment in decentralised and source-separation-based sanitation concepts. *Rev. Environ. Sc. Biotechnology*. Vol. 5, N° 1, pp. 115-139, 2006.

[14] FRIEDLER, E., y HADARI, M. Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings. *Desalination*, vol. 190, N° 1–3, pp. 221–234, 2006.

[15] REYES, M., y RUBIO, J. Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Bogotá D.C. 53 h. Trabajo de grado (Especialización de recursos hídricos). Universidad Católica de Colombia, 2014.

[16] ESTUPIÑÁN, J. L., y ZAPATA, H. O. Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Bogotá D.C. 172 h. Trabajo de grado (Maestría en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana, 2010.

[17] LEONG, J. Y. C., OH, K. S., POH, P. E., y CHONG, M. N. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, pp. 3014–3027, 2016.

[18] OSPINA, O., y RAMÍREZ, H. Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingeniería Solidaria* 2014, vol. 10, pp. 125–137, 2014.

[19] SMET, J., y WIJK, C. Small community water supplies: technology, people and partnership. IRC - International Water and Sanitation center. 2002. [En línea]. [Consulta: junio 2017]. Disponible en: http://www.ircwash.org/sites/default/files/Smet-2002-Small_TP40.pdf.

[20] MINISTERIO DE SALUD, 1984. Decreto 1594 [En línea], [Consulta: agosto 2017]. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>.

[21] MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL AMBIENTE DESARROLLO Y VIVIENDA, 2007. Resolución número 2115, 23. [En línea]. [Consulta: agosto 2017]. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

[22] USEPA, 2012. Guidelines for Water Reuse. Development. [En línea], vol. 26, pp. 252. [En línea], [Consulta: agosto 2017]. Disponible en: http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625_r04108.pdf

[23] ERIKSSON, E., AUFFARTH, K., HENZE, M., y LEDIN, A. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, vol 4, N° 1, pp. 85–104, 2002.

[24] DOLNICAR, S., y SCHÄFER, A. I. Desalinated versus recycled water: Public perceptions and profiles of the accepters. *Journal of Environmental Management*, vol. 90 N° 2, pp. 888–900, 2009.

[25] ARDILA, N. Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas. Bogotá D.C. 101 h. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional de Colombia, 2013.

[26] GARCÍA, M., SENGUPTA, D., NÁPOLES, F., PONCE, J. M., y EL-HALWAGI, M. M. Environmental and economic analysis for the optimal reuse of water in a residential complex. *Journal of Cleaner Production*, vol. 130, pp. 82–91, jul. 2016.

[27] ESLAMIAN, S. 2016. *Urban Water Reuse Handbook*, pp. 209–217. [En línea], [Consulta: agosto 2017]. Disponible en <https://books.google.com.au/books?id=BDo0CwAAQBAJ>.

[28] BOERS, T., y BEN-ASHER, J. A review of rainwater harvesting. *Agricultural water management*, vol. 5, N° 2, pp. 145-158, 1982.

[29] COOMBES, P., ARGUE, J., y KUCZERA, G. Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD). *Urban Water*, vol. 1, N°4, pp. 335-343, 2000.

[30] GHISI, E., y FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, vol. 42 N°7, pp. 2512–2522, 2007.

[31] DOMÈNECH, L., y SAURÍ, D. Resources, Conservation and Recycling Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona, vol. 55, pp. 53–62, 2010.

[32] KARPISCAK, M. M., FOSTER, K. E., y SCHMIDT, N. Residential water conservation: Casa Del Agua. *Water Research*, vol. 26, N°6, pp. 939– 948, 1990.

[33] ILEMOBADE, A. A., OLANREWaju, O. O., y GRIFFIOEN, M. L. Greywater reuse for toilet flushing at a university academic and residential building. *Water SA*, vol. 39, N°3, pp. 351–360, 2013.

[34] CHRISTOVA, D., EDEN, R. E., y MCFARLANE, S. Investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*, vol. 106, N°1–3, pp. 391–397, 1996.

[35] PIDOU, M., MEMON, F. A., STEPHSON, T., JEFFERSON, B., y JEFFREY, P. Greywater recycling: A review of treatment options and applications. *Inst. Civ. Eng.*, vol. 160, pp. 119-131, 2007.

[36] OPS, 2004. Guía de diseño para la captación de agua lluvia. UNATSABAR. Lima, Perú [En línea], [Consulta: agosto 2017]. Disponible en: www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf.

[37] HURLIMANN, A. C. Community Attitudes to Recycled Water Use: an Urban Australian Case Study – Part 2. Research report 56. (Vol. 1). 2008.

[38] SONG, J., HAN, M., KIM, T. IL, y SONG, J. Rainwater harvesting as a sustainable water supply option in Banda Aceh. *Desalination*, vol. 248, N° 1–3, pp. 233–240, 2009.

[39] BAGGETT, S., JEFFREY, P., y JEFFERSON, B. Risk perception in participatory planning for water reuse. *Desalination*, vol. 187, N° 1–3, pp. 149–158, 2006.

[40] MENEGAKI, A. N., HANLEY, N., y TSAGARAKIS, K. P. The social acceptability and valuation of recycled water in Crete: A study of consumers and farmers attitudes. *Ecological Economics*, vol. 62, N°1, pp. 7–18, 2007.

[41] BREWER, D., BROWN, R., y STANFIELD, G. Rainwater & Greywater in Buildings: Project Report and Case Studies (Technical Note TN7). BSRIA. 2001.

[42] YAZIZ, M. I., GUNTING, H., SAPARI, N., y GHAZALI, A. W. Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Res.* Vol. 23, pp. 761-765, 1989.

[43] ARCSA - ASPE, Rainwater Catchment Systems: ARCSA-ASPE-ANSI 63-2013. Estados Unidos, 2012.

[44] DOYLE, K. C. Sizing the First Flush and its Effect on the Storage-Reliability-Yield Behavior of Rainwater Harvesting in Rwanda, pp. 1–151, 2008.

[45] NADDEO, V., SCANNAPIECO, D., y BELGIORNO, V. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. J. Hydrol. Vol. 498, pp. 287-291. 2013.

[46] JEPPESEN, B. Domestic greywater reuse: Preliminary evaluation. Urban Water Research Association of Australia, 1993.

[47] GROSS, A., MAIMON A., ALFIYA Y., y FRIEDLER E. Greywater Reuse. CRC Press Taylor and Francis Group. New York. 2015. ISBN 9781482255041.

[48] NOLDE, E. Greywater recycling systems in Germany--results, experiences and guidelines. Water Science Technology; vol. 51, N°10, pp. 203– 210, 2005.

[49] MOREIRA, R.F., CALIJURI, M.L., CARVALHO, I.D.C., y SANTIAGO, A.D.F. Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: efficiency and costs. Resource Conservation Recycle; vol. 65, pp. 124-129, 2012

[50] AMIN, M., y HAN, M. Roof-harvested rainwater for potable purposes: application of solar collector disinfection (SOCO-DIS). Water Resource; vol. 43, pp. 5225-5235, 2009.

[51] NIÑO, E. D., y MARTINEZ, N. C. Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana, 2013.

[52] BALLÉN, J. A., GALARZA, M. Á., y ORTIZ, R. O. Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. VI SEREA - Seminário Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água João Pessoa. Brasil, 5 a 7 de junio de 2006.

[53] GOULD, J., y NISSEN, E. Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation. Intermediate Technology Publications. 1999.

[54] MAGYAR, M., LADSON, A., MITCHELL, V., y DIAPER, C. The effect of rainwater tank design on sediment re-suspension and subsequent outlet water quality. *Water Resource*. Vol. 15, pp. 71, 2011.

[55] DIXON, A., BUTLER, D., y FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science and Technology*, vol. 39, pp. 25-32, 1999.

[56] MARCH, J. G., GUAL, M., y OROZCO, F. Experiences on greywater re- use for toilet flushing in a hotel (Mallorca Island, Spain). *Desalination*, pp 241-247, 2004.

[57] ZHU, K., ZHANG, L., HART, W., LIU, M., CHEN, H. Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China. *Arid Environment* Vol. 57, pp. 487-505, 2004.

[58] SAPAG, N. Evaluación De Proyectos De Inversión En La Empresa. Pearson Education S.A. México. 302 pp. ISBN 10: 6071511445. 2011.

[59] ROBSON, C. Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers. Wiley, 2002.

[60] RAIMONDI, A. Y BECCIU, G. Probabilistic Modeling of Rainwater Tanks, *Procedia Eng.*, vol. 89, pp. 1493 - 1499, 2014.

[61] PNUMA, 2015. Diseño de sistemas de captación del agua lluvia. p.51. [En línea]. [Consulta: agosto 2017]. Disponible en: <http://www.unep.org/es>.

[62] RIPPLE, W. Capacity of storage reservoirs for water supply. *Minutes of Institution of Civil Engineers*, vol. 71, pp. 270–278, 1883.

[63] THOMAS, H., y BURDEN, R. Operations Research in Water Quality Management. Cambridge, MA: Division of Engineering and Applied Physics, Harvard University. 1963.

[64] LÓPEZ, R. A. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Escuela colombiana de ingeniería. ISBN 958-8060-36-1. Mayo, 2003.

[65] ICONTEC, 2004. NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. , vol. 2, pp. 96.

[66] BALLÉN, J. A., GALARZA, M. Á., y ORTIZ, R. O. Adaptación del método de Hunter para las condiciones locales en Colombia. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junio, 2006.

[67] MENDOZA, G., y RINCÓN, C. Evaluación de la viabilidad social, técnica y económica de la implementación de un sistema de recolección, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises en un proyecto de vivienda de interés social. Bucaramanga. 48 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil) Universidad Industrial de Santander. 2016.

[68] MELÉNDEZ, J. A. Viabilidad financiera de un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises en complejos multifamiliares en Portugal. Portugal. Trabajo de grado (Maestría integrada en ingeniería civil). Universidade do Minho. 2017.

[69] ISO 14040, 2006. Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco. 2006. Suiza: s.n. ISBN 9782832205181.

[70] CORREA, F., 2009. Tasa de descuento ambiental Gamma: una aplicación para Colombia. Lecturas de Economía; N°69, vol. 69. [En línea], [Accedido: septiembre, 2017], Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeeconomia/article/view/739/635>.

[71] PRATHAPAR, S., JAMRAH, A., AHMED, M., AL ADAWI, S., AL SIDAN, S., y AL HARASSI, A. Overcoming constraint in treated greywater reuse in Oman. Desalination, vol. 186, pp. 177-186, 2005.

[72] MOURAD, K., BERNDTSSON, J., y BERNDTSSON, R Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. Journal of Environment Management, vol. 92, pp. 2447-2453, 2011.

[73] BATISTA, D. DOS S. OLIVEIRA, y F. R. P. DE QUEIROZ. Percepcao socioambiental do reuso das águas residuárias em condomínios verticais da cidade da Campina Grande, HOLOS, vol. 6, pp. 70-82, feb. 2015.

[74] LEITÃO, D. Instalações e equipamentos hidráulicos. Rede de abastecimento de agua e drenagem de águas residuais. Memória descritiva e justificativa. Matosinhos, marz. 2010.

[75] ARANGO, J. A., ESCOBAR, J. F., y PALACIO, I. 2010. Guía metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de agua. Colombia. [En línea], [Accedido: agosto, 2017], Disponible en: http://www.metropol.gov.co/recursos_hidrico/Documents/CARTILLA_COMPLETA_MCFV.pdf

[76] PÉREZ, R. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá D.C. Ecoe Ediciones. 550 pp. 2001.

[77] BUTLER, D., FRIEDLER, E., y GATT, K. Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows. Water Science and Technology, vol. 31, N°7, pp. 13–24, 1995.

[78] AMB, Tarifas Servicio de Acueducto, 2017. [En línea]. [Accedido: septiembre, 2017] Disponible en: <http://www.amb.com.co/frmInformacion.aspx?inf=32>.

[79] EMPAS, Tarifas Servicio de Alcantarillado Bucaramanga, 2017. [En línea]. [Accedido: septiembre, 2017] Disponible en: <http://www.empas.gov.co/informacion.php?id=46#empresa>.

[80] ESSA, Tarifas Servicio de Energía Eléctrica Bucaramanga, 2017. [En línea]. [Accedido: septiembre, 2017] Disponible en: <http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/tarifas/consultartarifas.aspx>

BIBLIOGRAFÍA

ARDILA-GALVIS, N. 2013. Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas. Bogotá D.C. 101 h. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional de Colombia. [En línea]. [Consulta: junio, 2017]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45618/1/1010165974.2013.pdf>

DOMÍNGUEZ, I., WARD, S., MENDOZA, J. G., RINCÓN, C. I., y OCAÑA, O. 2017. End-User Cost-Benefit Prioritization for Selecting Rainwater Harvesting and Greywater Reuse in Social Housing, pp. 1–18. <https://doi.org/10.3390/w9070516>.

ESTUPIÑÁN-PERDOMO, J.L., y ZAPATA-GARCIA, H. O. 2011. Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. [En línea]. S.l.: s.n. [Consulta: junio, 2017]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1265>.

FRIEDLER, E., y HADARI, M. 2006. Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings. *Desalination*, vol. 190(1–3), pp. 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.007>

ICONTEC, 2004. NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. Bogotá, D.C. vol. 2, pp. 102. I.C.S 91.140.60.

LEONG, J. Y. C., OH, K. S., POH, P. E., y CHONG, M. N. 2016. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, vol, 142, pp. 3014–3027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167>.

MELÉNDEZ-PÉREZ, J. A. 2017. Viabilidad financiera de un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises en complejos multifamiliares en Portugal. Portugal. 153 pp. Trabajo de grado (Maestría integrada en ingeniería civil). Universidade do Minho.

MENDOZA-SANTOS, G., y RINCÓN-MÉNDEZ, C. 2016. Evaluación de la viabilidad social, técnica y económica de la implementación de un sistema de recolección, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises en un proyecto de vivienda de interés social. Bucaramanga. 48 pp. Trabajo de grado (Ingeniería civil) Universidad Industrial de Santander.

NIÑO-RODRÍGUEZ, E. D., y MARTINEZ-MEDINA, N. C. 2013. Estudio de las aguas grises domésticas en tres niveles socioeconómicos de la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana. [En línea]. [Consulta: junio, 2017]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/11139>.

OVIEDO-OCAÑA, E. R., DOMINGUEZ, I., WARD, S., RIVERA-SANCHEZ, M. L., ZARAZA-PEÑA, J. M., y WARD, S. 2017. Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8710-5>.

PÉREZ-CARMONA, R. 2010. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá D.C. Ecoe Ediciones. 550 pp. ISBN 978-958-648-677-4.

RIVERA-SÁNCHEZ, M., y ZARAZA-PEÑA, J. 2015. Factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del A.M. de Bucaramanga. Bucaramanga. 157 pp. Trabajo de grado (Ingeniería civil). Universidad Industrial de Santander.

ANEXOS

ANEXO 1. Calidad del agua lluvia en Colombia.

Ptro	Unidad	BTÁ ¹			IBA ²			CUND ³	NORMATIVA		
		CF	C1	C2	VÍA	BR	BL	MS	D1594 ⁴	R215 ⁵	USEPA ⁶
Plomo	mg/L	0.0 8	0.1 7	-	-	-	-	0.31	<0.05	<0.01	<5
Hierro	mg/L	0.1 4	0.3 1	3.4 2	0.48	0.0 6	0.07	-	-	<0.3	<5
Cadmio	mg/L	0.0 2	12	0.0 1	-	-	-	0.38	<0.01	<0.000 3	-
Mercurio	mg/L	0.2	0.1 3	-	-	-	-	-	<0.002	<0.001	-
pH	-	8.8	8.9 9	7.4 7	7.85	7.3 5	6.28	7.4	5-9	6.5-9	6-9
DBO	mg/L	42	12	14. 7	30	-	-	-	-	-	<10
SST	mg/L	675	-	35. 6	220	-	-	149	-	-	<5
Turbidez	NTU	5.9 7	-	-	-	1.9 2	2.76	17	-	<2	<2
CT	UFC/100ml	-	-	-	-	34. 48	3.41	-	<20	0	0

Ptro: Parámetro, BTÁ: Bogotá, IBA: Ibagué, CUND: Cundinamarca, CF: Cancha de Fútbol, C1: Cubierta edificio de Parqueaderos, C2: Cubierta edificio Fernando Barón, VÍA: Entre Parqueadero-Parque Nacional, BR: Barrio Rincón de Piedra, BL: Barrio la Pola Pintada, MS: Municipio de Soacha, D1594: Decreto 1594, R215: Resolución 2115, DBO: Demanda Biológica de Oxígeno, SST: Sólidos Suspendidos Totales, CT: Coliformes Totales.}

Fuente: Autor, adaptado de (Estupiñán y Zapata, 2010)¹, (Arcila y Zúñiga, 2014)², de (Torres et al. 2011)³, (Decreto 1594, 1984)⁴, (Resolución 2115, 2007)⁵ y (USEPA, 2012)⁶.

¹ Estupiñán, J. L., & Zapata, H. O., (2010). Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Maestría en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana. 2010.

² Arcila, H. R., & Zúñiga, O. O. Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia. Ingeniería Solidaria, 10(17), 125–137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>, 2014.

³ Torres, A., Méndez, S., López, L., Marín, V., González, J., Suárez, J., Ruiz, A. Evaluación Preliminar De La Calidad De La Escorrentía Pluvial Sobre Tejados Para Su Posible Aprovechamiento En Zonas Periurbanas De. UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 14(1), 127–135. 2011.

⁴ Ministerio de Salud (1984), Decreto 1594, [En línea], Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>. [Accedido: abril-2017]

⁵ Ministerio de Protección Social Ambiente Desarrollo y Vivienda. (2007). Resolución número 2115, 23. [En línea], Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>. [Accedido: abril-2017]

⁶ USEPA (2012). Guidelines for Water Reuse. Development [En línea], vol. 26, no. Septiembre, pp.252. Disponible en: http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625_r04108.pdf. [Accedido: abril-2017]

ANEXO 2. Distribución del consumo doméstico en diferentes países del mundo.

	Sanitario (%)	Lavadora (%)	Ducha (%)	Lavamanos (%)	Lavaplatos (%)	Lavavajillas (%)
Estados Unidos (224 L/hab*día)	32	25	23	9	9	2
Omán (171 L/hab*día)	6	8	49	5	32	
Suiza (158 L/hab*día)	31	19	20	13	15	2
Australia (155 L/hab*día)	21	27	33	8	8	3
Israel (153 L/hab*día)	36	9	26	10	16	3
Brasil (151 L/hab*día)	34	5	23	17	21	
Reino Unido (144 L/hab*día)	32	21	21	9	16	1
Portugal (134 L/hab*día)	21	11	36	15	14	3
Países bajos (130 L/hab*día)	37	16	26	5	16	
Dinamarca (112 L/hab*día)	25	15	38		22	
Malta (95 L/hab*día)	31	17	27	9	16	
Promedio (149 L/hab*día)	27	15	29	10	17	2

Fuente: Autor, adaptado de (Gross et al. 2015)⁷.

⁷ Gross, A., Maimon A., Alfiya Y. Friedler E. Greywater Reuse. CRC Press Taylor and Francis Group. New York. 2015.

ANEXO 3. Caracterización de aguas grises dependiendo de su fuente.

PARÁMETRO	UNIDAD	BA ⁸	DU ⁹	LO ⁸	LD ¹⁰	CO ¹¹	BA, LO, CO ¹²
pH	-	6.4-8.1	6.7-7.4	9.3-10	-	-	6.7.7.6
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	24-43	48-67	83-200	-	-	-
Dureza	mg/L CaCO ₃	-	43-52	-	-	-	-
Turbidez	NTU	60-240	49-69	50-210	14-29	-	15.3-78.6
ST	mg/L	-	-	-	-	-	-
SST	mg/L	-	-	-	-	-	-
SS	ml/L	48-120	-	88-250	-	4	19.1-48
DQO	mg/L	-	-	-	-	25.6	-
AYG	mg/L	37-78	-	8-35	-	-	-
CT	UFC/100 ml	500- 2.4x10 ⁷	>100	2.3x10 ³ - 3.3x10 ⁵	56	-	1x10 ^{7,2} - 1x10 ^{8,8}
E. Coli	UFC/100 ml	-	-	-	-	250x10 ⁶ - 40800x10 ⁶	-

BA: Baño, DU: Ducha, LO: Lavado de ropa, LD: Lavadora, CO: Cocina, ST: Sólidos Totales, SST: Sólidos Suspendidos Totales, SS: Sólidos Sedimentables, DQO: Demanda Química de Oxígeno, AYG: Aceites y grasas, CT: Coliformes totales.

Fuente: Autor, adaptado de (Christova-Boal et al. 1996)⁸, (Burrows et al. 1991)⁹, de (Rose et al. 1991)¹⁰, (Hargelius et al. 1995)¹¹ y (Gerba et al. 1995)¹².

⁸ Christova-Boal, D., Eden, R. E., & McFarlane, S. Investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*, 106(1–3), 391–397. [https://doi.org/10.1016/0011-9164\(96\)00134-8](https://doi.org/10.1016/0011-9164(96)00134-8). 1996.

⁹ Burrows, W. D., Schmidt, M. O., Carnevale, R. M., & Schaub, S. A. Nonpotable reuse: Development of health criteria and technologies for shower water recycle. *Water Science Technology*, 24(9), 81–88. 1991.

¹⁰ Rose, J. B., Sun, G. S., Gerba, C. P., & Sinclair, N. A. (1991). Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various household sources. *Water Research*, 25(1), 37–42. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90096-9](https://doi.org/10.1016/0043-1354(91)90096-9). 1991.

¹¹ Hargelius, K., Holmstrand, O., & Karlsson, L. Hushallsspillvatten Framtagande av nya schablonvarden för o- eller BDT-vatten. In *Vad innehåller avlopp från hushåll? Naring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten*. Stockholm: Swedish EPA (Naturvårdsverket). 1995.

¹² Gerba, C. P., Straub, T. M., Rose, J. B., Karpiscak, M. M., Foster, K. E., & Brittain, R. G. Water quality of graywater treatment system. *Water Research*, 31(1), 109–116. 1995.

ANEXO 4. Caracterización de aguas grises generadas en edificios de distintos estratos socioeconómicos.

Parámetro	Unidad	FUENTE: DU. LM. LD					
		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
pH	-	7.5	6.6	7.1	6.3	6.1	5.9
Alcalinidad	mg/L	180	220	280	290	180	260
Dureza	CaCO ₃	241	281	762	208	462	813
Turbidez	NTU	167	209	293	240	272	303
ST	mg/L	2380	1802	1802	1684	3142	1896
SST	mg/L	244	340	550	207	520	420
SS	ml/L	1	2.5	3	0.5	3	0.3
DQO	mg/L	825	1425	2625	1250	2200	3125
Aceites y grasas	mg/L	8.5	30	15	9	13	7.8
CT	UFC/100 ml	-	159000	203000	850	1970	155000
E. Coli	UFC/100 ml	-	156000	178000	740	400	135000

DU: Ducha, LM: Lavamanos, LD: Lavadora, ST: Sólidos Totales, SST: Sólidos Suspendidos Totales, SS: Sólidos Sedimentables, DQO: Demanda Química de Oxígeno, CT: Coliformes totales.

Fuente: Autor, tomado de (Galvis, 2013)¹³

¹³ Galvis, N. A. Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional de Colombia. 2013.

ANEXO 5. Porcentaje de encuestados que se oponen a usos específicos del agua reciclada.

USO	Australia (Bendigo) N = 305 %	Australia (Melbourne) N = 197 %	Australia N = 2504 %	Australia N = 645 %	Reino Unido N = 1055 %	Australia N = 900 %	USA n = 403 %	USA N = =399 %	USA N = 140 %	USA N = 244 %	USA N = 400 %	USA N = 549 %	USA N = 972 %	USA N = 50 %
Beber	58	56	68	74	-	69	67	63	58	54	44	32	56	54
Cocinar	-	-	48	-	-	62	55	55	-	52	42	28	55	54
Ducha/tina	38	41	24	52	-	43	38	40	-	37	-	17	37	32
Lavado de ropa	28	35	27	30	-	22	30	24	-	19	15	16	23	24
Sanitario	1	1	3	4	1	4	4	3	-	7	-	-	23	12
Piscinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	15	-	24	28
Riego de pastos	-	-	25	-	-	-	-	-	-	15	-	-	14	20
Riego de hortalizas	-	-	32	-	15	-	9	7	21	15	16	-	14	22
Riego de huertos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	10	16
Riego de jardín	1	1	4	4	-	3	3	1	5	6	-	11	3	10
Riego de parques recreativos	1	0	3	-	5	3	-	-	4	5	-	12	3	8
Riego de campos de golf	-	-	3	2	-	-	-	-	4	3	2	12	2	8

Fuente: Autor, adaptado de (Hurlimann, 2008)¹⁴

¹⁴ Hurlimann, A. C. Community Attitudes to Recycled Water Use: an Urban Australian Case Study – Part 2. Research report 56. (Vol. 1). <https://doi.org/10.1097/01244666-200603000-00013>. 2008.

ANEXO 6. Parámetros de calidad definidos por normativas nacionales e internacionales para aguas recicladas, dependiendo del posible uso.

	Coliformes fecales (CFU / 100ml máx)	Coliformes totales (CFU / 100 ml máx)	DBO5 (mg / L máx)	Turbidez (NTU máx)	SST (mg / L máx)	DO (mín (% sat.)	pH	CL2, residual (mg /L mín)
China (Irrigación) (Ob)		3	20	10		1	6.0 - 9.0	0.2
China (Descarga del inodoro) (Ob)		3	10	5		1	6.0 - 9.0	0.2
Comisión Europea (Baño) (Ob)	2000	10,000		1		80 - 120	6.0 - 9.0	
Kuwait (Cultivos no consumidos crudos)		10,000	10		10			1
Kuwait (Cultivos consumidos crudos)		100	10		10			1
Malasia (Agua para recreación) (Ob)	400	5000	3	50	5.0	5.0 - 7.0	6.0 - 9.0	
Malasia (Riego)	5000	50,000	12		300	< 3	5.0 - 9.0	
Reino Unido (Baño)	2000 (Ob)	10,000 (Ob)		1	1	80 - 120	6.0 - 9.0	
OMS (Riego del césped) (Ob)	1000							

Ob: Obligatorio.

Fuente: Autor, adaptado de (Leong et al. 2016)¹⁵

¹⁵ Leong, J. Y. C., Oh, K. S., Poh, P. E., & Chong, M. N. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3014–3027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167>. 2016.

ZONA	USO	CALIDAD	FUENTE
Baños	Sanitarios / orinal	pH = 6-9	(USEPA,2012)
		pH = 5.8.8.6	(MLIT,2005)
		DBOS <= 10 mg/	(MLIT,2005)
		SST <= 5mg/L	(USEPA,2012)
		T <= 5 NTU	(USEPA,2012)
		T <= 2 NTU	(MLIT,2005)
		Oxígeno disuelto <= 10 mg/L	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		E Coli = ND	(USEPA,2012)
		E Coli Total = ND	(MLIT,2005)
		O2 residual >= 1 mg/L	(USEPA,2012)
	Duchas	pH=6-9	(USEPA,2012)
		DBO5 <= 10 mg/L	(USEPA,2012)
		SST <= 5mg/L	(USEPA,2012)
		T <= 2 mg/L	(USEPA,2012)
		E Coli = ND	(USEPA,2012)
		E Coli < 500 cfu/100 ml	(EU, 2006)
		Intestinal Enterococci < 200 cfu/100 ml	(EU, 2006)
Riego	Riego no agrícola	pH = 6 - 9	(USEPA,2012)
		DBOS <= 10 mg/	(USEPA,2012)
		SST <= 5mg/L	(USEPA,2012)
		T <= 5 NTU	(USEPA,2012)
		E Coli = ND	(USEPA,2012)
		Cl2 residual <= 1 mg/L	(USEPA,2012)

ZONA	USO	CALIDAD	FUENTE
Riego	Riego agrícola por aspersión	pH = 6 - 9	(USEPA,2012)
		pH = 4.5-9	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		DBO5 <= 10 mg/L	(USEPA,2012)
		SST <= 5mg/L	(USEPA,2012)
		T <= 2 NTU	(USEPA,2012)
		E Coli = ND	(USEPA,2012)
		Cl2 residual >= 1 mg/L	(USEPA,2012)
		Al < 5 mg/L	(USEPA,2012),(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		As < 0.10 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		B < 0.75 mg/L	(USEPA,2012)
		B = 0.3 - 4.0 mg/L	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Be < 0.1 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Cd < 0.01 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Co < 0.05 mg/L	(USEPA,2012),(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Cr < 0.1 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Cu < 0.20 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
F < 1.0 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)		
Fe < 5 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)		

ZONA	USO	CALIDAD	FUENTE
Riego	Riego agrícola por aspersión	Hg = ND	(USEPA,2012)
		Li < 2.5 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Mn < 0.2 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Mo < 0.01 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Ni < 0.20 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Pb < 5.0 mg/L	(USEPA,2012)
		Pb < 0.1 mg/L	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Se < 0.02 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		V < 0.10 mg/l	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
		Zn < 2.0 mg/L	(USEPA,2012), (Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)
	Colif _T < 5000 NMP para frutas que se consuman sin quitar las cáscara y para hortalizas de tallo corto	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)	
	Colif < 1000 NMP para frutas que se consuman sin quitar las cáscara y para hortalizas de tallo corto	(Ministerio de Salud República de Colombia, 1984)	
	Riego agrícola superficial	PH = 6 - 9	(USEPA, 2012)
	DBOS <= 30 mg/L	(USEPA, 2012)	
	SST <= 30mg/L	(USEPA, 2012)	

ZONA	USO	CALIDAD	FUENTE
Riego	Riego agrícola superficial	E coli \leq 200 / 100 mL	(USEPA, 2012)
		E coli por muestra \leq 800 / 100 mL	(USEPA, 2012)
		E Coli = ND	(USEPA, 2012)
		Cl2 residual \geq 1 mg/L	(USEPA, 2012)
		Huevos Helm \leq 1/L	(WHO,2006)
Lavado	Lavado de pisos y fachadas	pH = 5.8 - 8.6	(MLIT,2005)
		T \leq 2 NTU	(MLIT,2005)
		Colif .T = ND	(MLIT,2005)
	Lavado de carros	pH = 6 - 9	(USEPA, 2012)
		DBO5 \leq 10 mg/L	(USEPA, 2012)
		SST \leq 5mg/L	(USEPA, 2012)
		T \leq 5 NTU	(USEPA, 2012)
		E Coli = ND	(USEPA, 2012)
		Cl2 residual \geq 1 mg/L	(USEPA, 2012)
Paisajístico	Fuentes	DBO5 \leq 30 mg/L	(USEPA, 2012)
		SST \leq 30 mg/L	(USEPA, 2012)

Fuente: Autor, adaptado de (Rodríguez y Medina, 2013)¹⁶

¹⁶ Rodríguez, E. D. N., & Medina, N. C. M. Estudio De Las Aguas Grises Domésticas En Tres Niveles Socioeconómicos De La Ciudad De Bogotá. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniería Civil) Pontificia Universidad Javeriana. 2013.

ANEXO 7. Estándares requeridos para posibles usos.

Parámetro	Unidad	AG: DU. LM. LD ¹³			ALL ²			USO ¹⁶		
		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	BK	BB	BN	LPF	LCU	RI
Turbidez	NTU	273 - 296	79.7 - 117	74 - 87.6	0.7	2.7	<= 5	<= 2	<= 5	<= 2
SST	mg/L	271 - 318	68 - 82	99 - 135	-	-	<= 5	-	<= 5	<= 5
pH	-	6.4 - 6.7	6.8 - 9	6.2 - 6.8	6.47	5.48	5.8 - 9	5.8 - 8.6	6-9	4.5 - 9
DBO5	mg/L	616.1 - 684	267.3 - 274.2	240 - 327.4	-	-	<= 10	-	<= 10	<= 10
CT	UFC/100 ml	691,000 – 1'600,000	24,200 – 101,120	24,196 – 24,200	241.96	241.96	-	-	-	< 5,000
E. Coli	UFC/100 ml	>= 10,000	10 – 10,000	8 - 140	-	-	-	-	-	-
Cl2 Residual	mg/L	-	-	-	-	-	>= 1	-	>= 1	-

AG: Aguas Grises, DU: Ducha, LM: Lavamanos, LD: Lavadora, ALL: Aguas Lluvias, BK: Barrio Kennedy, BB: Barrio Belén, BN: Baños (Sanitario y Orinal), LPF: Lavado de Pisos y Fachadas, LCU: Lavado de Carros y Utensilios, RI: Riego agrícola, SST: Sólidos Suspendidos Totales, DBO: Demanda Biológica de Oxígeno, CT: Coliformes totales.

Fuente: Autor, adaptado de (Galvis, 2013)¹⁷, (Arcila y Zúñiga, 2014)¹⁸ y (Rodríguez y Medina, 2013)¹⁹.

¹⁷ Arcila, H. R., & Zúñiga, O. O. Evaluación de la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 125–137. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>. 2014.

¹⁸ Galvis, N. A. Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional de Colombia. 2013.

¹⁹ Rodríguez, E. D. N., & Medina, N. C. M. Estudio De Las Aguas Grises Domésticas En Tres Niveles Socioeconómicos De La Ciudad De Bogotá. Bogotá D.C. Trabajo de grado (Ingeniería Civil) Pontificia Universidad Javeriana. 2013.

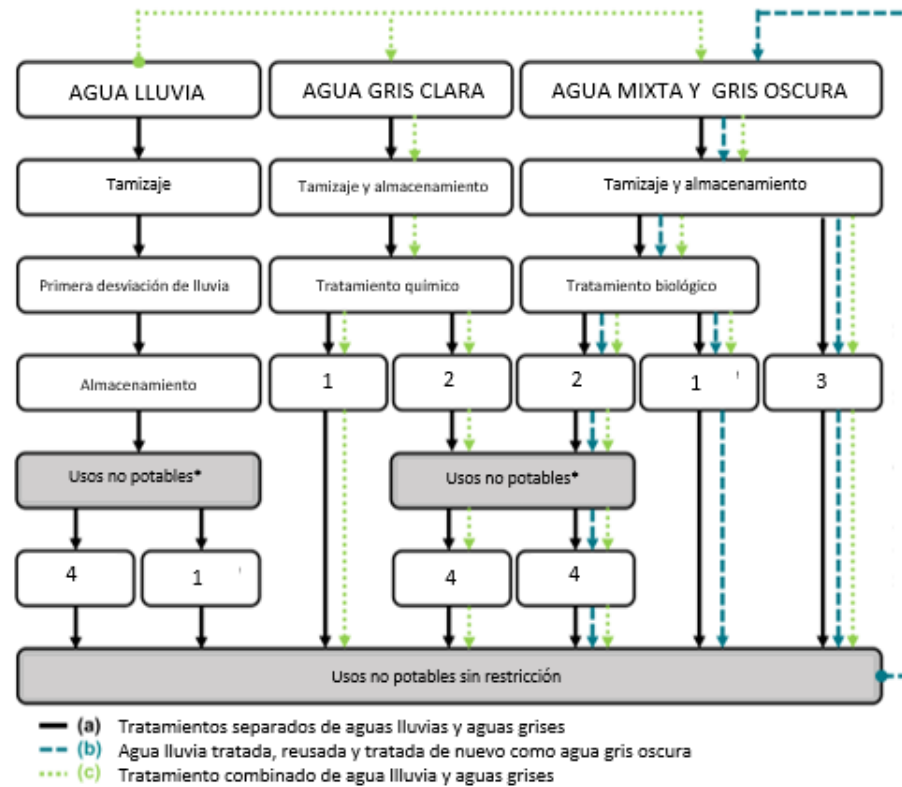
ANEXO 8. Usos futuros posibles de las aguas grises dependiendo del tipo de tratamiento aplicado.

Tipos de procesos de tratamiento	Usos finales sugeridos	Aumento del nivel de exposición humana Crecimiento del nivel de tratamiento
<p>Sistema de recogida de agua</p> <p>Tratamiento primario: Sedimentación</p> <p>Tratamiento secundario: Oxidación biológica, desinfección</p> <p>Tratamiento avanzado/ Terciario</p> <p>Coagulación química, filtración, desinfección</p>	<p>-</p> <p>No se recomiendan usos a este nivel</p> <p>Riego superficial de huertos y viñedos</p> <p>Riego de cultivos no consumibles</p> <p>Recarga de agua subterránea de acuífero no potables</p> <p>Humedales, hábitat de vida silvestre, aumento de corrientes</p> <p>Procesos de enfriamiento industrial</p> <p>Riego de jardines y campo de golf</p> <p>Descarga del sanitario</p> <p>Lavado de vehículos</p> <p>Riego de cultivos consumibles</p> <p>Represa recreativa sin restricciones</p> <p>Reutilización potable indirecta: Recarga de agua subterránea de acuíferos potables y aumento del reservorio de agua superficial</p>	

Fuente: Autor, adaptado de (Eslamian, 2016)²⁰

²⁰ Eslamian, S. (2016). Urban Water Reuse Handbook, 209–217. [En línea], Disponible en <https://books.google.com.au/books?id=BD00CwAAQBAJ>. [Accedido: mayo-2017]

ANEXO 9. Diseño de sistemas de tratamiento dependiendo de la configuración de agua reciclada.



*: Restringidos, 1: Filtración por membrana, 2: Filtro de arena, 3: Biorreactor de membrana, 4: Desinfección.

Fuente: Autor, adaptado de (Leong et al. 2016)²¹

²¹ Leong, J. Y. C., Oh, K. S., Poh, P. E., & Chong, M. N. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3014–3027. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167>. 2016.

ANEXO 10. Tratamientos para aguas grises aplicables en el sector doméstico urbano.

Ítem	TRATAMIENTO			
	PRELIMINAR	PRIMARIO	SECUNDARIO	TERCIARIO
Contaminantes removidos	Sólidos gruesos (basuras, arenas) Grasas Acondicionamiento químico (pH)	Sólidos suspendidos sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente)	-Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente) Sólidos no sedimentables Nutrientes (parcialmente) Patógenos (parcialmente)	Contaminantes específicos Materia orgánica fina y soluble (pulimento) Nutrientes patógenos (principalmente)
Eficiencias de remoción	DBO= 0-5 % Coliformes= 0 % Nutrientes= 0 %	DBO= 30-40 % Coliformes= 30-40 % Nutrientes= <20 % SS= 60-70 %	DBO= 60-99 % Coliformes= 60-99 % Nutrientes= 10-50 % SS= 60-99 %	DBO> 99 % Coliformes> 99,9 % Nutrientes> 90 % SS> 99 %
Tecnologías	Trampa de grasas, filtración gruesa (nylon)	Tanque sedimentador, filtro 200-300 mm	Filtro lento en arena, bio-reactor de membrana (MBR), manta anaeróbica de flujo ascendente, filtro de carbón activado, contactores biológicos rotativos (RBC)	Radiación UV, cloración, ultra filtración, osmosis inversa, intercambio de iones
Cumple patrón de reúso	No	No	Usualmente si	Si
Procesos	Físicos	Físicos y químicos	Biológicos	Físicos, químicos y biológicos

DBO: Demanda biológica de oxígeno, SS: Sólidos suspendidos.

Fuente: Autor, adaptado de (Rivera y Zaraza, 2015)²² y (Silva et al. 2008)²³

²² Rivera-Sánchez, M., & Zaraza-Peña, J. Factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del A.M. de Bucaramanga. Bucaramanga. 2015. 157 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil). Universidad Industrial de Santander.

²³ Silva, J., Torres, P., & Madera, C (2008). Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 347–359. [En línea], Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13521/14204>. [Accedido: mayo-2017]

ANEXO 11. Sistemas de tratamiento de aguas pre-fabricados.



Fuente: Tomado de GreyWaterNet²⁴, GV Soluciones²⁵ y ECOCICLE²⁶

²⁴ Disponible en <http://greywaternet.com/> [Accedido: junio-2017]

²⁵ Disponible en <http://gvsoluciones.com/> [Accedido: junio-2017]

²⁶ Disponible en <http://www.totagua.com/pdf/reutilizacion-de-aguas/aguas-grises.pdf> [Accedido: junio-2017]

ANEXO 12. Distribución general del edificio escogido como caso de estudio.

TIPO	COTA	DESCRIPCIÓN GENERAL
SOBRE RECORRIDO	56.62	
CUBIERTA 1	55.08	Placa de concreto
PISO 18 (ZONA SOCIAL 2)	52.02	Terraza verde, 3 baños, Piscina h:1.30 m, Solárium, Jacuzzi, BBQ
PISO 17 (ZONA SOCIAL 1)	48.96	Salón múltiple, Gimnasio, 2 baños, Reflexología, turco, 2 duchas
PISO 16 (Vivienda)	45.9	Se encuentran los siguientes tipos de apartamentos:
PISO 15	42.84	TP04 (4 dormitorios, 5 baños), Área Completa=169.48 m2
PISO 14	39.78	TP01 (3 dormitorios, 3 baños), Área Completa= 123.96 m2
PISO 13	36.72	
PISO 12	33.66	
PISO 11	30.6	
PISO 10	27.54	
PISO 9	24.48	Se encuentran los siguientes tipos de apartamentos:
PISO 8	21.42	TP01 (3 dormitorios, 3 baños), Área Completa= 123.96 m2
PISO 7	18.36	TP02 (2 dormitorios, 2 baños), Área Completa=97.15 m2
PISO 6	15.3	TP03 (1 dormitorio, 2 baños) , Área Completa= 71.64 m2
PISO 5	12.24	
PISO 4	9.18	
PISO 3 (Vivienda)	6.12	
PARQUEADERO 2	3.06	Baño Administración
PISO 1 (ACCESO)	0	Bicicletero, Baño Portería, Lobby, Cubierta 2, Parqueaderos
SÓTANO 1	-3.06	Parqueaderos
SÓTANO 2	-6.12	Tanque de agua potable (Área:26.5 m2, h agua: 5 m, Volumen: 132.5 m3)
SÓTANO 3	-9.18	Parqueaderos

ANEXO 13. ENCUESTA 1: Reúso de aguas grises y aguas lluvias para un edificio estrato seis del área metropolitana de Bucaramanga

Apreciado(a) Residente:

La presente encuesta tiene como finalidad recoger la información pertinente para la realización del proyecto de grado titulado “FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES, EN UN EDIFICIO ESTRATO 6 DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA” llevado a cabo por el estudiante Jhonathan Steve Guerrero Ferreira de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

La información aquí suministrada será usada únicamente con fines académicos, respetándose la privacidad e identidad de los encuestados. La manipulación de esta información será exclusiva del estudiante anteriormente mencionado, la Directora de proyecto de grado la Dra. Isabel Cristina Domínguez Rivera y el Co- Director el Dr. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

En consecuencia, lo(a) invitamos a responder estas veinte preguntas elaboradas para un tiempo aproximado de 15 minutos, recordándole que puede desistir de contestar cualquiera de estas en el momento que usted lo desee.

1. Nombre del encuestado:

2. Número del apartamento:

3. ¿Cuántas personas viven en este apartamento?:

4. ¿Cómo es la distribución por edad de estas personas?:

CANTIDAD	RANGO
	Menores de 5 años
	Entre 5 y 12 años
	Mayores a 12 años

5. ¿Cuánto es el consumo promedio histórico de agua potable (m^3) en su apartamento?: Esta información puede ser consultada en el recibo del agua, parte superior derecha, bajo la gráfica llamada ÚLTIMOS CONSUMOS ACUEDUCTO.

--

6. ¿Es usted o está en su familia el propietario del apartamento?

SÍ	
NO	

REÚSO DE AGUAS PLUVIALES

Las aguas lluvias o también llamadas pluviales, pueden ser captadas de cubiertas, plazoletas, parqueaderos; y utilizarse en lugar de agua potable en muchas áreas funcionales para diferentes propósitos, incluyendo sanitarios, jardines, lucha contra incendios, etc. Siempre y cuando se les dé un tratamiento adecuado.

7. ¿Aceptaría usar el agua lluvia en su apartamento, sabiendo que antes se le realizó un tratamiento?

SÍ	
NO	

8. ¿Qué razones justifican su anterior respuesta? (Pregunta de selección múltiple)

- Si fue afirmativa (SI):

Ahorro de dinero	
Ayuda al medio ambiente	
Calidad en el agua tratada	
Otros, ¿Cuáles?	

- Si fue negativa (NO):

Calidad en el agua tratada	
Enfermedades	
Higiene	
Necesidad de mantenimiento	
Otros, ¿Cuáles?	

9. Si su respuesta a la pregunta #7 fue afirmativa, ¿en qué actividades domésticas estaría dispuesto a usarla? (Pregunta de selección múltiple)

Inodoro	
Ducha	
Lavamanos	
Fregadero (Cocina)	
Lavadora	
Lavadero	
No sabe / No responde	
Otros, ¿Cuáles?	

10. ¿Permitiría que se hicieran con esta agua lluvia tratada las actividades de limpieza de las zonas comunes y riego de las zonas verdes con las que cuenta el edificio?

SÍ	
NO	

REÚSO DE AGUAS GRISES

Las aguas grises son aguas de baja contaminación, que incluye todas las aguas residuales producidas en un hogar (ej. duchas, lavamanos, lavadoras, etc.), exceptuando las aguas residuales generadas en el inodoro.

11. ¿Aceptaría reusar en su apartamento las aguas grises generadas en el edificio, sabiendo que antes se les realizará un tratamiento?

SÍ	
NO	

12. ¿Qué razones justifican su anterior respuesta? (Pregunta de selección múltiple)

- Si fue afirmativa (SI):

Ahorro de dinero	
Ayuda al medio ambiente	
Calidad en el agua tratada	
Otros, ¿Cuáles?	

- Si fue negativa (NO):

Calidad en el agua tratada	
Enfermedades	
Higiene	
Necesidad de mantenimiento	
Otros, ¿Cuáles?	

13. Si su respuesta a la pregunta #11 fue afirmativa, ¿en qué actividades domésticas estaría dispuesto a usarla? (Pregunta de selección múltiple)

Inodoro	
Ducha	
Lavamanos	
Fregadero (Cocina)	
Lavadora	
Lavadero	

No sabe / No responde	
Otros, ¿Cuáles?	

14. ¿Qué productos suelen utilizar para el aseo personal en su apartamento?

Shampoo	
Jabón líquido o en barra	
Acondicionador	
Crema dental	
Desodorante	
Otros, ¿Cuáles?	

15. ¿Qué productos suelen utilizar para el lavado de ropa?

Detergente	
Suavizante	
Desmanchador	
Fragancias	
Otros, ¿Cuáles?	

16. ¿Permitiría que se hicieran con estas aguas grises tratadas las actividades de limpieza de las zonas comunes y de riego de las zonas verdes con las que cuenta el edificio?

SÍ	
NO	

17. Llene el siguiente cuadro dependiendo de si el aparato sanitario especificado es usado en su apartamento, de ser así, especifique la frecuencia por semana, la cantidad de veces empleado durante un día de uso y el tiempo en minutos requerido cuando se utiliza una única vez.

APARATOS SANITARIOS	FRECUENCIA POR SEMANA	FRECUENCIA DURANTE UN DÍA DE USO	TIEMPO REQUERIDO PARA UN USO
Ducha			
Inodoro			
Lavamanos			
Lavaplatos			

Lavadora			
Lavadero			

ACEPTACIÓN

18. Si fuese a comprar el apartamento donde actualmente vive, ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar de excedente, por un sistema de reúso de aguas lluvias y aguas grises que se quisiera implementar en el edificio?

Menos de tres millones	
Entre tres y seis millones	
Entre seis y diez millones	
Más de diez millones	
No pagaría el excedente	

19. ¿Permitiría que en la copropiedad se contratara una persona adicional a los de servicios general, en caso de ser necesario, para mantener en operación el sistema de reúso?

SÍ	
NO	

20. ¿Con qué frecuencia permitiría realizar un mantenimiento preventivo del sistema en su apartamento?

Mensual	
Trimestral	
Semestral	
Anual	
Nunca	

COMENTARIOS:

Gracias por su colaboración y tiempo brindado para responder de forma honesta esta encuesta.

INQUIETUDES: Para más información comunicarse al 3163775727 o escribir al correo electrónico jonathansgf1995@gmail.com

Fuente: Autor, adaptado de (Rivera y Zaraza, 2015)²⁷

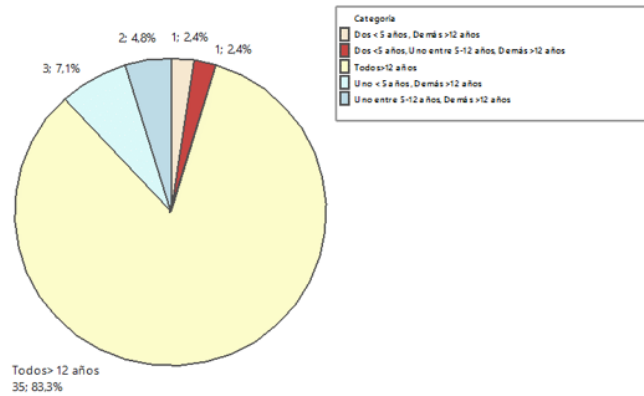
²⁷ Rivera-Sánchez, M., & Zaraza-Peña, J. Factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del A.M. de Bucaramanga. Bucaramanga. 2015. 157 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil). Universidad Industrial de Santander.

ANEXO 14. Análisis descriptivo de algunos de los resultados de la encuesta 1.

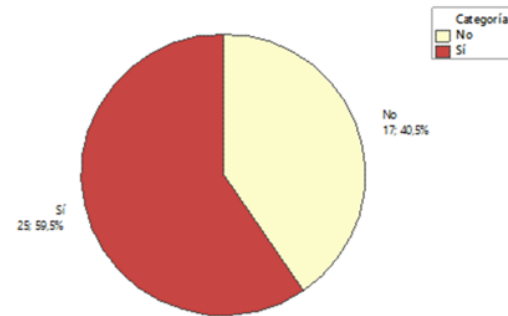
3. No. ocupantes	5. Consumo (m3/mes)	Consumo (m3 / hab / mes)
3	16	5.3
3	14	4.7
1	8	8.0
3	24	8.0
5	17	3.4
3	25	8.3
2	12	6.0
5	15	3.0
3	11	3.7
3	13	4.3
3	16	5.3
2	11	5.5
2	14	7.0
2	10	5.0
3	17	5.7
3	10	3.3
2	9	4.5
2	10	5.0
4	16	4.0
5	14	2.8
4	12	3.0
3	6	2.0
2	7	3.5

3. No. ocupantes	5. Consumo (m3/mes)	Consumo (m3 / hab / mes)
2	14	7.0
3	16	5.3
1	8	8.0
2	10	5.0
5	21	4.2
3	11	3.7
2	11	5.5
3	15	5.0
2	6	3.0
4	18	4.5
2	5	2.5
4	12	3.0

4. Distribución por edad



6. Propietario

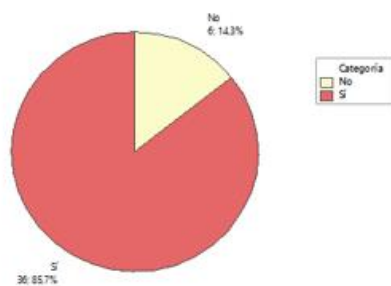


Consumo (m3/ hab/ mes)

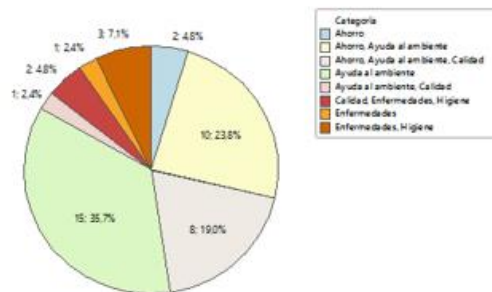
GENERALES	N	35
	N Faltantes	7
	Máximo	8.33
	Mínimo	2.00
MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL	Media	4.80
	Mediana	4.67
	Moda	3.5
	Q1	3.40
	Q3	5.50
	IQR	2.10
COEFICIENTES DE VARIACIÓN	Rango	6.33
	Varianza	2.85
	Desviación. Estándar	1.69
COEFICIENTES ADIMENSIONALES	Coficiente de variación	35.16
	Coficiente de asimetría	0.58
	Curtosis	-0.34

REÚSO DE AGUAS PLUVIALES

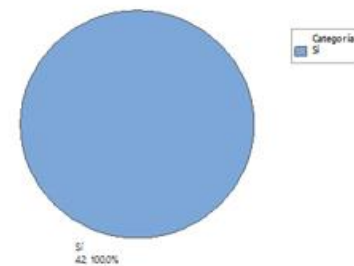
7. Aceptación a reusar



8. Justificación

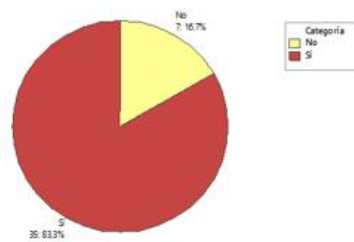


10. Para áreas sociales y riego de zonas verdes

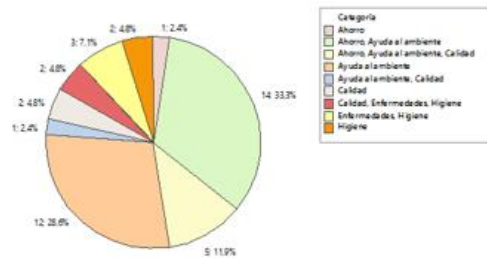


REÚSO DE AGUAS GRISES

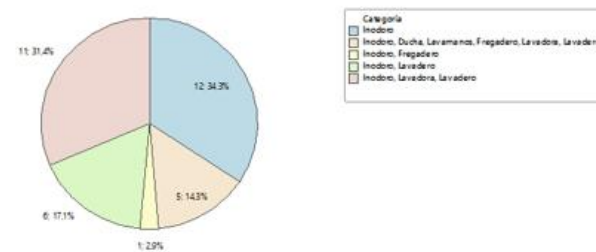
11. Aceptación a reusar



12. Justificación



13. Usos domésticos posibles del agua tratada



ANEXO 15. Análisis de oferta y demanda de las alternativas propuestas.

Tipo de Apto	Dormitorios	Ocupantes	Consumo (m3/mes)	Tipo de apto / edificio	Consumo (m3/mes)
TP01	3	4	19.21	14	268.91
TP02	2	4	19.21	10	192.08
TP03	1	3	14.41	10	144.06
TP04	4	5	24.01	4	96.04
Consumo Total (m3/mes/edificio)= 701.1					

CONSUMO DOMÉSTICO (%). CRA	
Ducha	20.9
Inodoro	19.9
Lavamanos	3.7
Lavado de ropa	27.1
Lavado de platos	15.5
Aseo	4.9
Riego	2.6
Consumo	3.9
Lavado de autos	1.5

		OFERTA (m3/mes)	DEMANDA (m3/mes)
Alternativa 1	Agua lluvia	10.08	224.34
	Aguas grises	140.66	139.51
Alternativa 2	Agua lluvia	10.08	8.43
	Aguas grises	140.66	139.51
Alternativa 3	Agua lluvia + Aguas grises	150.74	8.43

Fuente: Autor, “Consumo doméstico” tomado de (CRA, 2001)²⁸

²⁸ CRA - Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento. (2001) Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá D.C.

ANEXO 16. Dimensionamiento del tanque de agua lluvia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	ESTACIÓN LA FLORESTA 23192950, 705 N - 7307 W - 925 msnm, 1990 - 2014																				
2																					
3																					
4	AÑO 1990																				
5	DÍA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SEMANA	PRECIPITACIÓN (mm)	SEMANA	PRECIPITACIÓN (mm)				
6	1	0,0	0,0	0,0	29,0	5,0	39,0	0,0	0,0	10,0	13,0	0,0	0,0	1	7,0	26	27,0				
7	2	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	2	13,0	27	10,0				
8	3	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	10,0	0,0	3	0,0	28	37,0				
9	4	7,0	0,0	0,0	7,0	5,0	0,0	10,0	1,0	5,0	0,0	20,0	12,0	4	7,0	29	10,0				
10	5	0,0	25,0	5,0	3,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5	0,0	30	35,0				
11	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	10,0	12,0	0,0	3,0	6	38,0	31	11,0				
12	7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	10,0	0,0	23,0	14,0	74,0	7	27,0	32	64,0				
13	8	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	17,0	8	2,0	33	44,0				
14	9	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	34,0	15,0	17,0	0,0	0,0	9	1,0	34	6,0				
15	10	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10	9,0	35	22,0				
16	11	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	12,0	0,0	0,0	11	55,0	36	40,0				
17	12	8,0	23,0	0,0	57,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	12	70,0	37	28,0				
18	13	0,0	4,0	0,0	13,0	0,0	10,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	13	75,0	38	10,0				
19	14	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	15,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14	17,0	39	0,0				
20	15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15	70,0	40	48,0				
21	16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	4,0	0,0	0,0	16	4,0	41	29,0				
22	17	0,0	0,0	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17	64,0	42	4,0				
23	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	18	10,0	43	19,0				
24	19	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	19	7,0	44	30,0				
25	20	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20	7,0	45	14,0				
26	21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	4,0	0,0	21	21,0	46	0,0				
27	22	0,0	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22	39,0	47	9,0				
28	23	0,0	0,0	7,0	0,0	4,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23	19,0	48	41,0				
29	24	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24	25,0	49	106,0				

Volumen de agua lluvia captada (m3/semana)					
Semana	T1	T2	T3	T4	T5
1	1.04	1.47	1.62	1.72	1.80
2	1.24	1.77	2.08	2.25	2.41
3	0.85	1.40	1.80	2.07	2.32

Semana	T1	T2	T3	T4	T5
4	0.85	1.17	1.30	1.35	1.37
5	1.05	1.47	1.68	1.76	1.84
6	1.52	2.38	3.06	3.47	3.84
7	1.39	2.08	2.47	2.65	2.72
8	1.42	2.08	2.47	2.73	2.79
9	1.34	2.03	2.33	2.54	2.78
10	1.23	1.83	2.17	2.48	2.73
11	1.65	2.61	3.10	3.47	3.80
12	1.97	2.82	3.41	3.75	3.91
13	1.57	2.32	2.93	3.37	3.59
14	1.68	2.31	2.64	2.81	2.95
15	1.43	2.02	2.37	2.65	2.73
16	1.98	2.63	2.95	3.17	3.29
17	2.15	3.04	3.42	3.71	3.89
18	2.20	3.14	3.60	3.91	4.12
19	1.74	2.39	2.72	2.91	3.01
20	1.67	2.36	2.67	3.00	3.27
21	2.47	3.76	4.37	4.64	4.93
22	2.08	2.84	3.36	3.63	3.64
23	2.06	2.76	3.23	3.43	3.59
24	2.06	2.98	3.38	3.69	3.91
25	1.67	2.15	2.37	2.48	2.53
26	1.37	1.96	2.22	2.47	2.42
27	1.65	2.10	2.13	2.21	2.29
28	1.81	2.44	2.78	2.98	3.12
29	1.70	2.20	2.45	2.58	2.69

Semana	T1	T2	T3	T4	T5
30	1.90	2.58	2.81	3.00	2.98
31	1.69	2.22	2.48	2.63	2.72
32	2.05	2.78	3.11	3.26	3.39
33	2.33	3.21	3.73	3.86	4.06
34	1.74	2.44	2.96	3.24	3.50
35	1.50	1.97	2.22	2.34	2.45
36	2.18	3.12	3.72	4.09	4.32
37	1.75	2.42	2.68	2.77	2.89
38	1.93	2.73	3.29	3.58	3.72
39	1.79	2.44	2.77	2.98	3.09
40	1.78	2.57	2.96	3.23	3.33
41	2.45	3.71	4.09	4.42	4.54
42	2.39	3.40	3.95	4.19	4.46
43	1.65	2.14	2.36	2.56	2.70
44	1.91	2.68	3.17	3.50	3.80
45	1.76	2.61	3.14	3.47	3.76
46	1.75	2.50	2.94	3.13	3.18
47	1.59	2.43	3.09	3.67	3.95
48	1.56	2.30	2.79	3.12	3.37
49	1.16	1.74	2.10	2.22	2.31
50	0.78	1.06	1.18	1.30	1.37
51	0.66	0.87	1.04	1.10	1.18
52	0.36	0.49	0.51	0.55	0.55

	T1	T2	T3	T4	T5
TOTAL (m3)	85.48	120.91	140.19	152.08	159.91
DIFERENCIA (m3)	-	35.44	19.28	11.89	7.83
INCREMENTO (%)	-	41.46	15.94	8.48	5.15

Nota: El archivo completo con el manejo de los datos de lluvia para la determinación del volumen semanal se encuentran en formato .xlsx bajo el nombre “Anexos (Hoja de cálculo: Anexo 16)”.

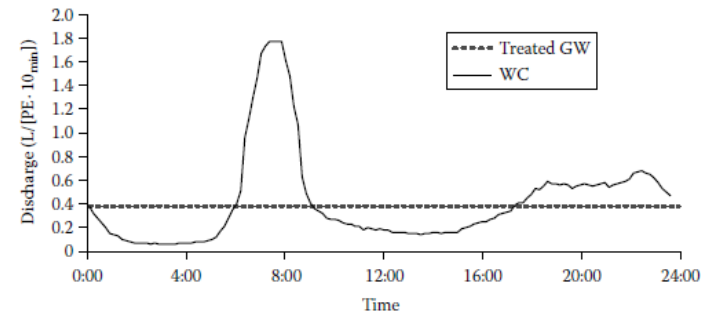
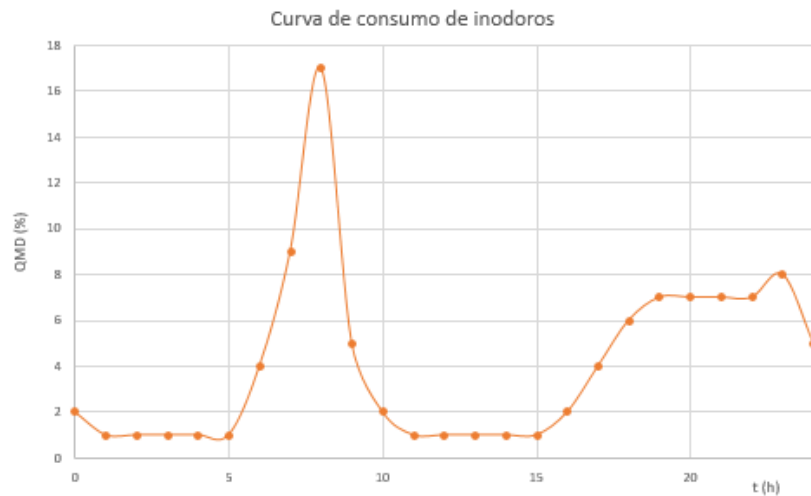
ANEXO 17. Dimensionamiento del tanque de aguas grises.

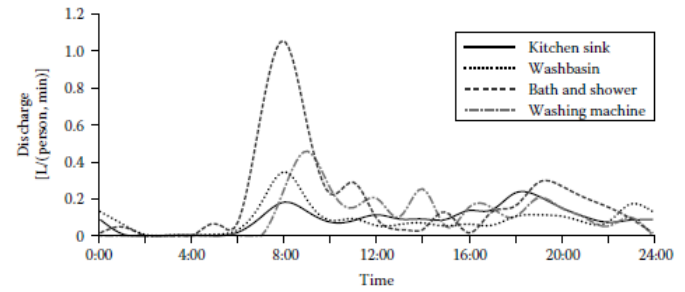
Comportamiento horario de consumo de la demanda			
t (h)	Q Dif. (%)	Q Acum. (%)	Consumo (m3/día)
0	1	0	0.00
1	1	1	0.06
2	1	2	0.12
3	1	3	0.18
4	1	4	0.24
5	1	5	0.30
6	4	9	0.54
7	9	18	1.09
8	17	35	2.12
9	5	40	2.42
10	2	42	2.54
11	1	43	2.60
12	1	44	2.66
13	1	45	2.72
14	1	46	2.78
15	1	47	2.84
16	2	49	2.96
17	4	53	3.20
18	6	59	3.57
19	7	66	3.99
20	7	73	4.41
21	7	80	4.84
22	7	87	5.26
23	8	95	5.74
24	5	100	6.05

Comportamiento de suministro horario de la oferta			
t (h)	Q Dif. (%)	Q Acum. (%)	Suministro (m3/día)
0	1	0	0.00
1	1	1	0.06
2	1	2	0.12
3	1	3	0.18
4	1	4	0.24
5	1	5	0.30
6	5	10	0.61
7	20	30	1.83
8	38	68	4.14
9	11	79	4.82
10	1	80	4.88
11	1	81	4.94
12	1	82	5.00
13	1	83	5.06
14	1	84	5.12
15	1	85	5.18
16	1	86	5.24
17	1	87	5.30
18	2	89	5.42
19	5	94	5.73
20	2	96	5.85
21	1	97	5.91
22	1	98	5.97
23	1	99	6.03
24	1	100	6.10

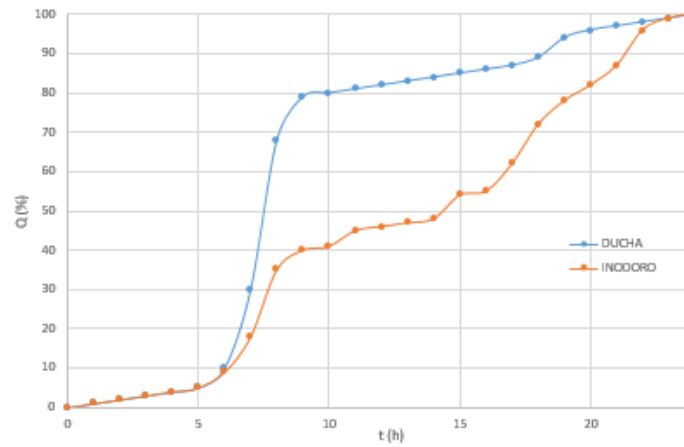
Dif: Diferencial, Acum: Acumulado.

Los resultados son una aproximación de comportamiento para el caso de estudio realizada por el autor, teniendo en cuenta el caudal máximo diario de la oferta y la demanda que corresponde a (6.05 m³/día para inodoros, 6,1 m³/día para duchas), el comportamiento de consumo horario evidenciado en distintas investigaciones y el promedio de consumo por uso obtenido en la encuesta #1.





La máxima diferencia que se puede dar en una hora del día, determinará el volumen de almacenamiento necesario en el tanque de aguas grises:



Hora	Suministro (m3)	Consumo (m3)	Diferencia (m3)
0	0.00	0.00	0.00
1	0.06	0.06	0.00
2	0.12	0.12	0.00
3	0.18	0.18	0.00
4	0.24	0.24	0.00
5	0.30	0.30	0.00
6	0.61	0.54	0.07
7	1.83	1.09	0.74
8	4.14	2.12	2.03
9	4.82	2.42	2.40
10	4.88	2.54	2.34
11	4.94	2.60	2.34
12	5.00	2.66	2.34
13	5.06	2.72	2.34
14	5.12	2.78	2.34
15	5.18	2.84	2.34
16	5.24	2.96	2.28
17	5.30	3.20	2.10
18	5.42	3.57	1.86
19	5.73	3.99	1.74
20	5.85	4.41	1.44
21	5.91	4.84	1.08
22	5.97	5.26	0.71
23	6.03	5.74	0.29
24	6.10	6.05	0.05

Fuente: Autor, “Gráficas de consumo evidenciadas en otras investigaciones” fueron tomadas de (Gross et al. 2015)²⁹

²⁹ Gross, A., Maimon ,A., Alfiya, Y. Friedler, E. Greywater Reuse. CRC Press Taylor and Francis Group. New York. 2015.

ANEXO 18. Satisfacción semanal de la demanda de agua lluvia con la oferta disponible.

Semana	T1 (1 m3)	T2 (2 m3)	T3 (3 m3)
1	-0.93	-0.50	-0.35
2	-0.73	-0.20	0.11
3	-1.12	-0.57	-0.07
4	-1.12	-0.80	-0.67
5	-0.92	-0.51	-0.29
6	-0.45	0.41	1.09
7	-0.58	0.11	0.50
8	-0.55	0.10	0.50
9	-0.63	0.06	0.36
10	-0.74	-0.08	0.20
11	-0.32	0.63	1.13
12	0.00	0.84	1.44
13	-0.40	0.35	0.96
14	-0.29	0.34	0.67
15	-0.55	0.05	0.40
16	0.01	0.65	0.98
17	0.18	1.07	1.45
18	0.23	1.17	1.63
19	0.00	0.42	0.75
20	-0.30	0.39	0.70
21	0.50	1.79	2.40
22	0.11	0.87	1.39
23	0.09	0.79	1.26
24	0.09	1.01	1.41
25	-0.21	0.18	0.40

Semana	T1 (1 m3)	T2 (2 m3)	T3 (3 m3)
26	-0.60	0.17	0.25
27	-0.32	0.12	0.16
28	-0.17	0.47	0.81
29	-0.27	0.23	0.48
30	-0.07	0.61	0.84
31	-0.28	0.25	0.51
32	0.08	0.81	1.14
33	0.36	1.24	1.76
34	0.13	0.47	0.99
35	-0.35	0.47	0.25
36	0.21	1.15	1.75
37	-0.01	0.45	0.71
38	-0.04	0.76	1.32
39	-0.18	0.47	0.80
40	-0.19	0.60	0.99
41	0.48	1.74	2.12
42	0.41	1.43	1.98
43	0.09	0.17	0.38
44	0.03	0.71	1.20
45	-0.18	0.64	1.17
46	-0.22	0.53	0.96
47	-0.38	0.46	1.12
48	-0.41	0.33	0.82
49	-0.81	0.10	0.13
50	-1.19	-0.81	-0.66
51	-1.31	-1.10	-0.93
52	-1.61	-1.48	-1.46

ANEXO 19. Ahorro semanal de agua lluvia.

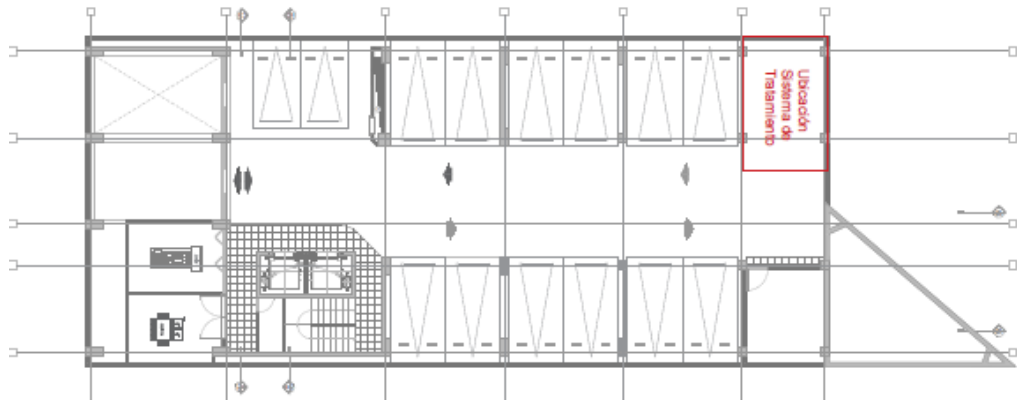
Semana	T1 (1 m3)	T2 (2 m3)	T3 (3 m3)
1	1.04	1.47	1.62
2	1.24	1.77	1.97
3	0.85	1.40	1.80
4	0.85	1.17	1.30
5	1.05	1.47	1.68
6	1.52	1.97	1.97
7	1.39	1.97	1.97
8	1.42	1.97	1.97
9	1.34	1.97	1.97
10	1.23	1.83	1.97
11	1.65	1.97	1.97
12	1.97	1.97	1.97
13	1.57	1.97	1.97
14	1.68	1.97	1.97
15	1.43	1.97	1.97
16	1.97	1.97	1.97
17	1.97	1.97	1.97
18	1.97	1.97	1.97
19	1.74	1.97	1.97
20	1.67	1.97	1.97
21	1.97	1.97	1.97
22	1.97	1.97	1.97
23	1.97	1.97	1.97
24	1.97	1.97	1.97
25	1.67	1.97	1.97

Semana	T1 (1 m3)	T2 (2 m3)	T3 (3 m3)
26	1.37	1.97	1.97
27	1.65	1.97	1.97
28	1.81	1.97	1.97
29	1.70	1.97	1.97
30	1.90	1.97	1.97
31	1.69	1.97	1.97
32	1.97	1.97	1.97
33	1.97	1.97	1.97
34	1.97	1.97	1.97
35	1.50	1.97	1.97
36	1.97	1.97	1.97
37	1.75	1.97	1.97
38	1.93	1.97	1.97
39	1.79	1.97	1.97
40	1.78	1.97	1.97
41	1.97	1.97	1.97
42	1.97	1.97	1.97
43	1.97	1.97	1.97
44	1.97	1.97	1.97
45	1.76	1.97	1.97
46	1.75	1.97	1.97
47	1.59	1.97	1.97
48	1.56	1.97	1.97
49	1.16	1.97	1.97
50	0.78	1.06	1.18
51	0.66	0.87	1.04
52	0.36	0.49	0.51

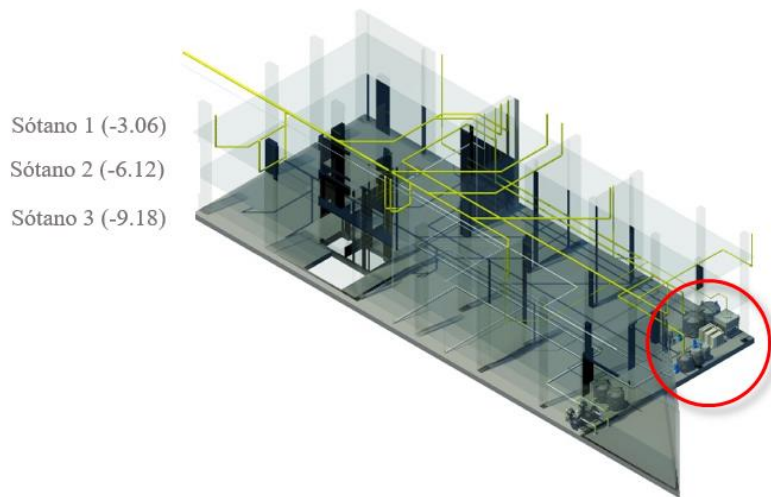
	T1 (1 m3)	T2 (2 m3)	T3 (3 m3)
Ahorro (m3)	83.34	96.28	97.82

ANEXO 20. Ubicación del sistema de tratamiento en el sótano 3 (cota: -9.18) del edificio.

Vista en planta:



Isométrica sótanos:



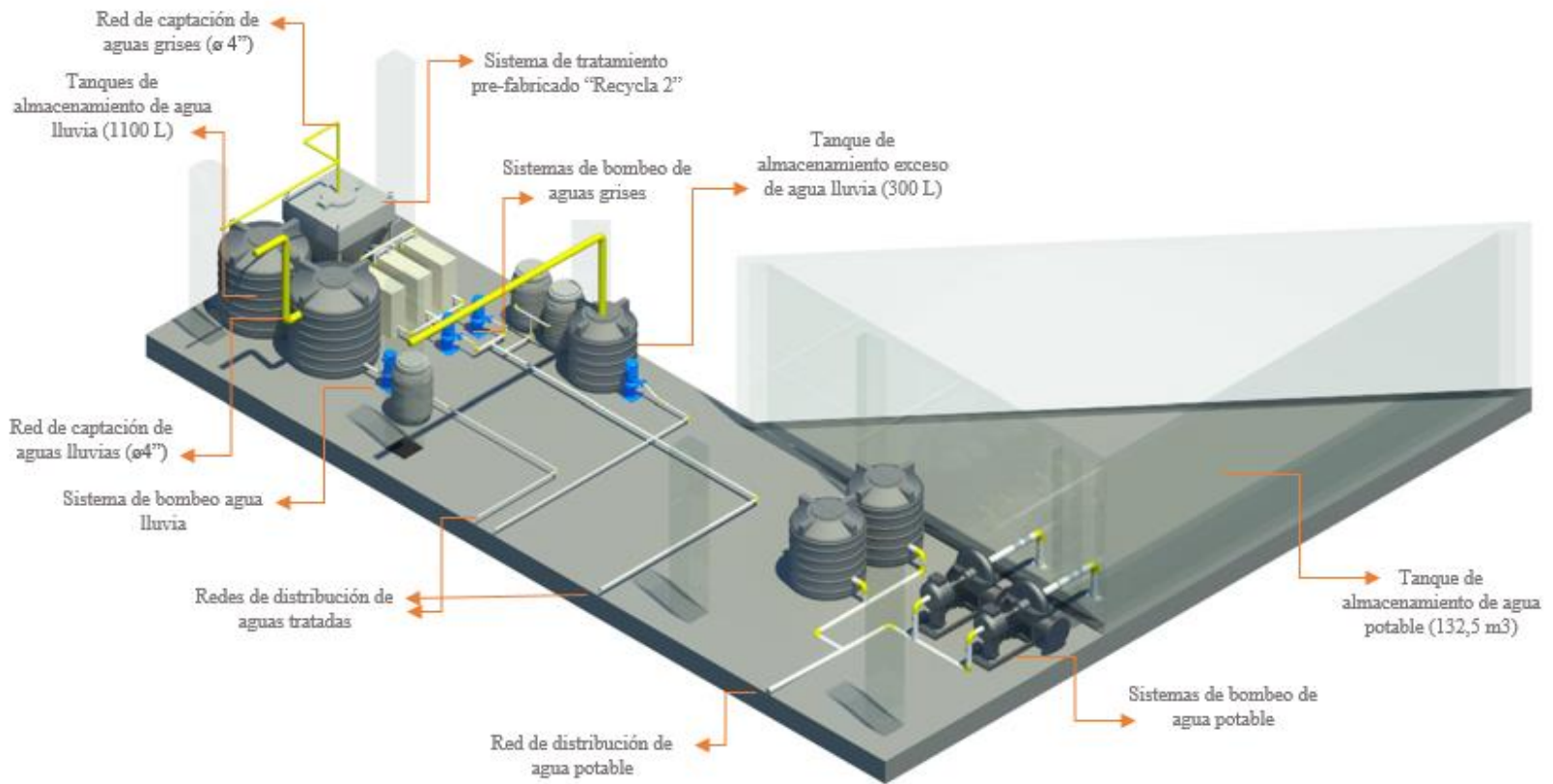
ANEXO 21. Dimensionamiento de las redes con el método exigido por la NTC1500 y el propuesto por la Universidad Nacional de Colombia.

		Tramo tubería		Tramo o pieza sanitaria		Unidades	Salidas	k	Unidades de gasto	Q (l/s)	Q(m3/s)	Diámetro (in)	Diámetro (m)
		Fría	Caliente										
2		RED HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE											
3		Material C											
4		C Galvanizado Flamant 0,00031											
5		C.P.V.C Flamant 0,0001											
6		C Galvanizado Hazen 120											
7		C.P.V.C Hazen 150											
12	TPO1	F1 a E1	-	Ducha	2	1	1		2	0,13	0,00013	0,5	0,0127
13				Lavamanos	1	1							
14				F1 a E1	3	2	1		3	0,19	0,00019	0,5	0,0127
15		G1 a E1	-	Ducha	2	1							
16				Lavamanos	1	1							
17				G1 a E1	3	2	1		3	0,19	0,00019	0,5	0,0127
18		E1 a D1	-	F1 a E1	3	2							
19				G1 a E1	3	2							
20				E1 a D1	6	4	0,58		3,48	0,19	0,00019	0,5	0,0127
21		D1 a C1	-	E1 a D1	6	4							
22				Lavamanos	1	1							
23				D1 a C1	7	5	0,5		3,5	0,22	0,00022	0,5	0,0127
24		C1 a B1	-	Fregadero	2	1							
25				D1 a C1	7	5							
26				C1 a B1	9	6	0,45		4,05	0,22	0,00022	0,5	0,0127
27		A1 a B1	-	Lavadora	2	1							
28				C1 a B1	9	6							

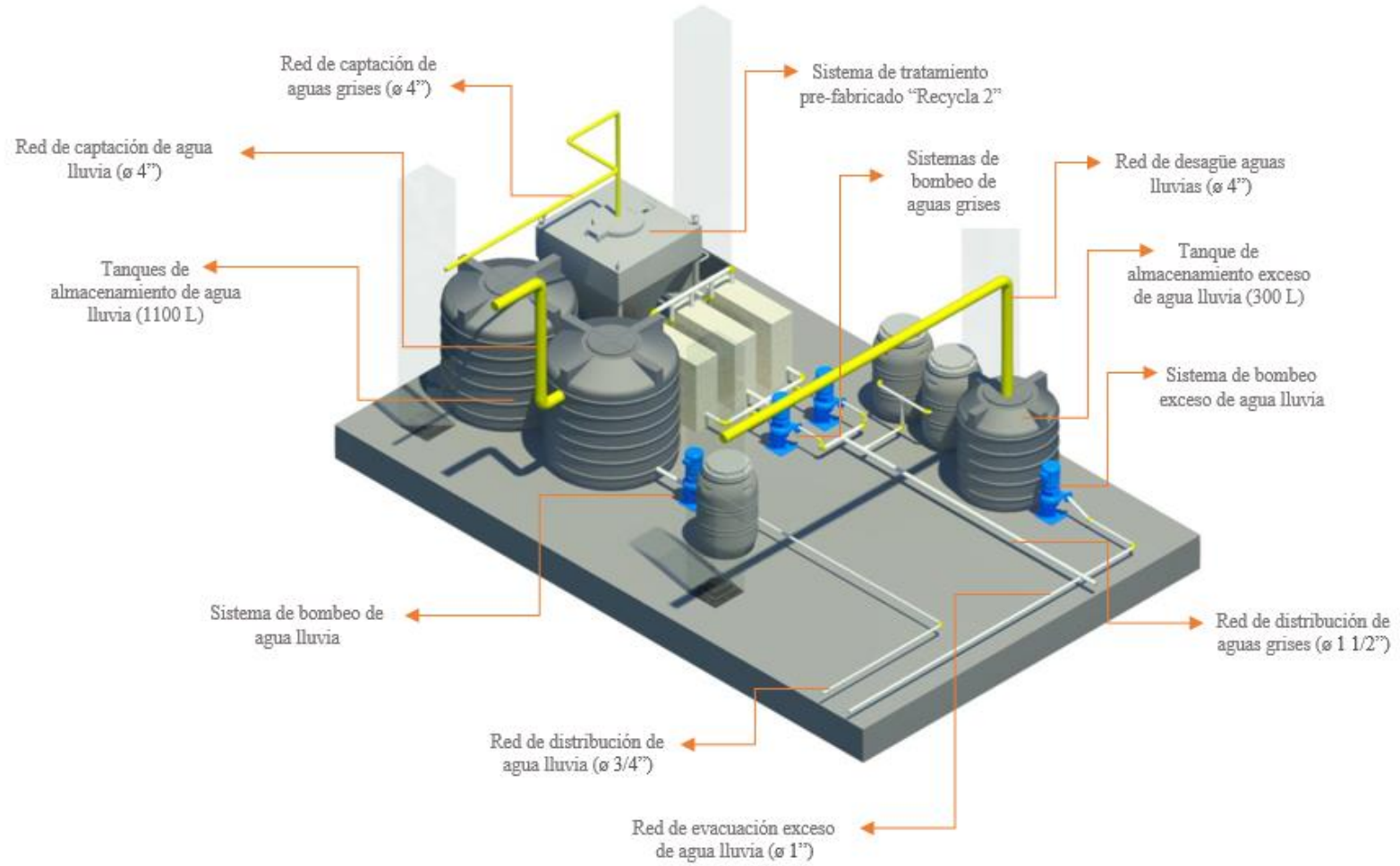
Nota: El archivo completo con el dimensionamiento de las redes hidráulicas, sanitarias y de reúso se encuentran en formato .xlsx bajo el nombre “Anexos (Hojas de cálculo: Anexo 21a, Anexo 21b)”.

Esquematación del proyecto en 3D a partir del software Revit. (Renders, Autor).

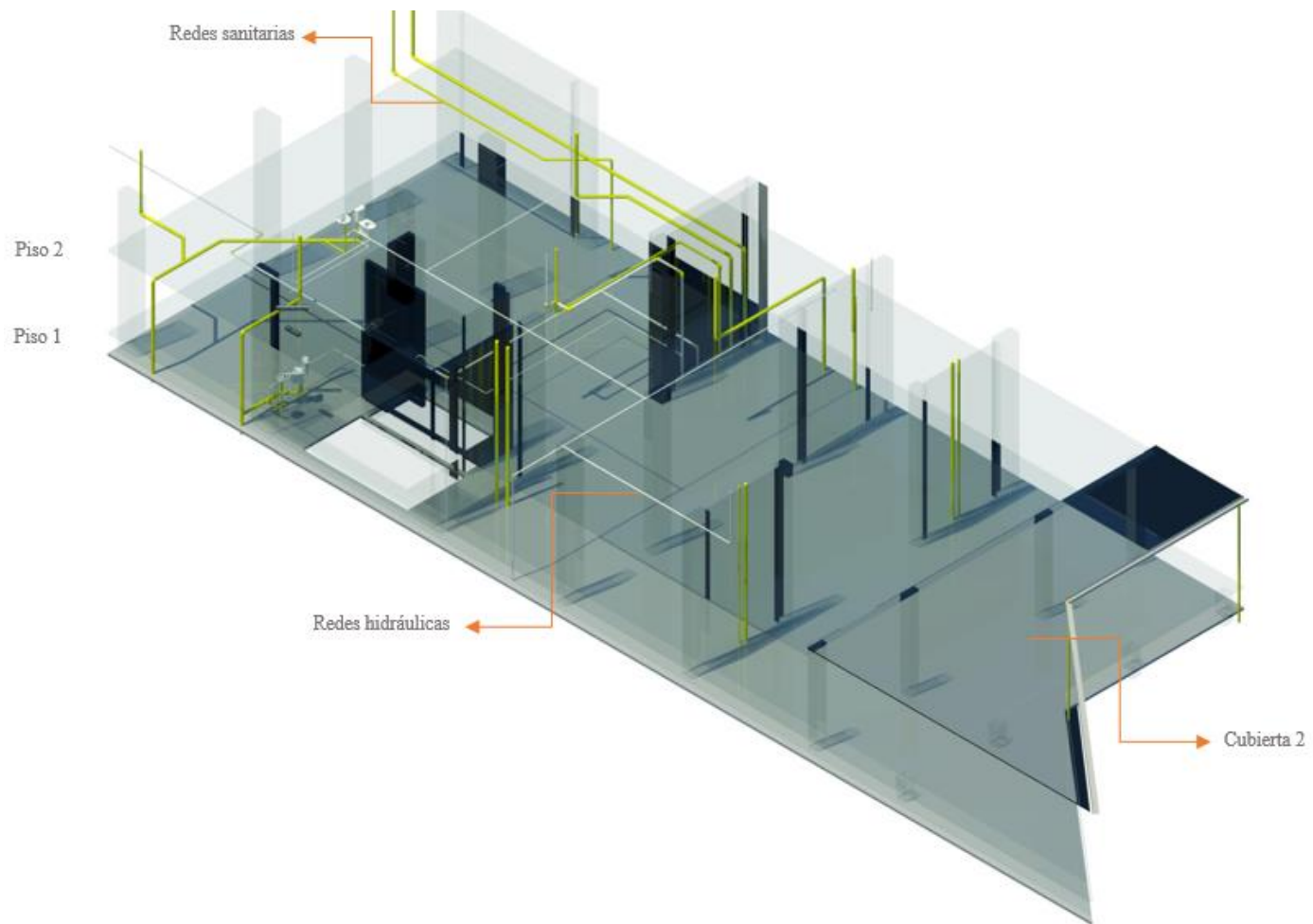
a) Sistemas de bombeo de agua tratada y agua potable (Sótano 3, cota: -9.18)



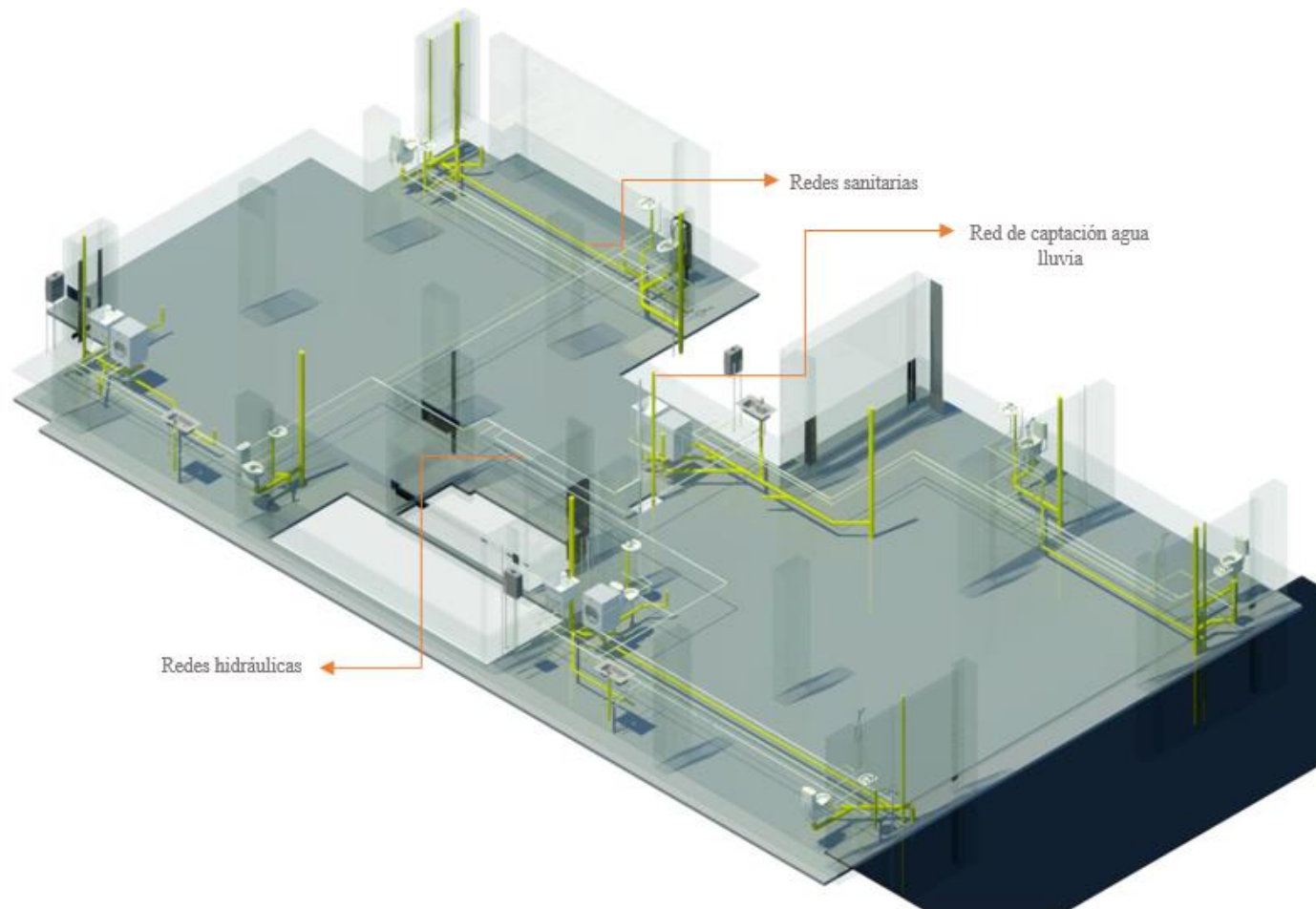
b) Almacenamiento de aguas grises y aguas lluvias (Sótano 3, cota: -9.18).



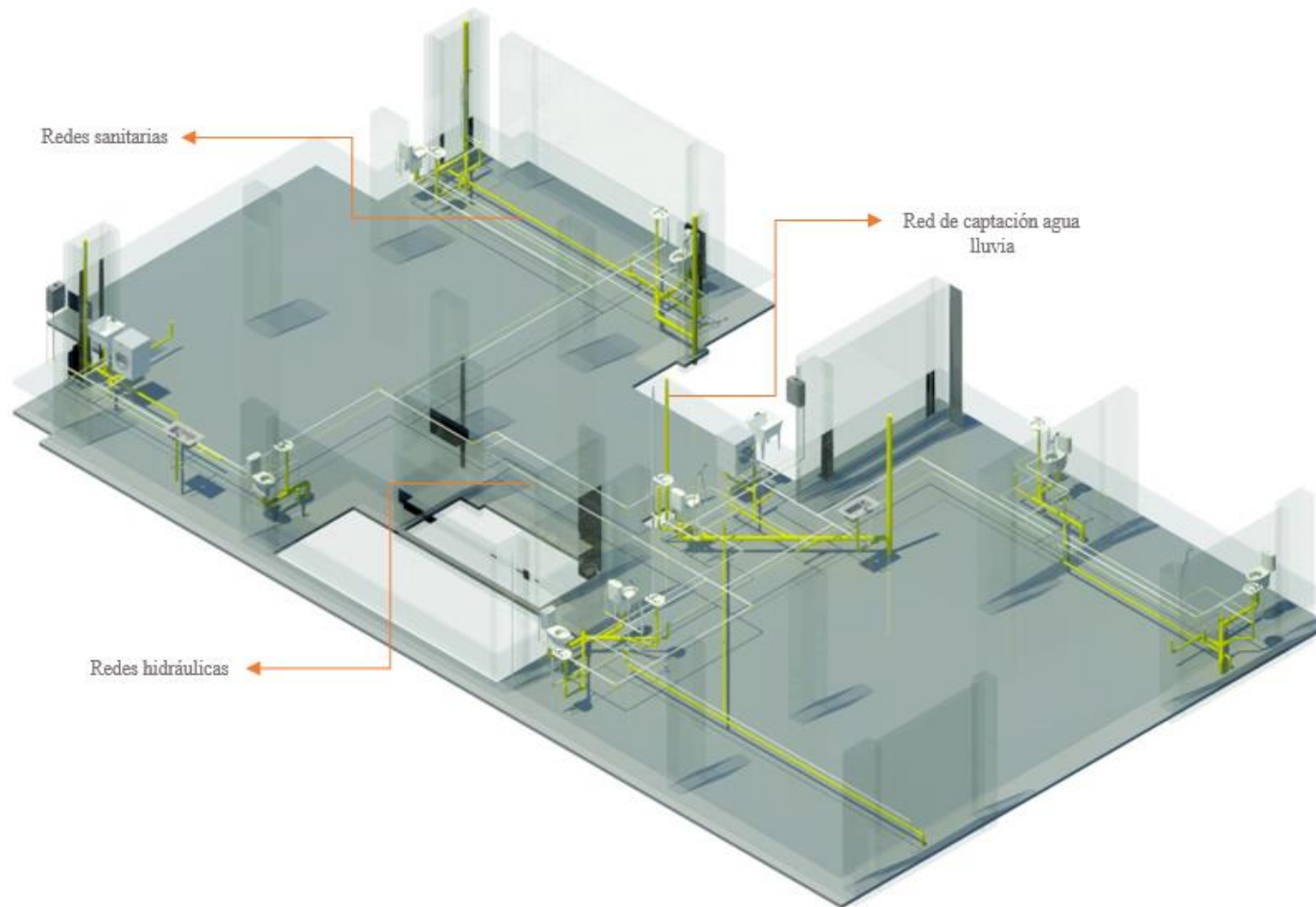
c) Isométrica piso 1 (cota: 0.0) y piso 2 (cota: 3.06).



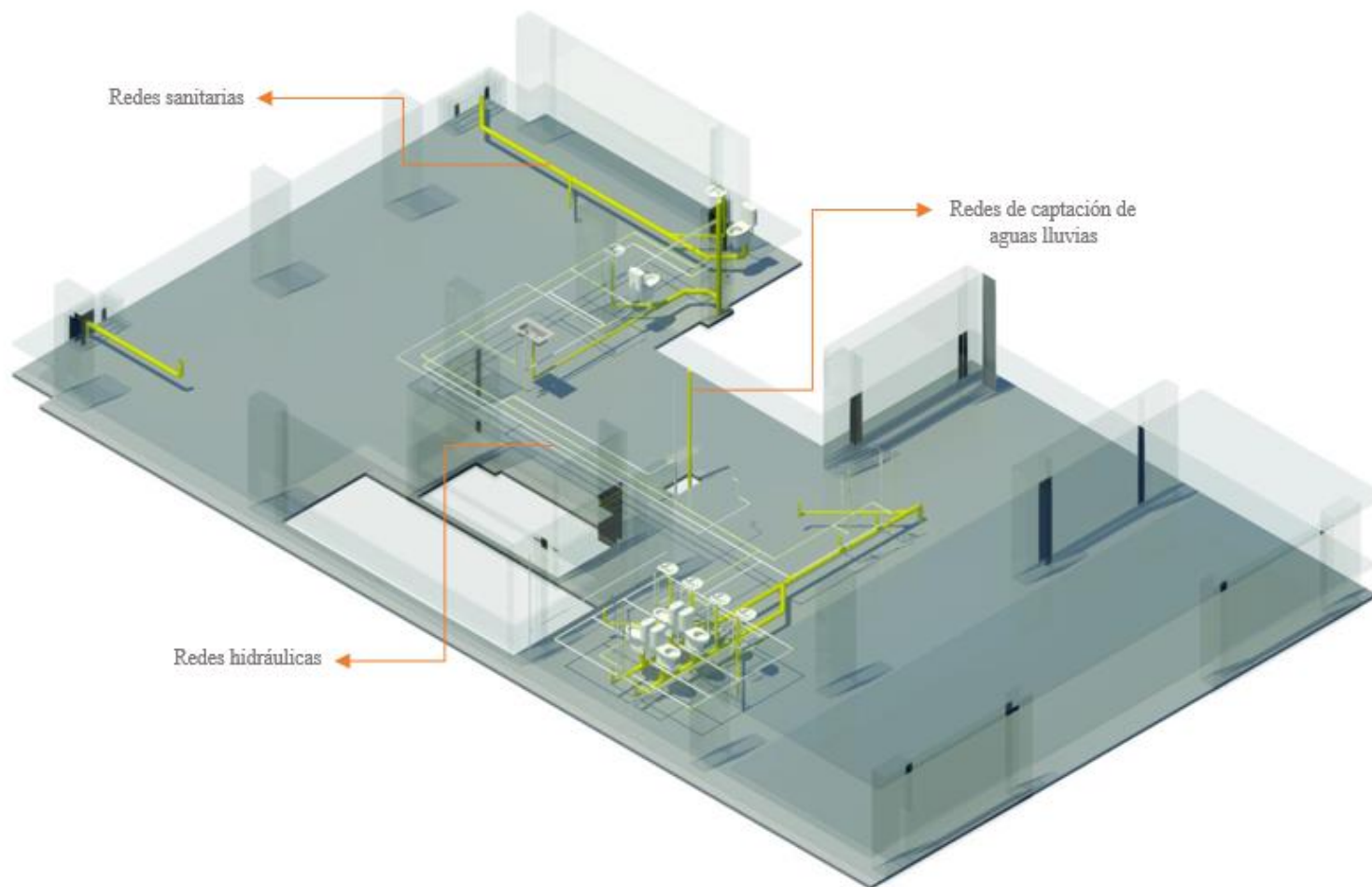
d) Isométrica del piso 3 (cota: 6.12) al piso 12 (cota: Piso 33.66).



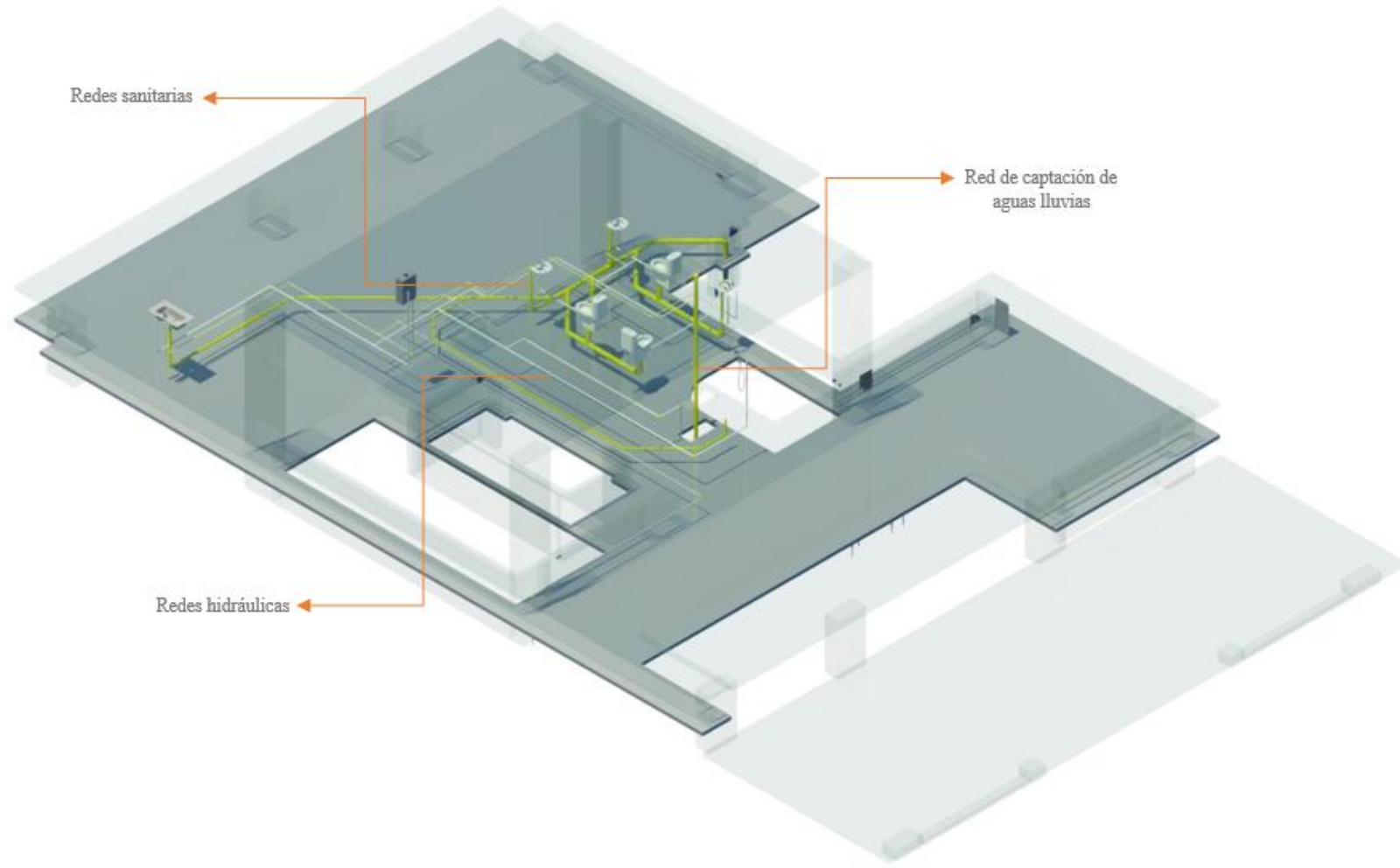
e) Isométrica del piso 13 (cota: 36.72) al piso 16 (cota: 45.9).



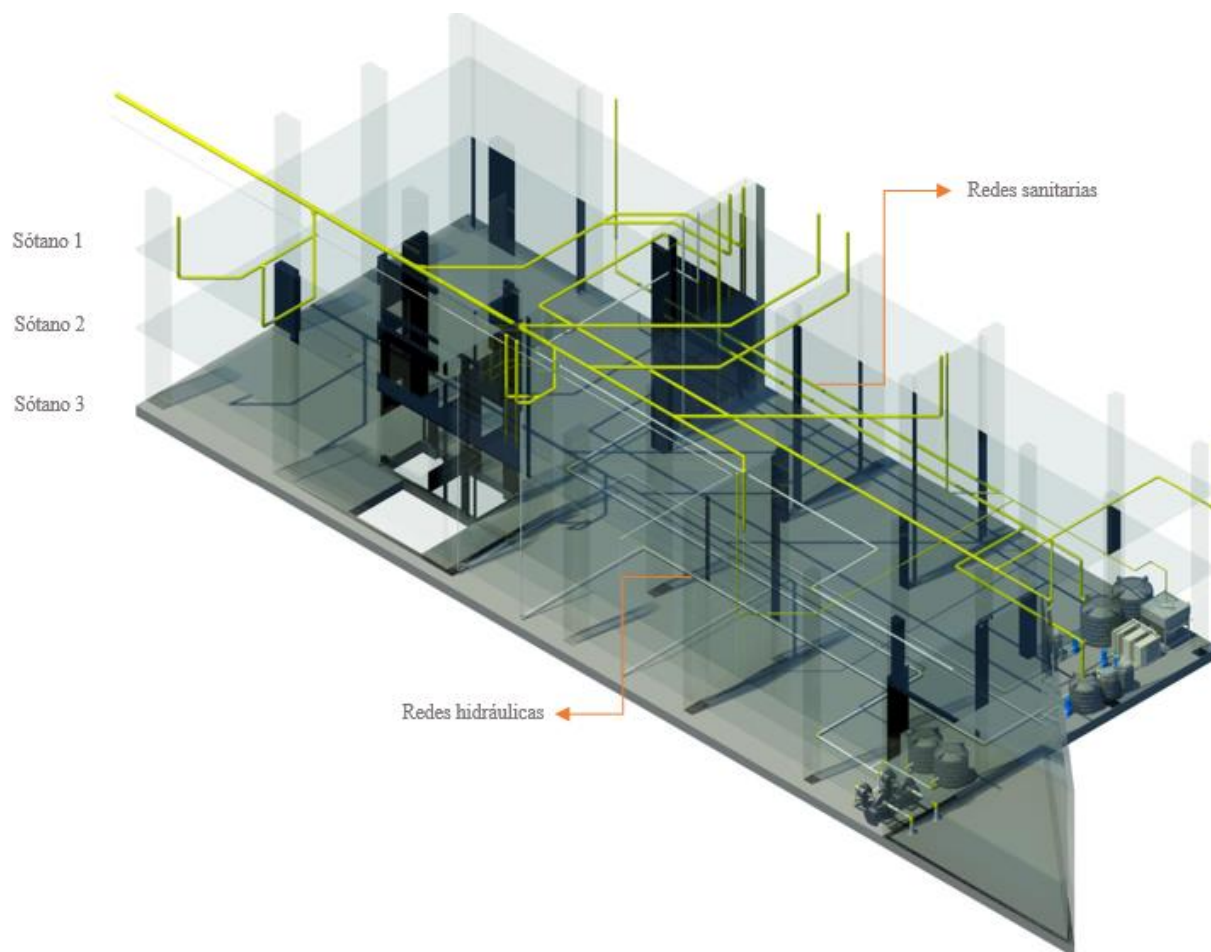
f) Isométrica zona social 1 (cota: 48.96).



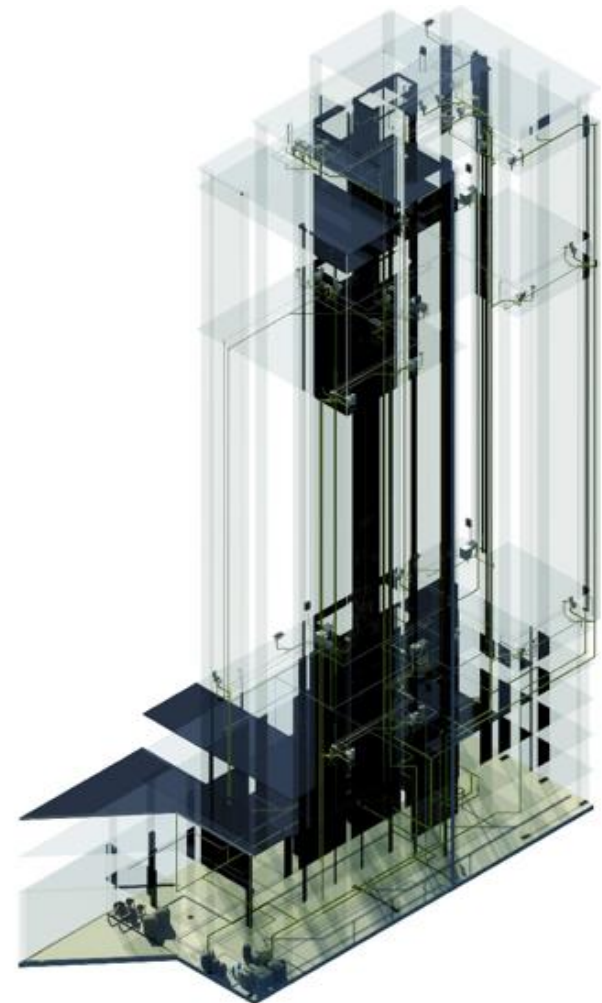
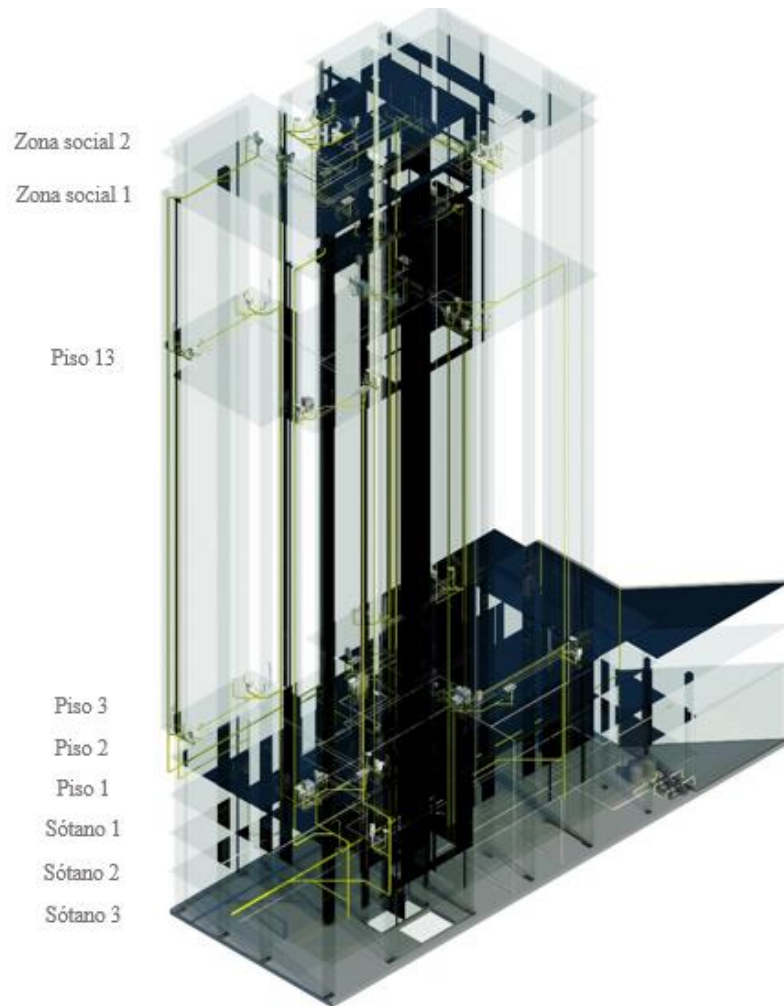
g) Isométrica zona social 2 (cota: 52.02).

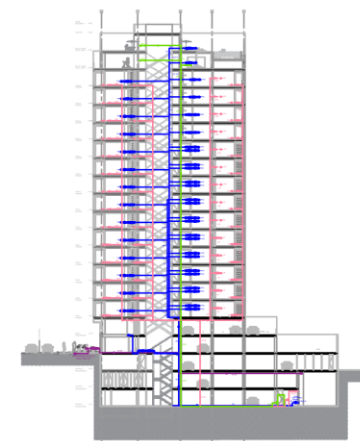
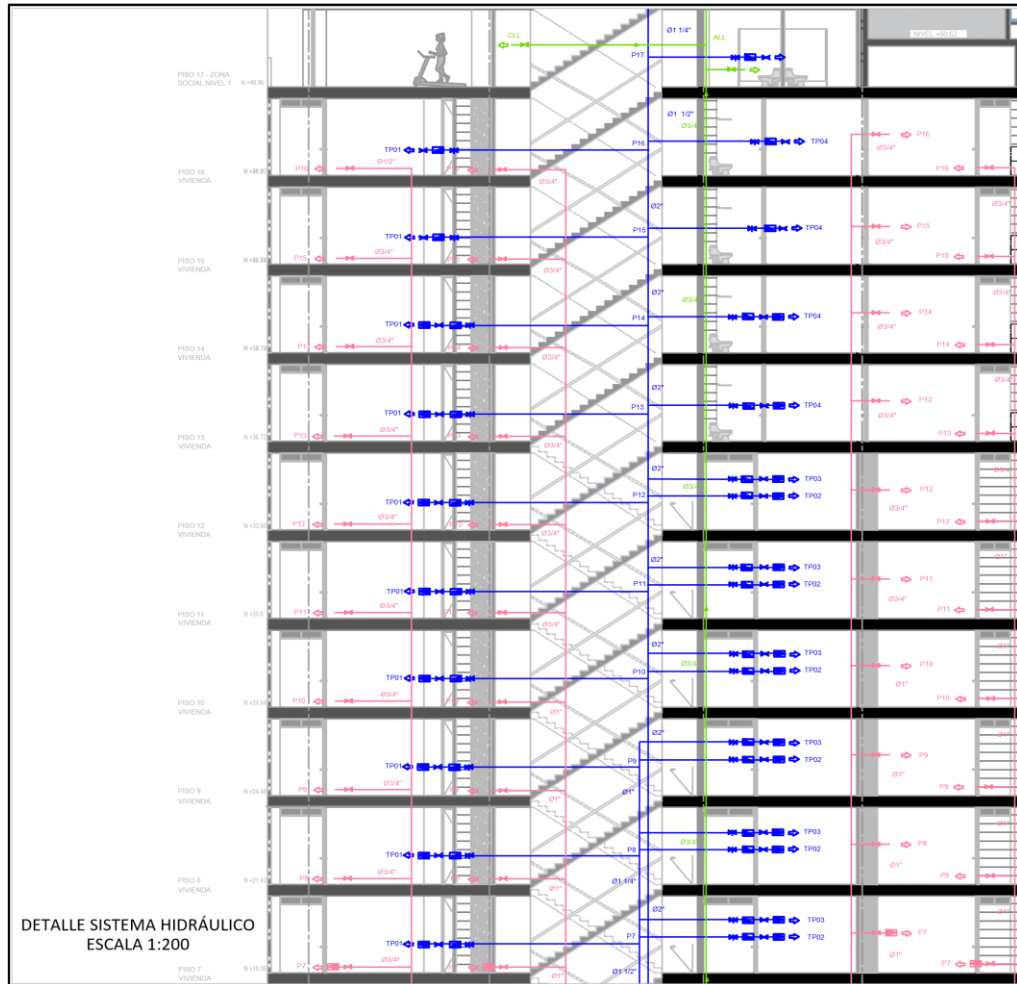


h) Isométrica sótanos del 1 (cota: -3.06) al 3 (cota: -9.18).



i) Edificio General





SIMBOLOGÍA

	ACOMETIDA
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLLIVA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	ELECTROVÁLVULA
	VÁLVULA FLOTADORA
	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	MEDIDOR
	COLUMNA MONTANTE
	LLAVE DE SERVICIO
	INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERIA
	INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERIA
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	GRUPO DE PRESURIZACIÓN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUARAMANGA

RED HIDRÁULICA, LATERAL DEL EDIFICIO

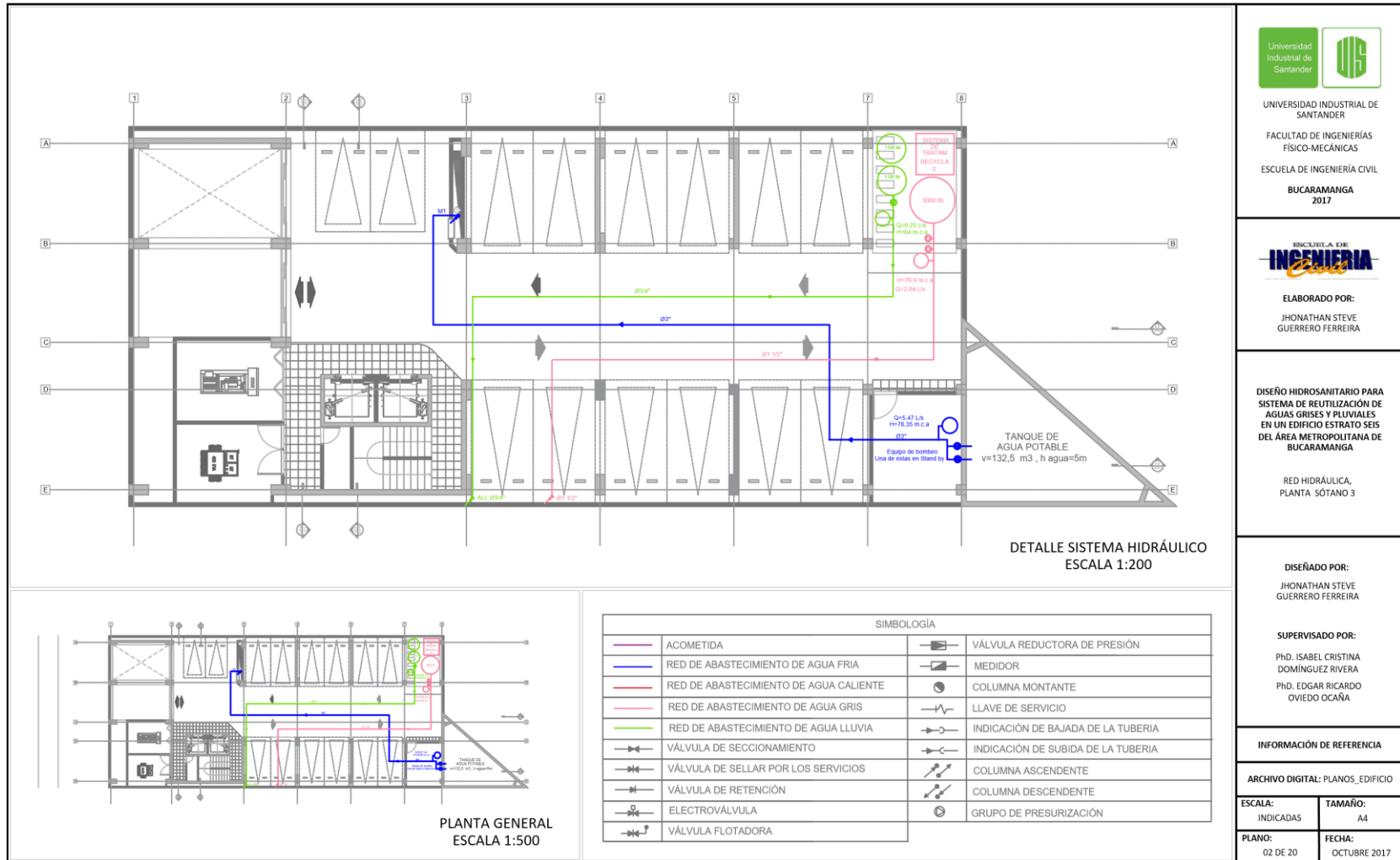
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 01 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA SÓTANO 3

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

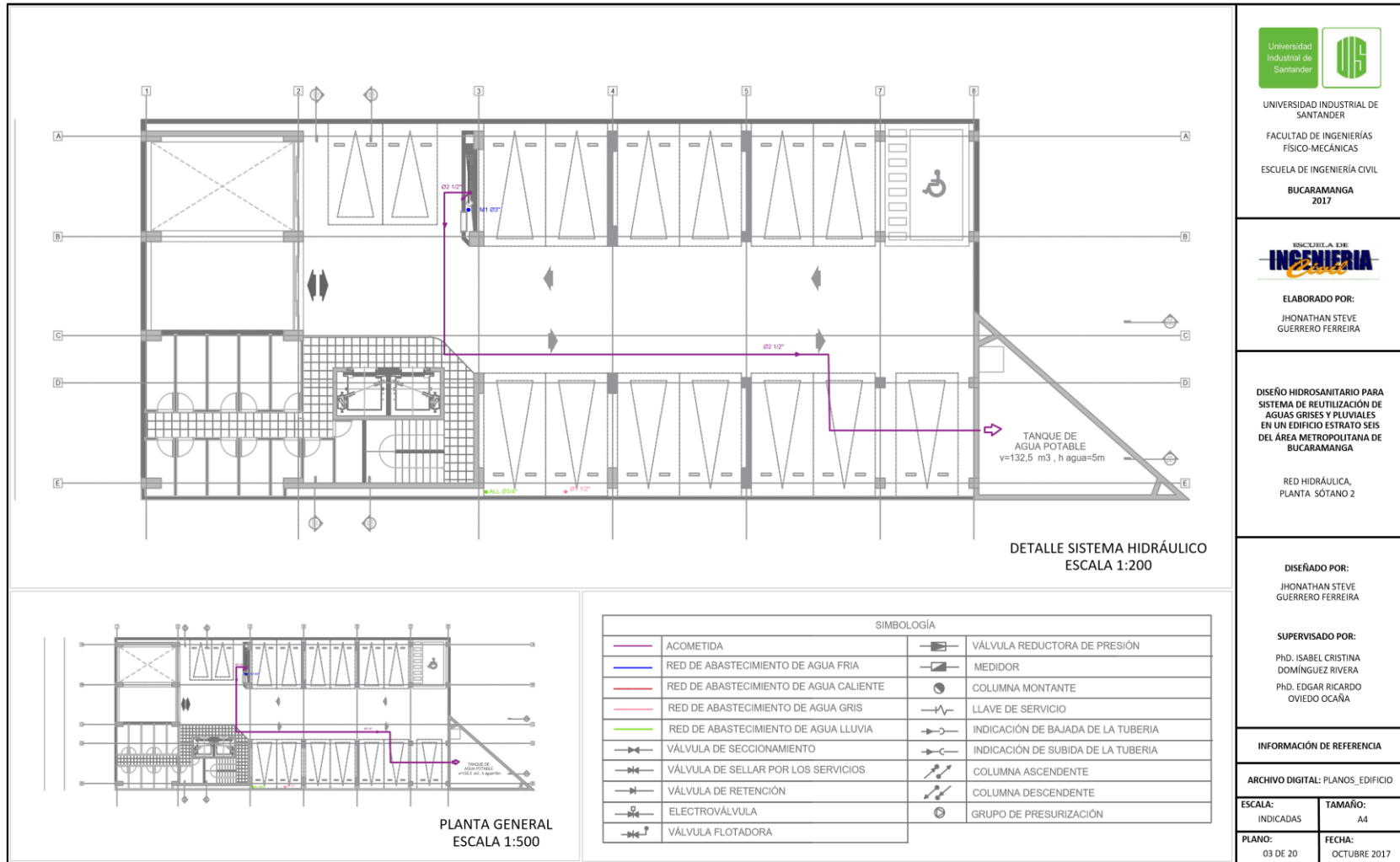
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA:
INDICADAS

TAMAÑO:
A4

PLANO:
02 DE 20

FECHA:
OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA SÓTANO 2

DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

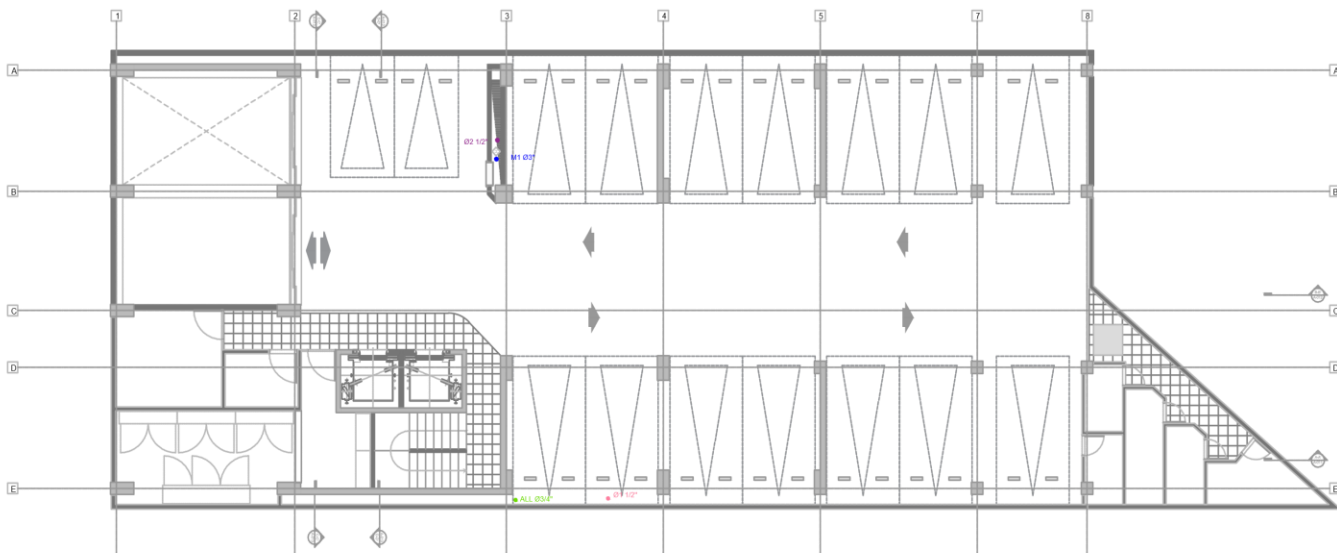
SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

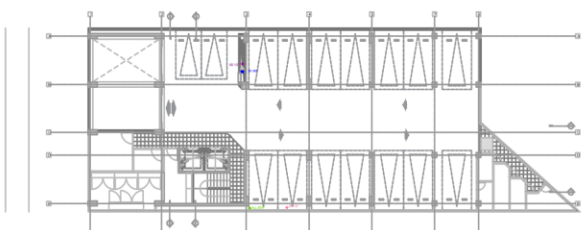
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 03 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017

SIMBOLOGÍA			
	ACOMETIDA		VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA		MEDIDOR
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE		COLUMNA MONTANTE
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS		LLAVE DE SERVICIO
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA		INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO		INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS		COLUMNA ASCENDENTE
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		COLUMNA DESCENDENTE
	ELECTROVÁLVULA		GRUPO DE PRESURIZACIÓN
	VÁLVULA FLOTADORA		



DETALLE SISTEMA HIDRÁULICO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA			
	ACOMETIDA		VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRÍA		MEDIDOR
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE		COLUMNA MONTANTE
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS		LLAVE DE SERVICIO
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA		INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERÍA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO		INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERÍA
	VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS		COLUMNA ASCENDENTE
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		COLUMNA DESCENDENTE
	ELECTROVÁLVULA		GRUPO DE PRESURIZACIÓN
	VÁLVULA FLOTADORA		



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA,
PLANTA SÓTANO 1

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

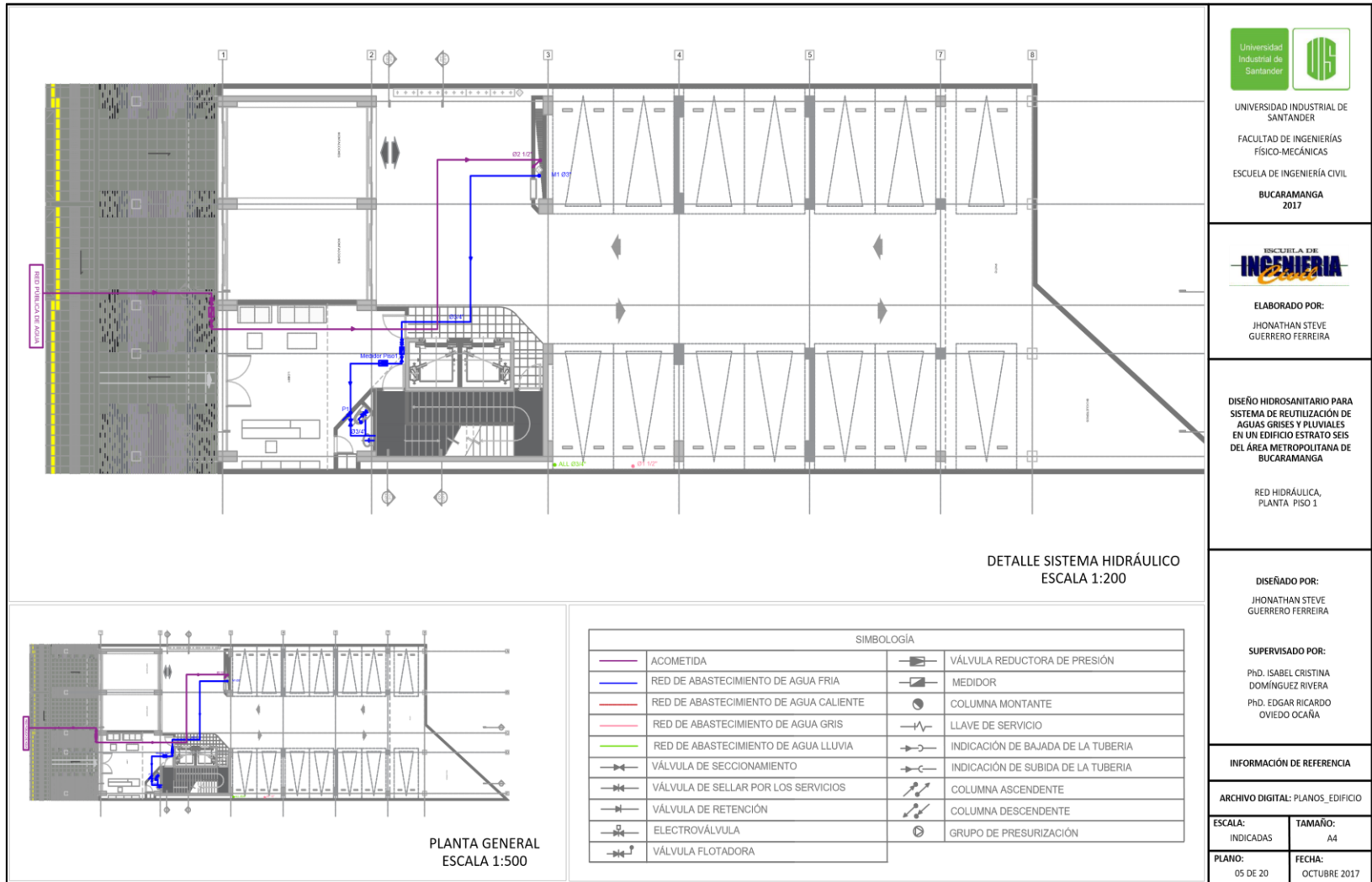
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA:
INDICADAS

TAMAÑO:
A4

PLANO:
04 DE 20

FECHA:
OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA 2017



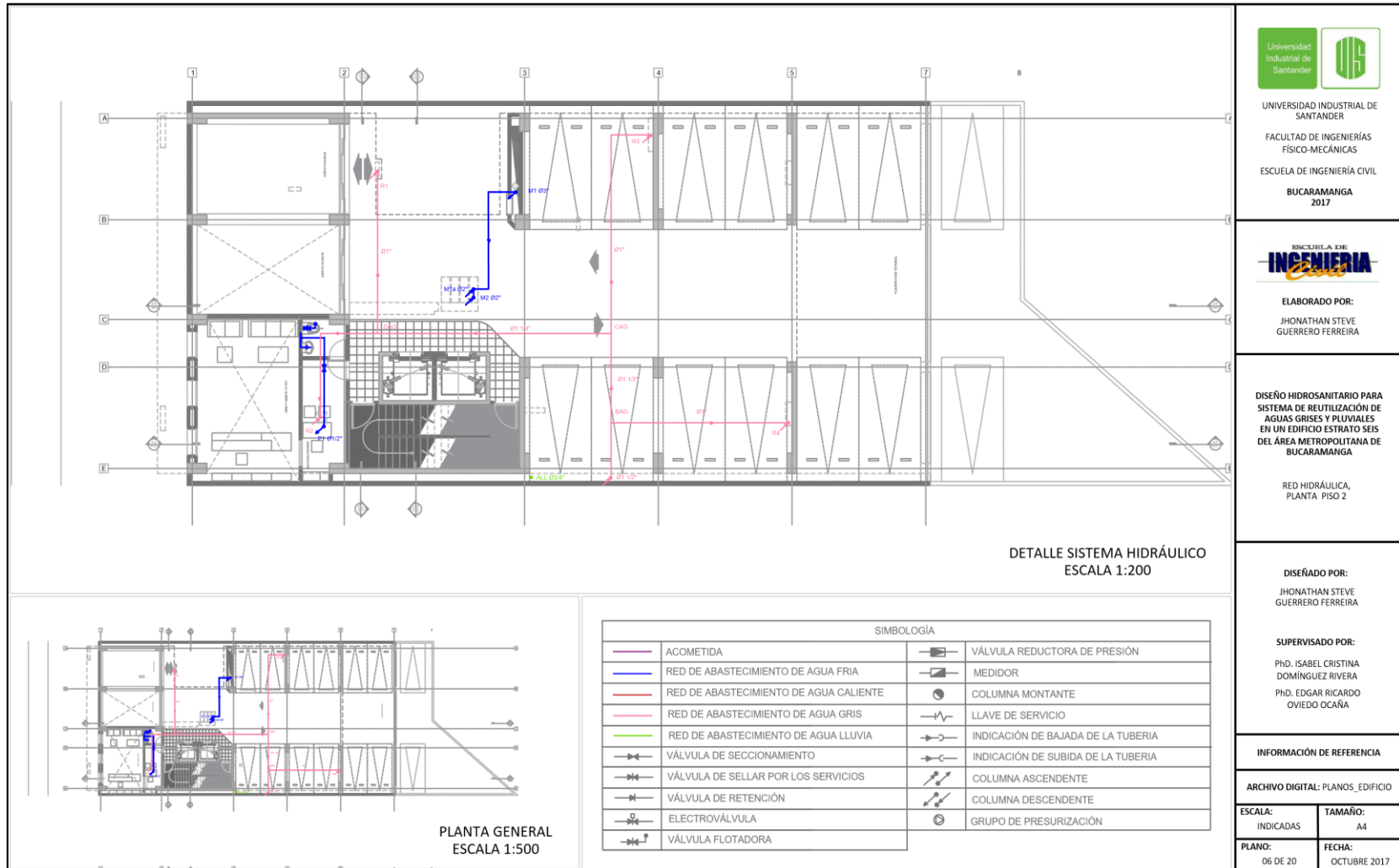
ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA PISO 1

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y LLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA PISO 2

DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

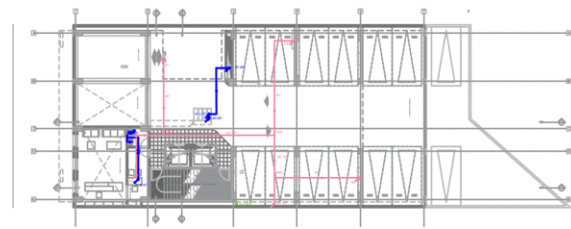
SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

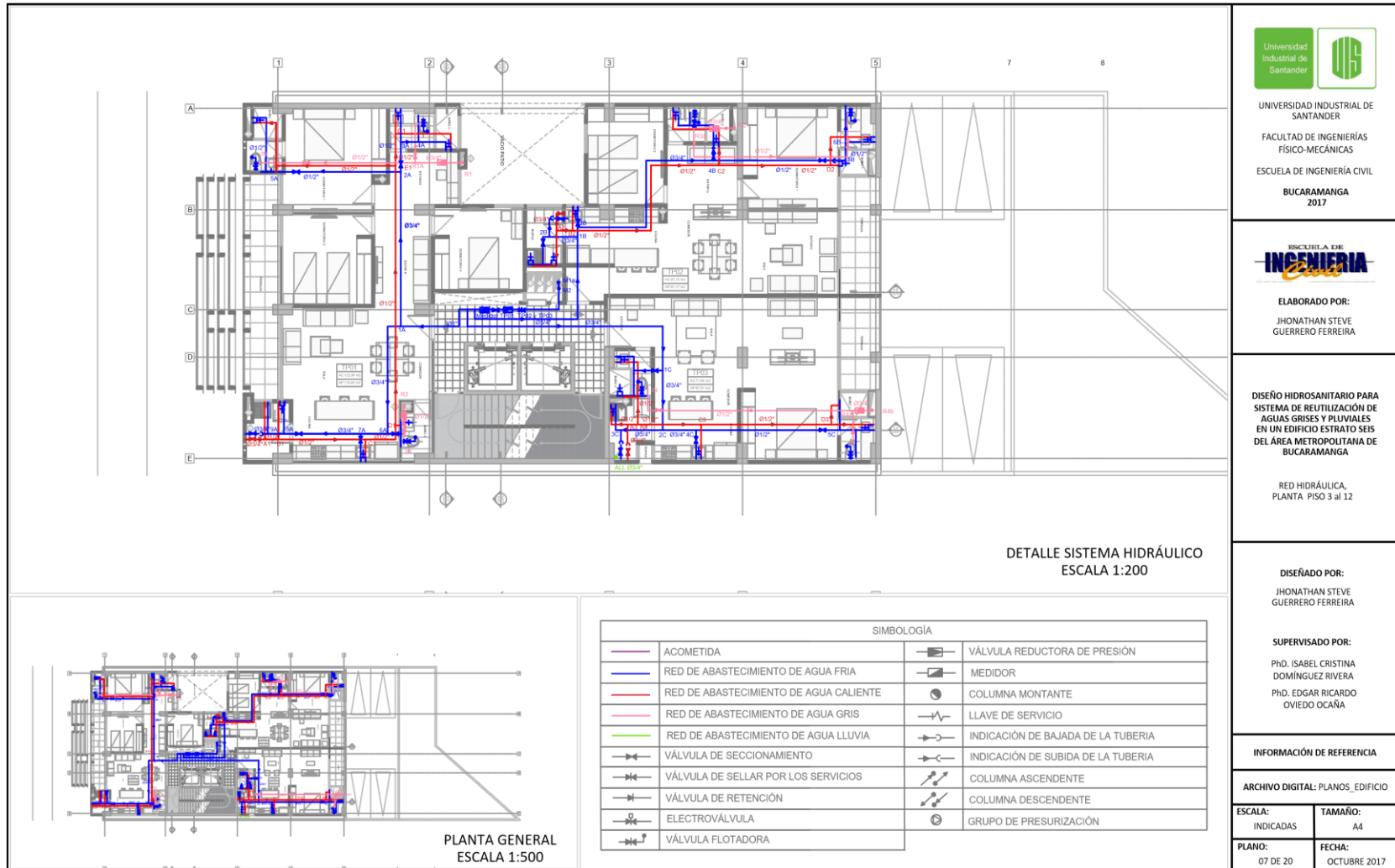
ESCALA: INDICADAS TAMAYO: A4

PLANO: 06 DE 20 FECHA: OCTUBRE 2017



PLANTA GENERAL ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA			
	ACOMETIDA		VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA		MEDIDOR
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE		COLUMNA MONTANTE
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS		LLAVE DE SERVICIO
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA		INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO		INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS		COLUMNA ASCENDENTE
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		COLUMNA DESCENDENTE
	ELECTROVÁLVULA		GRUPO DE PRESURIZACIÓN
	VÁLVULA FLOTADORA		



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA PISO 3 al 12

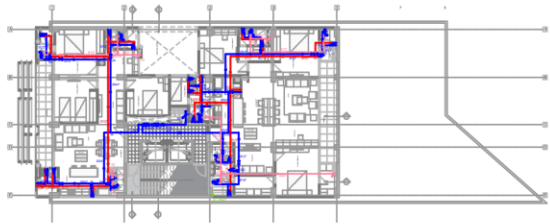
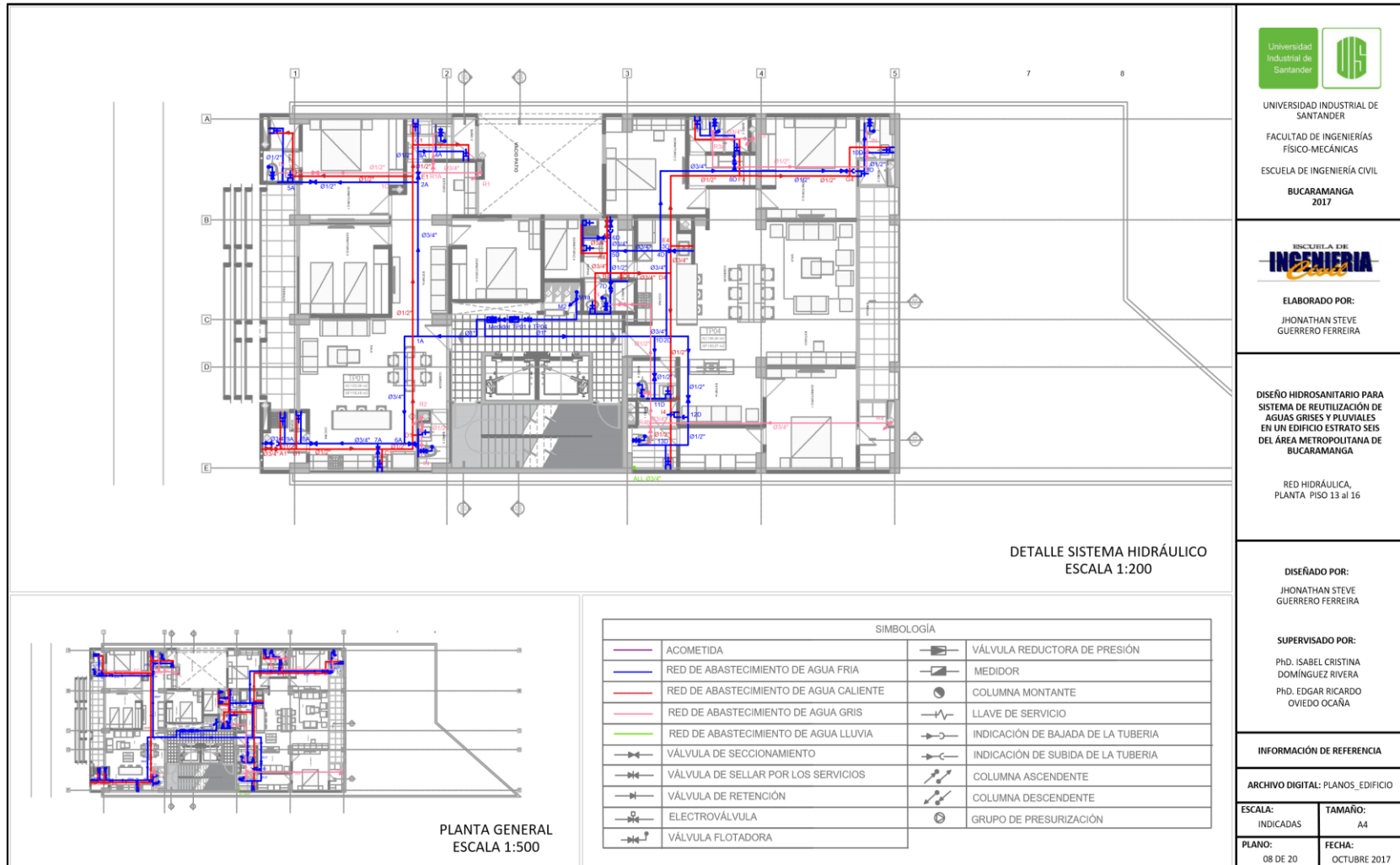
DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 07 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
ACOMETIDA	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA	MEDIDOR
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE	COLUMNA MONTANTE
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS	LLAVE DE SERVICIO
RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA	INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERIA
VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO	INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERIA
VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS	COLUMNA ASCENDENTE
VÁLVULA DE RETENCIÓN	COLUMNA DESCENDENTE
ELECTROVÁLVULA	GRUPO DE PRESURIZACIÓN
VÁLVULA FLOTADORA	



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA,
PLANTA PISO 13 al 16

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

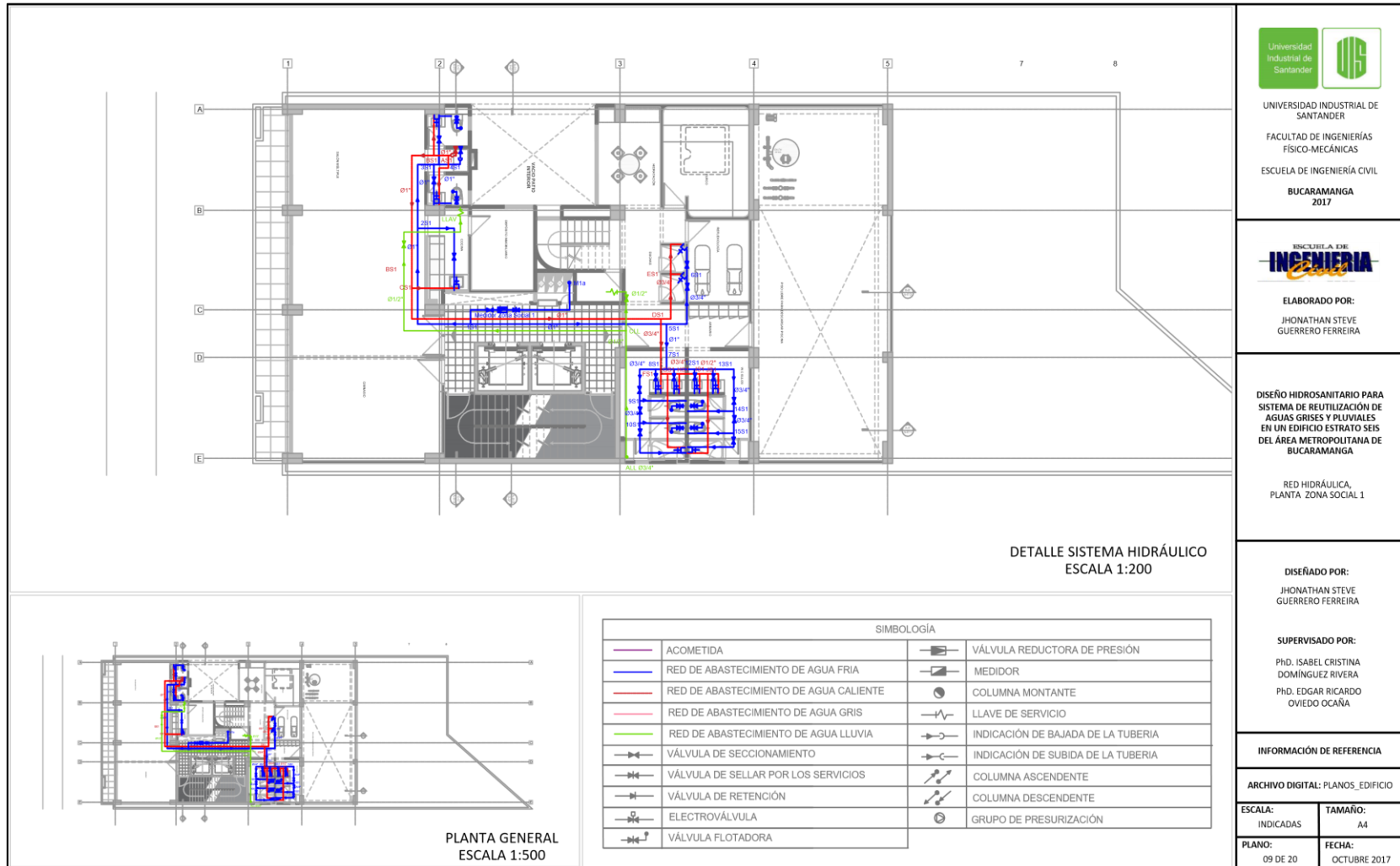
SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
----------------------	---------------

PLANO: 08 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017
--------------------	------------------------



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA ZONA SOCIAL 1

DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

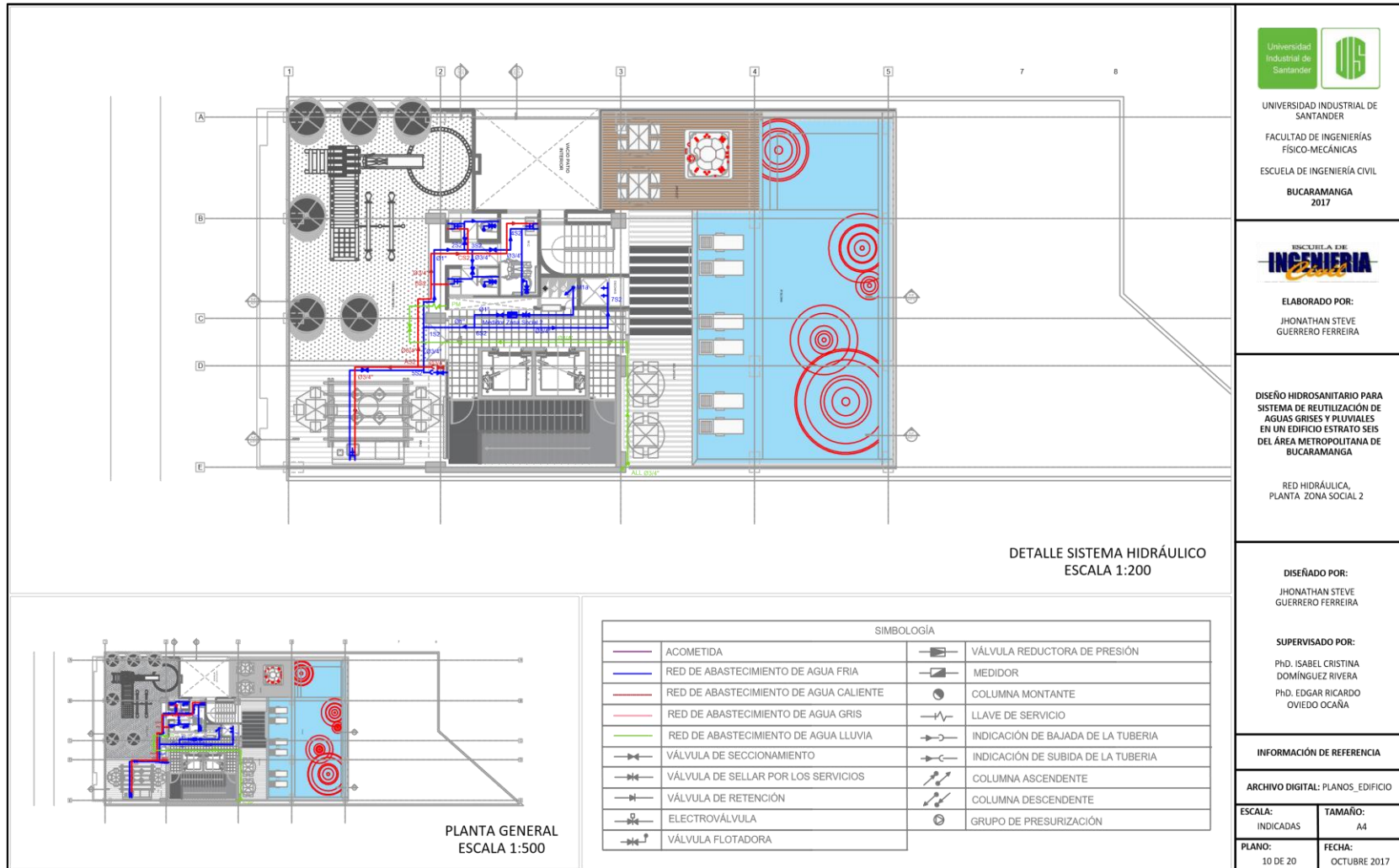
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA:
 INDICADAS

TAMAÑO:
 A4

PLANO:
 09 DE 20

FECHA:
 OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA
 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED HIDRÁULICA, PLANTA ZONA SOCIAL 2

DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

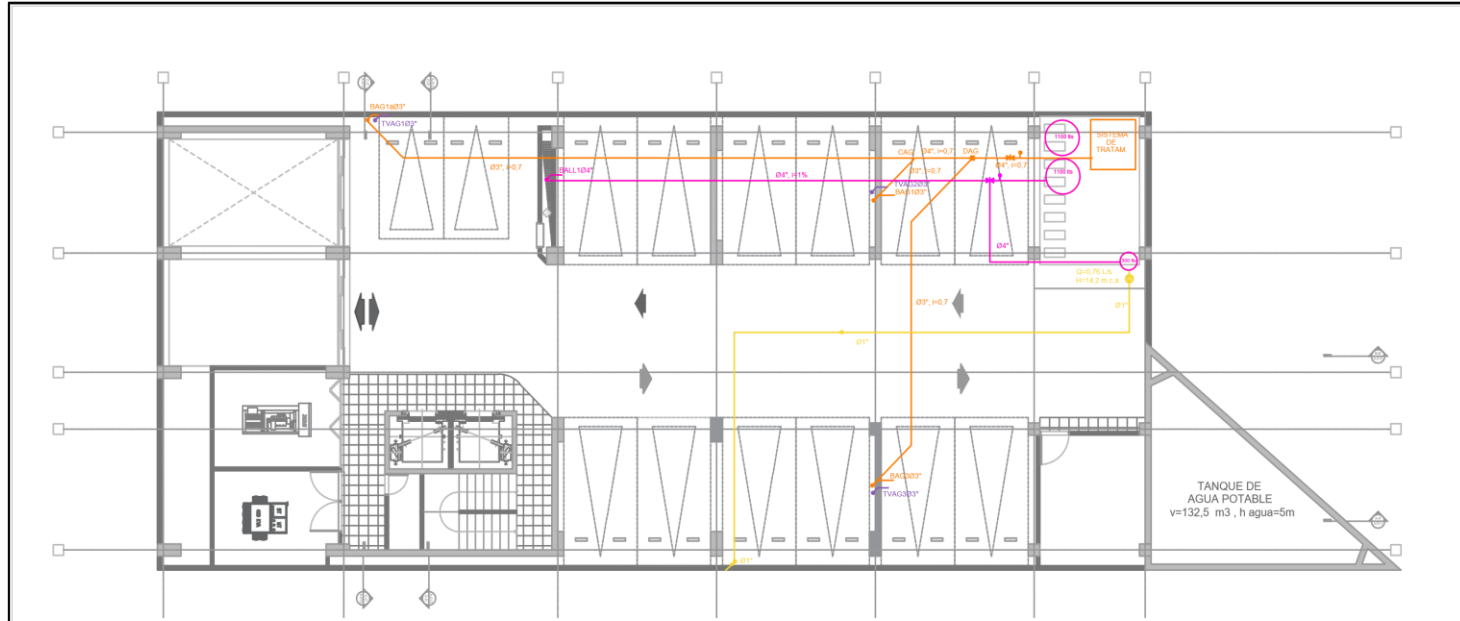
SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

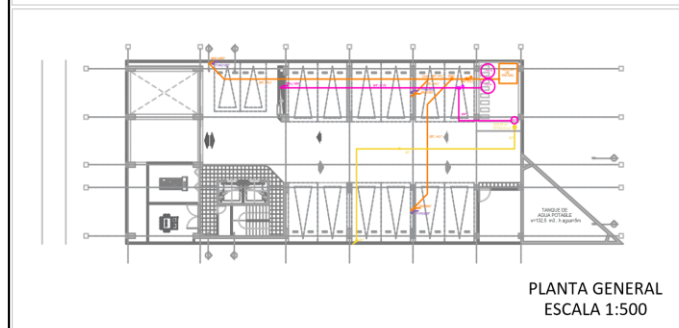
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 10 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017

SIMBOLOGÍA			
	ACOMETIDA		VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA FRIA		MEDIDOR
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE		COLUMNA MONTANTE
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA GRIS		LLAVE DE SERVICIO
	RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA		INDICACIÓN DE BAJADA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO		INDICACIÓN DE SUBIDA DE LA TUBERIA
	VÁLVULA DE SELLAR POR LOS SERVICIOS		COLUMNA ASCENDENTE
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		COLUMNA DESCENDENTE
	ELECTROVÁLVULA		GRUPO DE PRESURIZACIÓN
	VÁLVULA FLOTADORA		



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAÑANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAÑANTE DE AGUA GRIS
	BAÑANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA SÓTANO 3

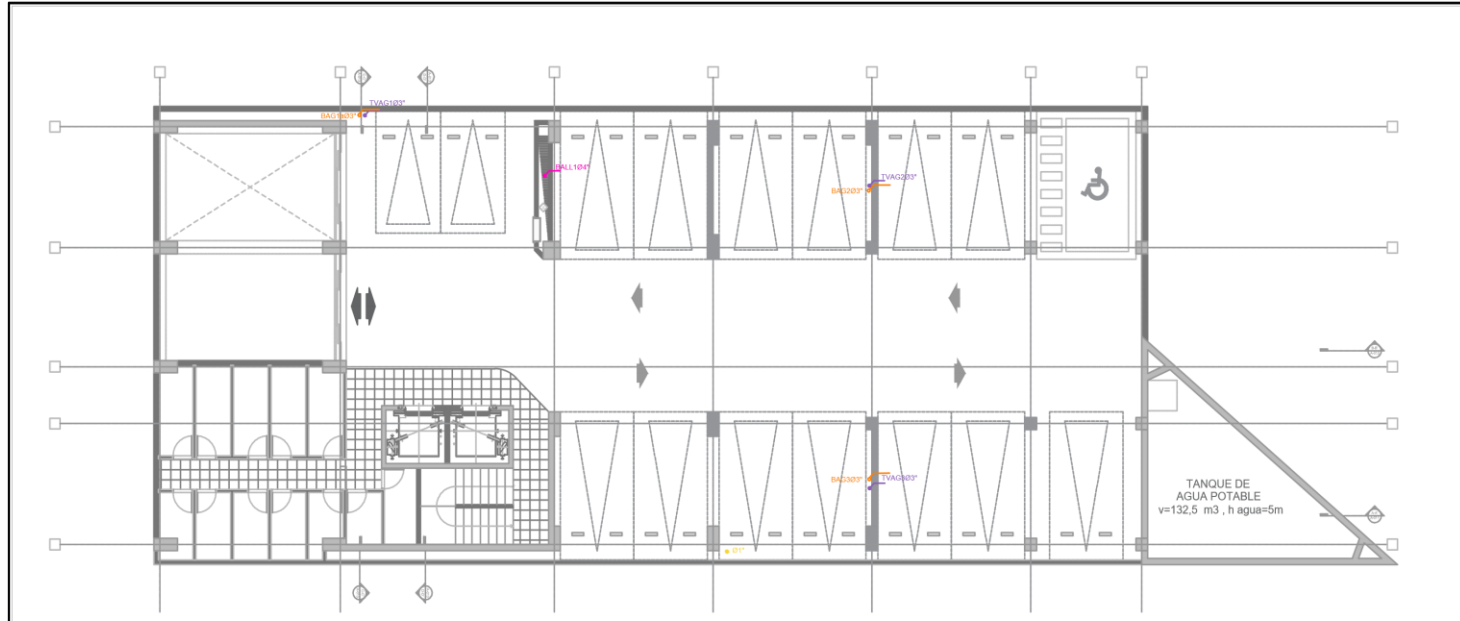
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

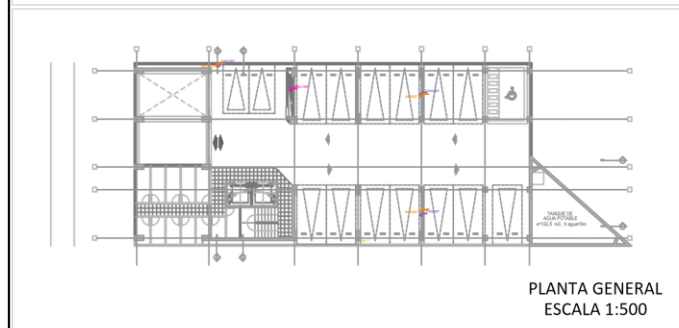
INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 11 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA SÓTANO 2

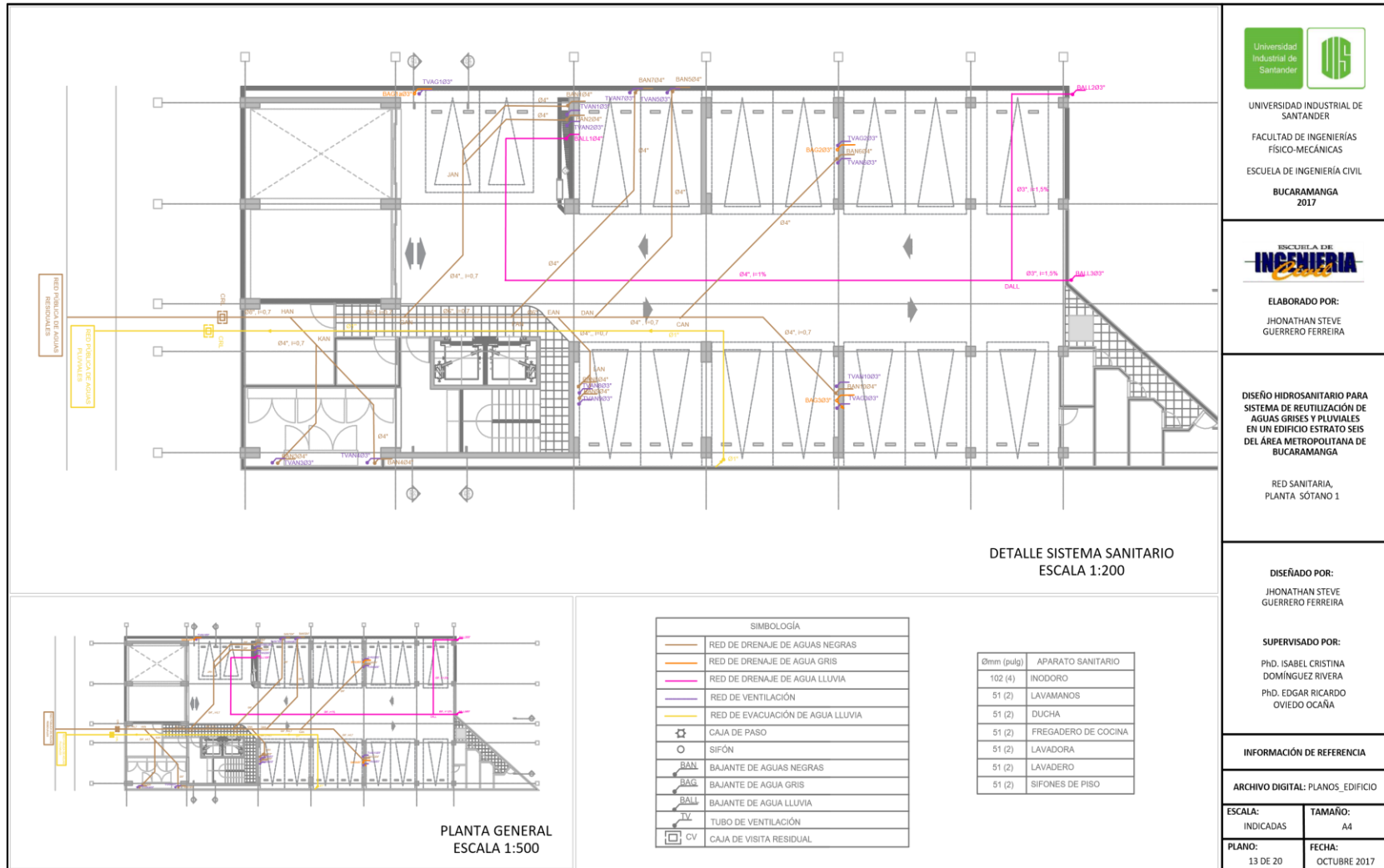
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 12 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA SÓTANO 1

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

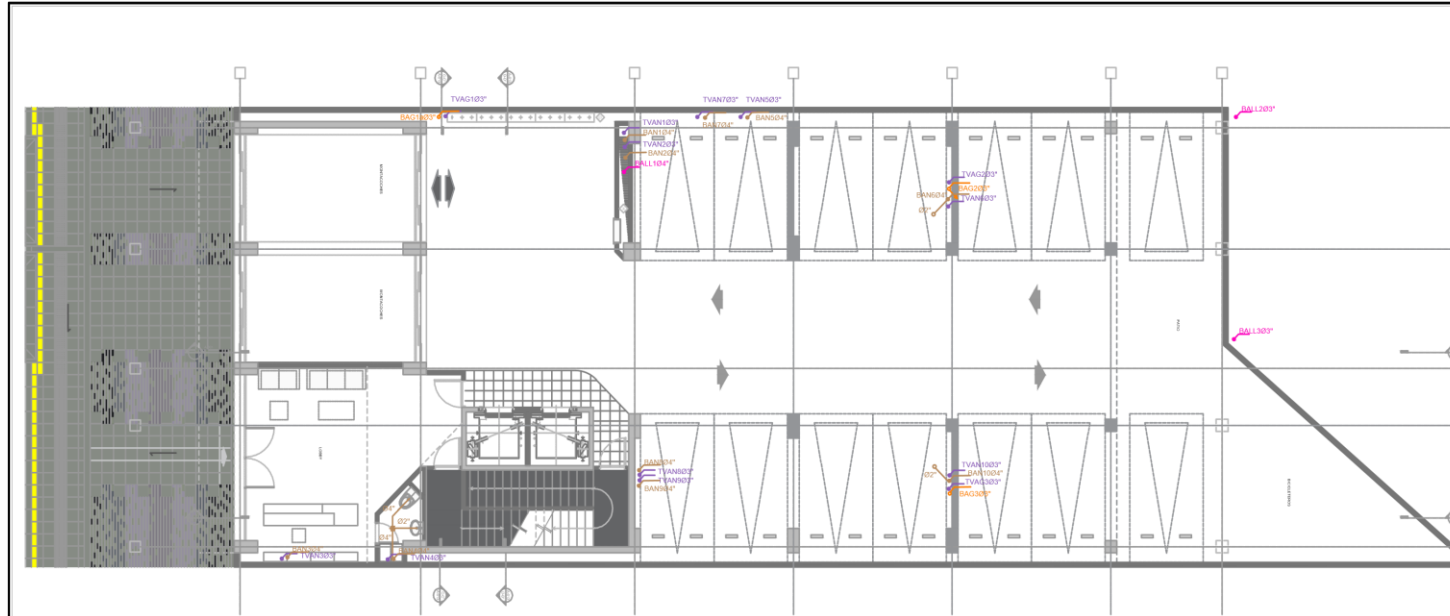
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA:
INDICADAS

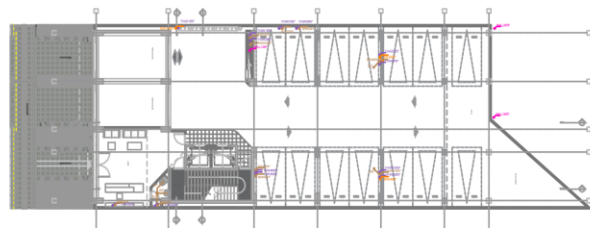
TAMAÑO:
A4

PLANO:
13 DE 20

FECHA:
OCTUBRE 2017



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA PISO 1

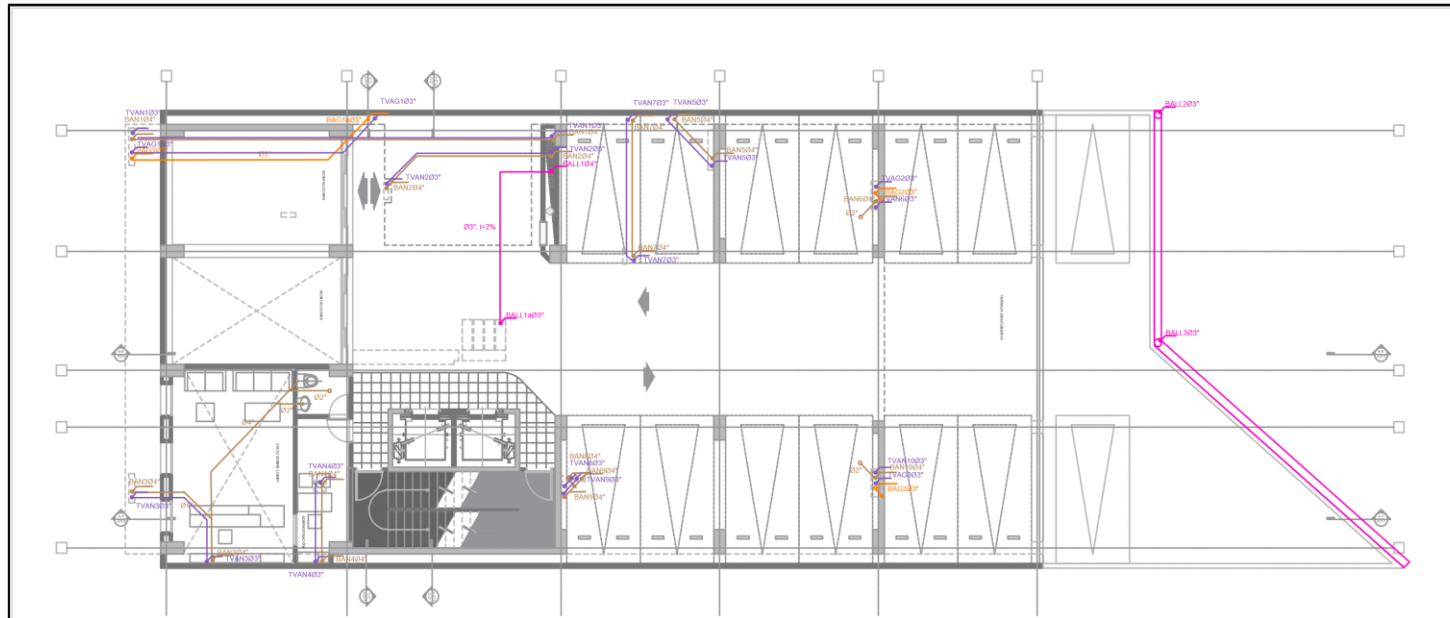
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

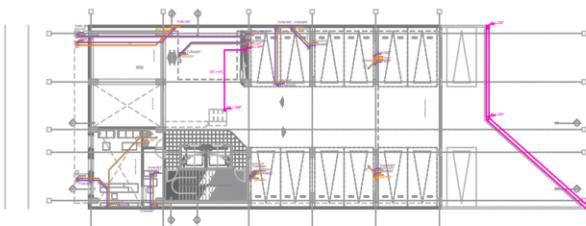
INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 14 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA PISO 2

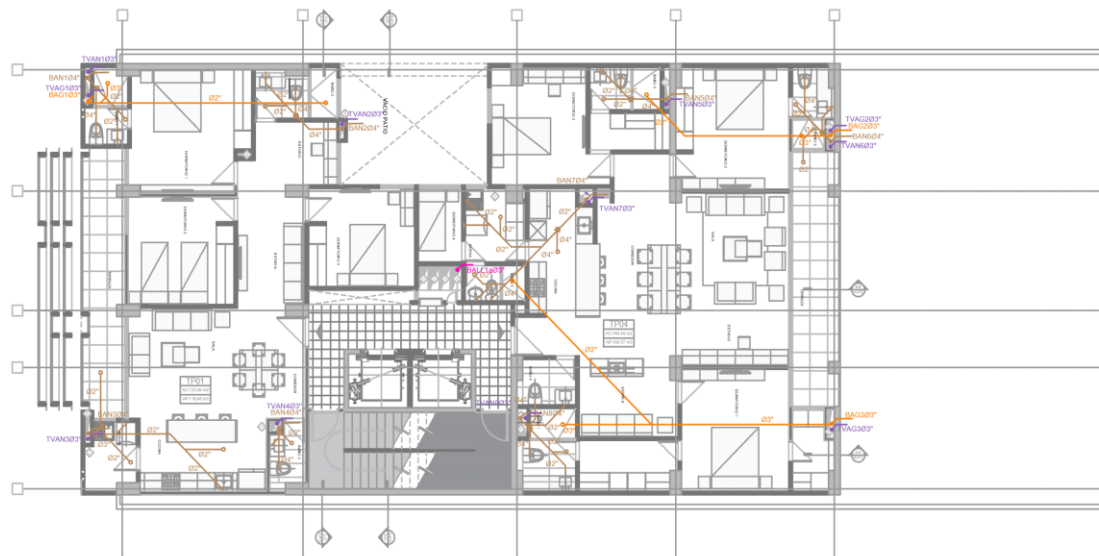
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

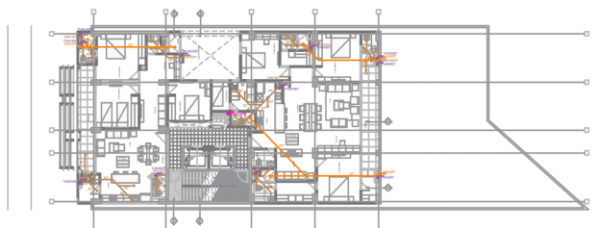
INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 15 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
PLANTA PISO 13 al 16

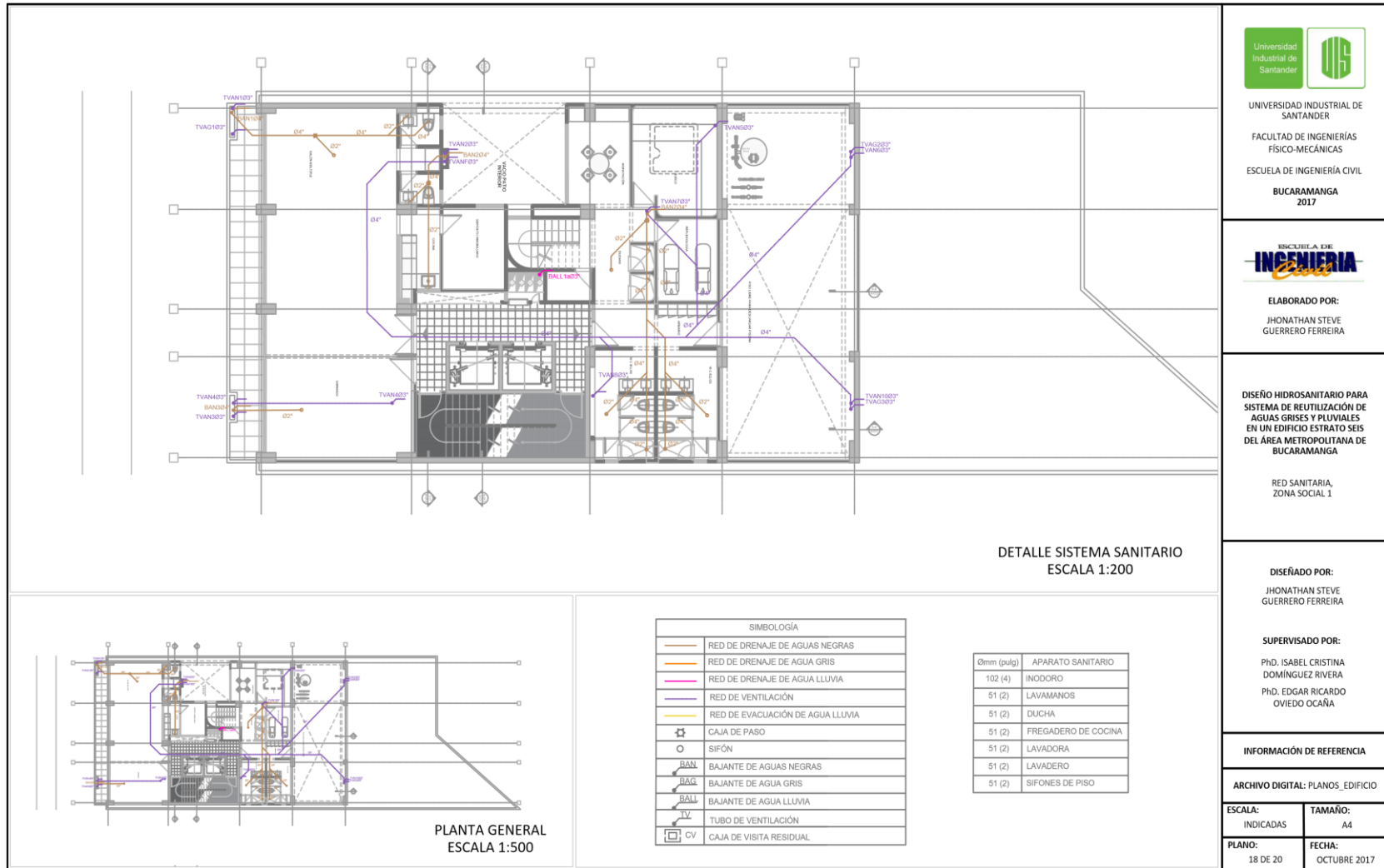
DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 17 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 BUCARAMANGA
 2017



ELABORADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA, ZONA SOCIAL 1

DISEÑADO POR:
 JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
 PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
 PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

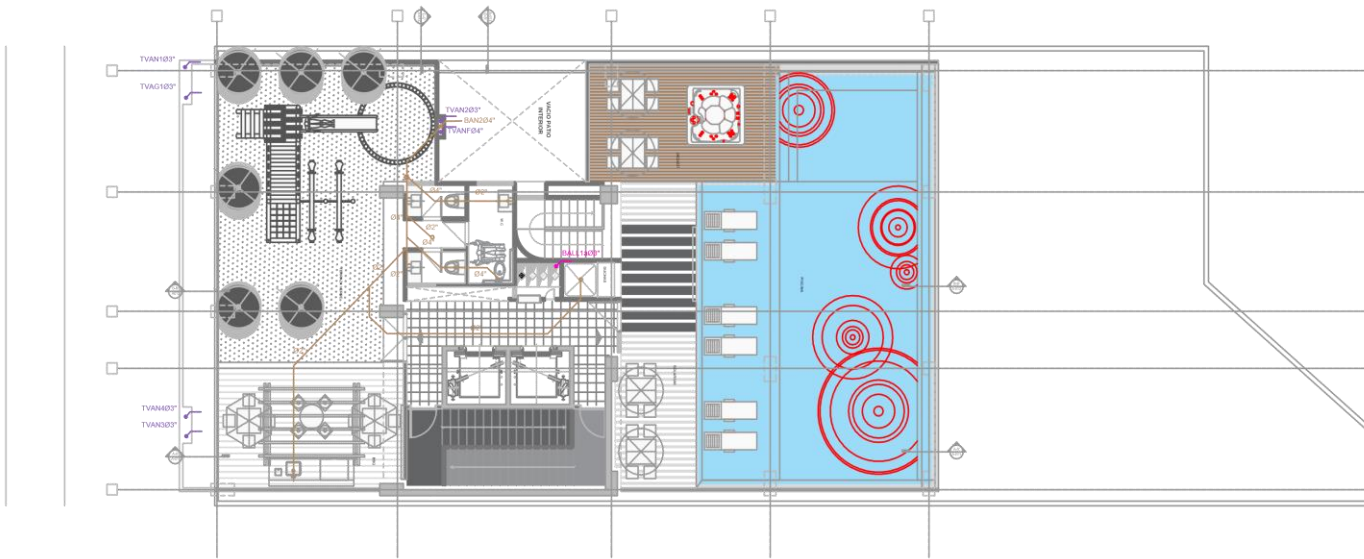
ESCALA: INDICADAS	TAMAÑO: A4
PLANO: 18 DE 20	FECHA: OCTUBRE 2017

DETALLE SISTEMA SANITARIO
 ESCALA 1:200

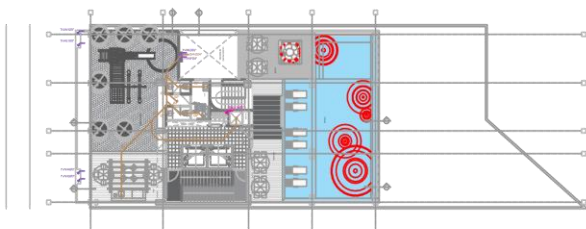
PLANTA GENERAL
 ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg.)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA,
ZONA SOCIAL 2

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

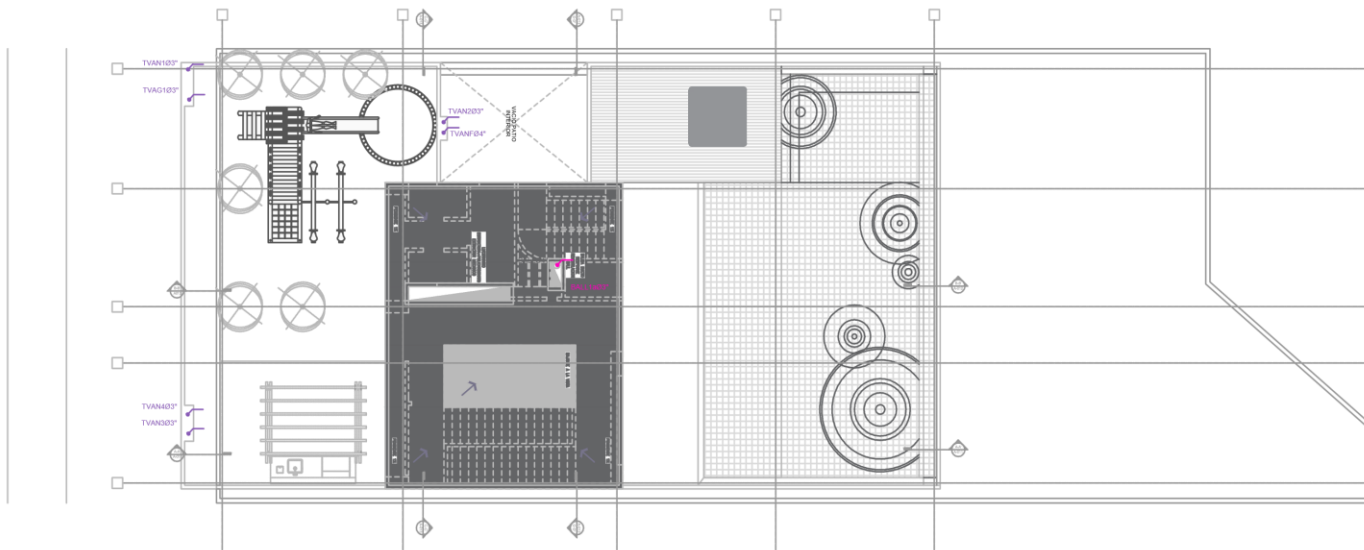
ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA:
INDICADAS

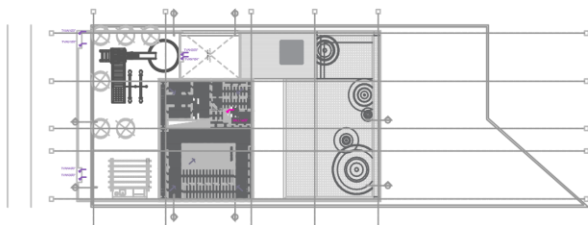
TAMAÑO:
A4

PLANO:
19 DE 20

FECHA:
OCTUBRE 2017



DETALLE SISTEMA SANITARIO
ESCALA 1:200



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE DE AGUAS NEGRAS
	RED DE DRENAJE DE AGUA GRIS
	RED DE DRENAJE DE AGUA LLUVIA
	RED DE VENTILACIÓN
	RED DE EVACUACIÓN DE AGUA LLUVIA
	CAJA DE PASO
	SIFÓN
	BAJANTE DE AGUAS NEGRAS
	BAJANTE DE AGUA GRIS
	BAJANTE DE AGUA LLUVIA
	TUBO DE VENTILACIÓN
	CAJA DE VISITA RESIDUAL

Ømm (pulg)	APARATO SANITARIO
102 (4)	INODORO
51 (2)	LAVAMANOS
51 (2)	DUCHA
51 (2)	FREGADERO DE COCINA
51 (2)	LAVADORA
51 (2)	LAVADERO
51 (2)	SIFONES DE PISO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2017



ELABORADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS Y PLUVIALES EN UN EDIFICIO ESTRATO SEIS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

RED SANITARIA, CUBIERTA SUPERIOR

DISEÑADO POR:
JHONATHAN STEVE GUERRERO FERREIRA

SUPERVISADO POR:
PHD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA
PHD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

ARCHIVO DIGITAL: PLANOS_EDIFICIO

ESCALA: INDICADAS TAMAÑO: A4

PLANO: 20 DE 20 FECHA: OCTUBRE 2017

ANEXO 22. Determinación de bombas para el abastecimiento de agua tratada a través del product center de Grundfos para Colombia.

Se realizó a partir de lo expuesto en (Pérez, 2001)³⁰ tomando como referencia la ciudad de Bucaramanga.

Altura máxima de succión (m.c.a)	5.655
Pérdida por temperatura	0.364
Pérdida por altura nivel del mar	1.22
Pérdida por depresiones barométricas (Steel)	0.36
Pérdida por vacío imperfecto de la bomba (Steel)	2.4
Pérdida por fricción y accesorios	0.3
Pérdida por velocidad	0.031
<hr/>	
Altura de succión estática	-0.7
Altura de succión dinámica	-0.4
NPSH Disponible (m.c.a)	9.115
<hr/>	
Impulsión (Obtenida para la ruta crítica evidenciada en el Anexo 21b)	77.60
Altura Dinámica Total (m.c.a)	76.90
<hr/>	
Caudal (l/s)	2.039
Eficiencia (%)	65
Potencia requerida (HP)	3.1

³⁰ Pérez, C. Rafael. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá D.C. Eco ediciones. 2001.

Para la selección del equipo:

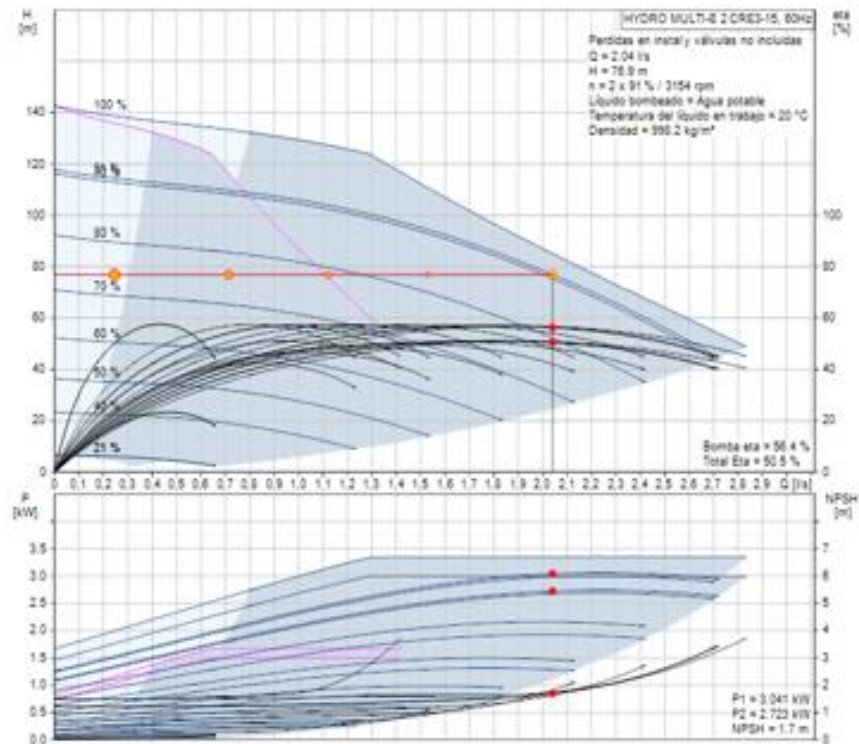
De 76 a 150 salidas (Anexo 21b)	
Factor multiplicador ²⁵	0.33
Salidas	102
Capacidad del equipo (gal/min)	33.66
Q on 33.66 gal/min	33.66
Q off 25% Qon	8.42
Q medio (gal/min)	21.04
Volumen de regulación (gal)	15.78
Volumen de regulación (litros)	59.73
F (20-40 psi)	2.73
Volumen del tanque (litros)	163.1
Utilización	Aguas grises
Volumen (m3/año)	1674.2
Altura dinámica Total	76.9
Caudal (m3/s)	0.00204
Tiempo (h/año)	228.1
Eficiencia (%)	65.0
Potencia (W)	2366.5
Potencia (HP)	3.2

A través del product center de Grundfos para Colombia se obtuvo el gasto energético del sistema de bombeo más acorde a lo determinado anteriormente:

Resultado dimension.

Tipo	HYDRO MULTI-E 2 CRE3-15
	121
Cantidad * Motor	2 * 1.5 kW

Caud	2.04	lit
Ligra a	93	%
H total	76.95	m
Pot. P1	3.041	kW
Pot. P2	2.723	kW
BombaEta	56.4	%
Motor Eta	89.5	%
Bomb+motor Eta	50.5	% =Bomba Eta *motor Eta
Total Eta	50.5	%
Caudal tot	2324	m ³ /año
Consumo energia	1067	kWh/año
Prec.	Bajo pedido	
Precio+Costes energ.	Bajo pedido	/10Años



Altura máxima de succión (m.c.a)	5.655
Pérdida por temperatura	0.364
Pérdida por altura nivel del mar	1.22
Pérdida por depreciaciones barométricas (Steel)	0.36
Pérdida por vacío imperfecto (Steel)	2.4
Pérdida por fricción y accesorios	0.3
Pérdida por velocidad	0.031

Altura de succión estática	-0.8
Altura de succión dinámica	-0.5
NPSH Disponible (m.c.a)	9.215
Impulsión	64.81
Altura Dinámica Total (m.c.a)	64.01
Caudal (l/s)	0.25
Eficiencia (%)	65
Potencia (HP)	0.3

Hasta 30 salidas

Factor multiplicador	0.55
Salidas	3
Capacidad del equipo (gal/min)	1.65
Q on 179.28 gal/min	1.65
Q of 25% Qon	0.41
Q medio (gal/min)	1.03
Volumen de regulación (gal)	0.77
Volumen de regulación (litros)	2.93
F (20-40 psi)	2.73
Volumen del tanque (Litros)	8.0

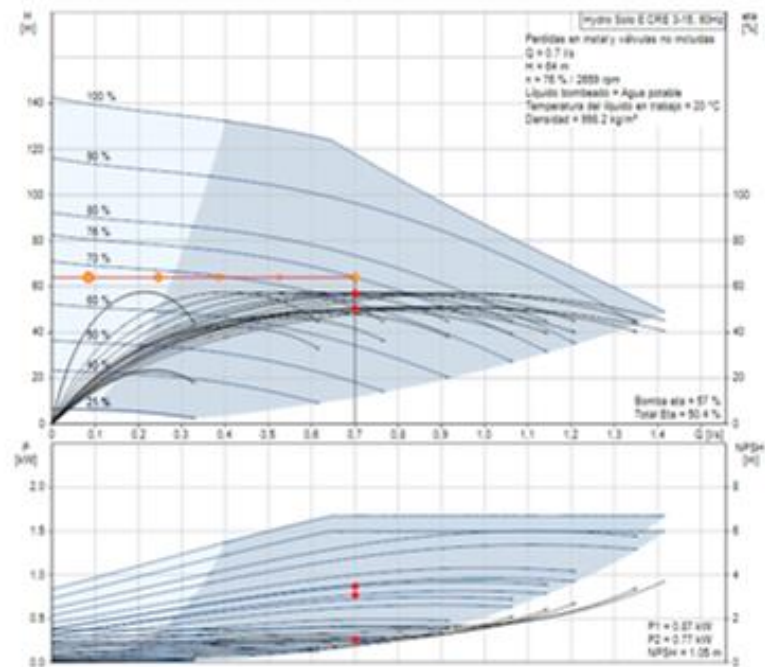
Utilización	Agua lluvia
Volumen (m3/año)	101.2
Altura dinámica Total	64.0
Caudal (m3/s)	0.00025
Tiempo (h/año)	112.5
Eficiencia (%)	65.0
Potencia (W)	241.5
Potencia (HP)	0.3

Resultado dimension.

Tipo **Hydro Solo E CRE 3-15**
121

Cantidad * Motor 1 * 1.5 kW

Caudal 0.7 l/s
H total 64.02 m
Pot. P1 0.87 kW
Pot. P2 0.77 kW
Bomba/Eta 57.0 %
Motor Eta 88.5 %
Bomb+motor Eta 50.4 % =Bomba Eta *motor Eta
Total Eta 50.4 %
Caudal tot 101 m³/año
Consumo energia 54 kWh/año
Prec. Bajo pedido
Precio+Costes energ Bajo pedido /10Años

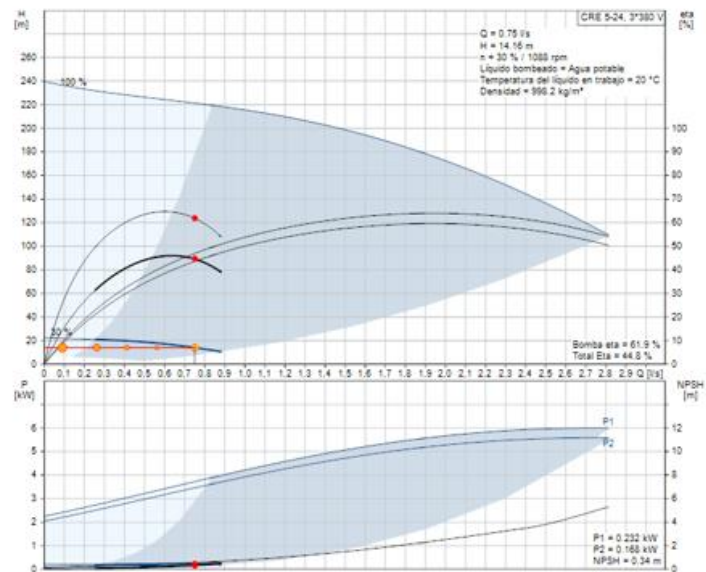


Caudal (l/s)	0.76
Diámetro (in)	1.00
Diámetro (mm)	25.40
Velocidad (m/s)	1.48
Longitud (m)	45.67
1,2*L (m)	54.80
j (m/m)	0.10
J (m.c.a)	5.37
H geométrica (m)	8.78
Altura dinámica total (m.c.a)	14.15

Desagüe de agua lluvia	
Volumen (m3/año)	93.54
Altura dinámica Total	14.15
Caudal (m3/s)	0.00076
Tiempo (h/año)	34.19
Eficiencia	65
Potencia (Vatios)	162.30
Potencia Requerida (HP)	0.22

Resultado dimension.

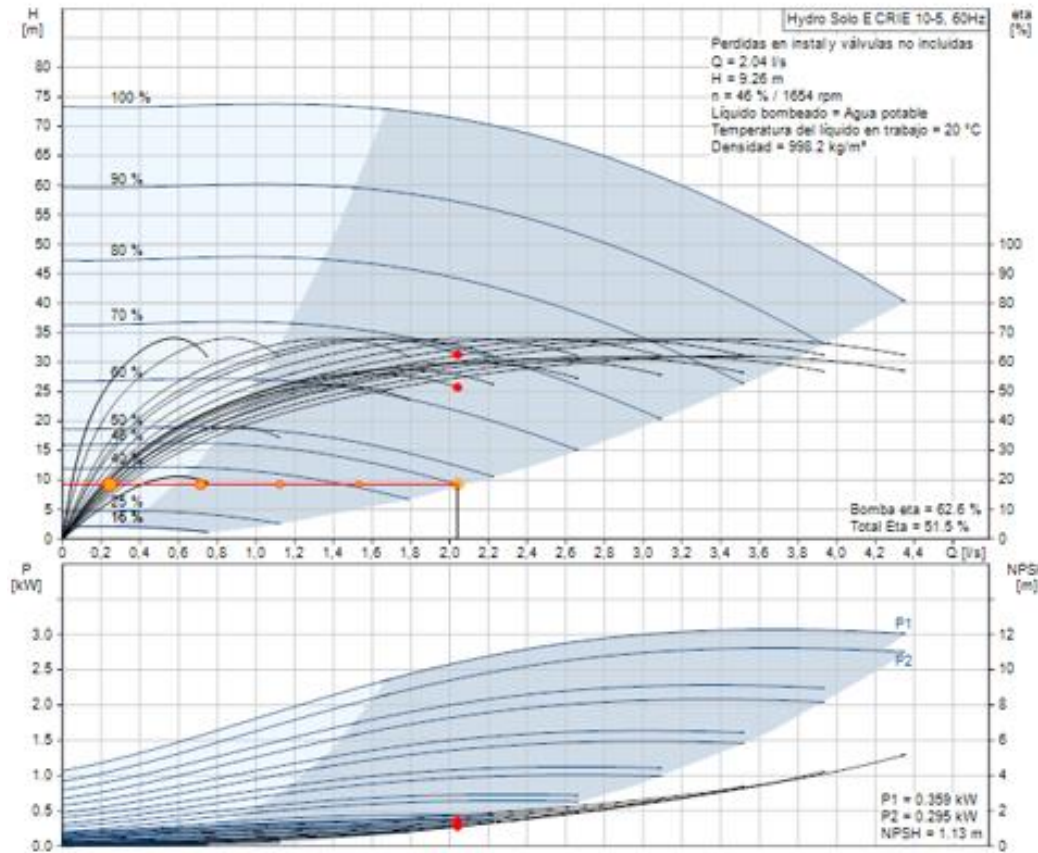
Tipo	CRE 5-24
Cantidad * Motor	1 * 5.5 kW
Caud	0.75 l/s
H total	14.16 m
Pot. P1	0.232 kW
Pot. P2	0.168 kW
BombaEta	61.9 %
Motor Eta	72.5 %
Bomb+motor Eta	44.8 % =Bomba Eta *motor Eta
Total Eta	44.8 %
Caudal tot	118 m3/año
Consumo energía	14 kWh/año
Prec.	Bajo pedido
Precio+Costes energ.	Bajo pedido /10Años



ANEXO 23. Comparación entre bombear directamente al sanitario y bombear primero a un tanque alto.

Parámetros	Alternativa 1	Alternativa 2	
Tramo	IN - T2	IN - T1	T1 - T2
Caudal (l/s)	2.039	2.04	1.00
Diámetro (in)	1.5	1.50	1.25
Diámetro (mm)	38.1	38.10	31.75
Velocidad (m/s)	1.78	1.78	1.26
Longitud (m)	56	36.67	41.81
1.2*L (m)	67.2	44.00	50.17
Pérdidas (m/m)	0.07	0.07	0.05
Δh (m)	4.37	2.86	2.26
Altura geométrica (m)	58.14	-3.60	61.20
Altura manométrica aguas abajo (m.c.a)	10.00	10.00	5.00
Altura manométrica aguas arriba (m.c.a)	72.51	9.26	68.46
Volumen (m ³ /año)	1674.17	1674.17	1674.17
Altura dinámica Total	72.51	9.26	68.46
Caudal (m ³ /s)	0.002039	0.002039	0.0006
Tiempo (h/año)	228.08	228.08	775.08
Eficiencia	65	65	65
Potencia Requerida (Vatios)	2231.37	284.96	619.93
Potencia Requerida (HP)	2.99	0.38	0.83
Producto Grundfos		HYDRO SOLO E CRIE 10-5 HQQE	CME 3-7 A-R-G-E-AVBE
	HYDRO MULTI-E 2 CRE 3 – 15		
Gasto energético (KWh/año)	1067.0	152.0	1020.0
Total gasto energético (KWh/año)	1067.0		1172.0
Tarifa (COP/KWh)	528.83		528.83
Costo (KWh/año)	564,262		619,789

T2: Tanque de almacenamiento ubicado en el sótano 3, T1: Tanque alto ubicado en las zonas superiores del edificio, IN: Sanitario más alejado del tanque de almacenamiento.

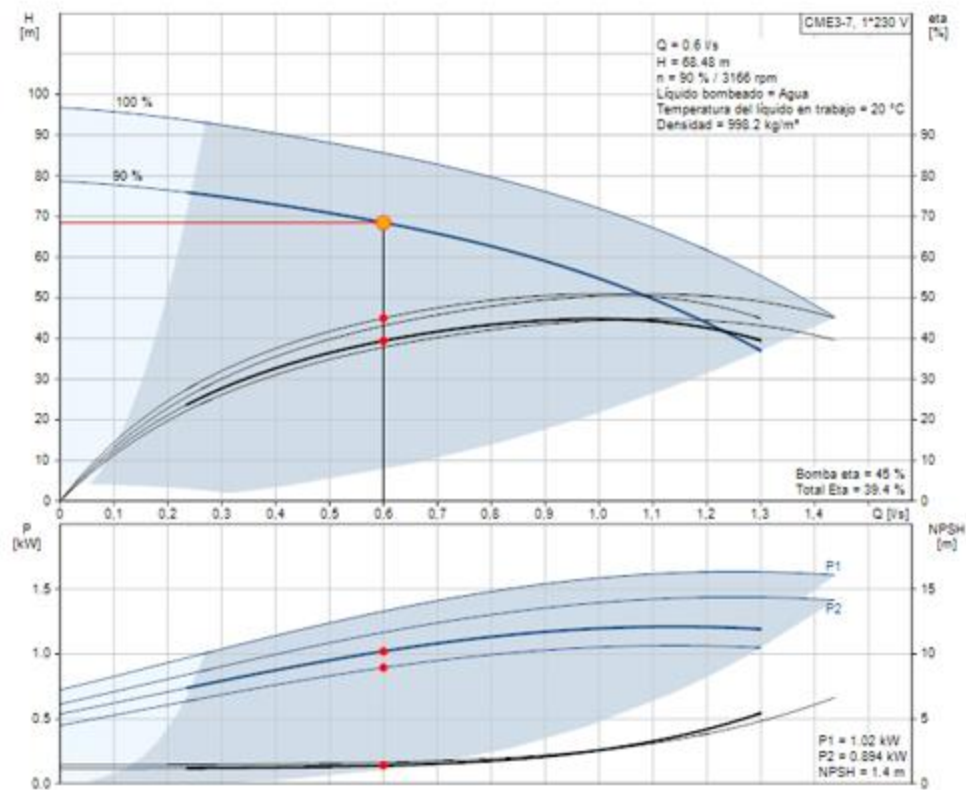


Resultado dimension.

Tipo	Hydro Solo E CRIE 10-5
	33 l
Cantidad * Motor	1 * 3 kW

Caudal	2.04 l/s
H total	9.274 m
Pot. P1	0.359 kW
Pot. P2	0.295 kW
BombaEta	62.6 %
Motor Eta	82.2 %
Bomb+motor Eta	51.5 % =Bomba Eta *motor Eta
Total Eta	51.5 %
Caudal tot	2324 m ³ /año
Consumo energía	152 kWh/Año
Prec.	Bajo pedido
Precio+Costes energ.	Bajo pedido /10Años
Cte ciclo vital	/10Años





Resultado dimension.

Tipo	CME3-7
Cantidad * Motor	1 * 1.5 kW
Caudal	0.6 l/s
H total	68.48 m
Pot. P1	1.02 kW
Pot. P2	0.894 kW
BombaEta	45.0 %
Motor Eta	87.6 %
Bomb+motor Eta	39.4 % =Bomba Eta *motor Eta
Caudal tot	2160 m³/año
Consumo energia	1020 kWh/Año
Prec.	Bajo pedido
Precio+Costes energ.	Bajo pedido /10Años

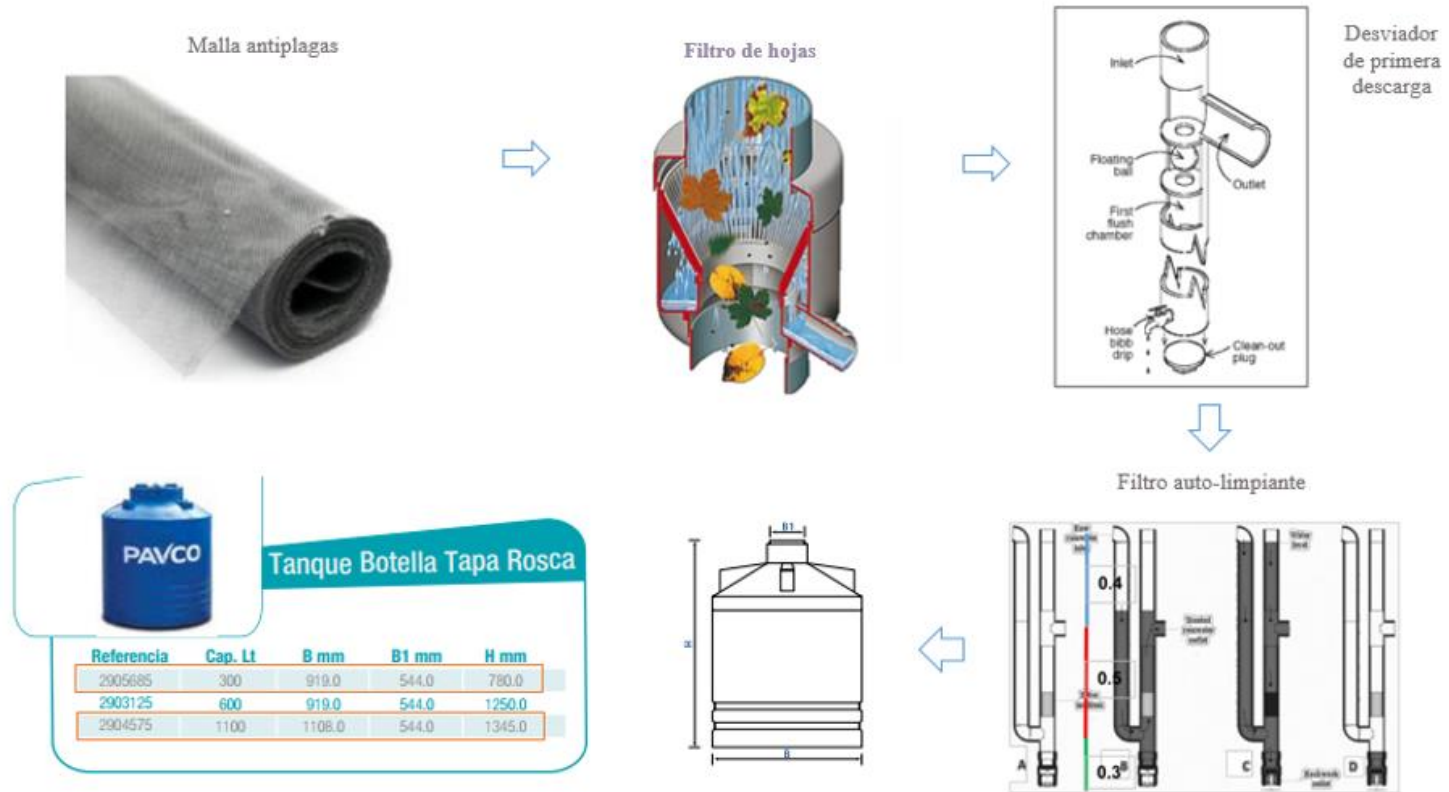


Fuente: Autor, adaptado de (Rafael, 2001)³¹, tomado de Grundfos para Colombia³²

³¹ Pérez, C. Rafael. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá D.C. Eco ediciones. 2001.

³² Disponible en <http://co.grundfos.com/> [Accedido: agosto-2017]

ANEXO 24. Sistema de captación, tratamiento y almacenamiento del agua lluvia.



Fuente: Tomado de (Rivera y Zaraza, 2015)³³

³³ Rivera-Sánchez, M., & Zaraza-Peña, J. Factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del A.M. de Bucaramanga. Bucaramanga. 2015. 157 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil). Universidad Industrial de Santander.

ANEXO 25. Sistema de tratamiento y almacenamiento de aguas grises.



Sr./es:
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 Ingeniería Civil
 BUCARAMANGA, SANTANDER (COLOMBIA)
 AL: Jonathan Steve Guerrero Ferreira
 E-mail: jonathansgf1995@gmail.com

COTIZACIÓN

Item	Cant.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	1	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES para reuso de aguas tratadas en inodoros y riegos. Compuesto por: - Trampa de sólidos para de aguas grises. - Cámara de pretratamiento con aireación extendida programada y sistema de control de niveles. - Cámara de filtración y desinfección automática con autolimpieza programada. - Gabinete con sistema de automatización y protecciones. Caudal máximo: 0.5 m3/hora. Caudal diario: 6 m3 Modelo: RECYCLA-2 – Marca: METERTECH NOTA: No incluye cisterna de almacenamiento de aguas tratada.	USD 4900.00	USD 4900.00
2	1	Flete aéreo. Destino: Aeropuerto de Bogotá (Colombia)	USD 330.00	USD 330.00
3	1	Seguro	USD 80.00	USD 80.00
4	1	Gastos locales	USD 280.00	USD 280.00
TOTAL			USD 6240.00	USD 6240.00

Validez de la oferta: 30 días.

Forma de pago: 50% con orden de compra y resto previo al despacho.

Plazo de entrega: Dentro de los 30 días a partir de la orden de compra.

Lugar de entrega: CIF Aeropuerto de Bogotá (Colombia).

Observaciones: Los precios están expresados en DOLARES US.



Componentes del sistema



Conexiones cisterna biológica



Sistema de filtración



Tablero de comando

Aplicación	Residencial	Servicios
CONTROL en el AGUA TRATADA		RESULTADOS
Turbidez (NTU)	< 2	< 10
E. Coll (UFC/100 ml)	No detectado	< 200
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ mg/L)	0.5 - 2.0	0.5 - 2.0
pH, si se adiciona cloro	7.0 - 8.0	7.0 - 8.0

Características de las aguas grises recicladas




Tanque de 3000 Litros

Fuente: Tomado de Metertech³⁴ y Rotoplast³⁵

³⁴ Disponible en <http://www.metertech.com.ar/> [Accedido: septiembre-2017]

³⁵ Disponible en <http://www.rotoplast.com.co/tanques-rotoplast-y-acuaplast/> [Accedido: septiembre-2017]

ANEXO 26 Presupuesto del diseño hidrosanitario original y el nuevo (que incluye el sistema de reúso).

Estimado de Presupuesto - Red hidrosanitaria							
Proyecto: Edificio estrato seis del A.M. de Bucaramanga Bucaramanga, Santander, Colombia Octubre 2017							
Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
1	Localización y Replanteo						
1.1	Localización	M2	8540.0	8574.0	\$ 1,050	\$ 8,967,000	\$ 9,002,700
1.2	Replanteo	M2	8540.0	8574.0	\$ 4,084	\$ 34,877,360	\$ 35,016,216
Subtotal						\$ 43,844,360	\$ 44,018,916
	Localización y Replanteo				Subtotal	\$ 43,844,360	\$ 44,018,916

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
2	Red Sanitaria						

2.1	Tubería						
2.1.1	Tubería Sanitaria PVC de Ø8" PAVCO	M	9.09	9.1	\$ 105,434	\$ 958,395	\$ 958,395
2.1.2	Tubería Sanitaria PVC de Ø6" PAVCO	M	19.29	19.3	\$ 58,607	\$ 1,130,529	\$ 1,130,529
2.1.3	Tubería Sanitaria PVC de Ø4" PAVCO	M	965.22	965.2	\$ 37,700	\$ 36,388,794	\$ 36,388,794
2.1.4	Tubería Sanitaria PVC de Ø3" PAVCO	M	88.12	88.1	\$ 29,226	\$ 2,575,395	\$ 2,575,395
2.1.5	Tubería Sanitaria PVC de Ø2" PAVCO	M	418.97	365.5	\$ 18,739	\$ 7,851,079	\$ 6,848,542
Subtotal						\$ 48,904,192	\$ 47,901,656

2.2	Accesorios						
2.2.1	Codo Sanitario PVC 45° Ø6" PAVCO	UN	3.0	3.0	\$ 45,109	\$ 135,327	\$ 135,327
2.2.2	Codo Sanitario PVC 45° Ø4" PAVCO	UN	242.0	242.0	\$ 14,751	\$ 3,569,742	\$ 3,569,742

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
2.2.3	Codo Sanitario PVC 45° Ø3" PAVCO	UN	62.0	62.0	\$ 13,916	\$ 862,792	\$ 862,792
2.2.4	Codo Sanitario PVC 45° Ø2" PAVCO	UN	303.0	196.0	\$ 7,051	\$ 2,136,453	\$ 1,381,996
2.2.5	Yee Sanitaria PVC Ø4" PAVCO	UN	155.0	155.0	\$ 27,000	\$ 4,185,000	\$ 4,185,000
2.2.6	Tapón de Pruebas Sanitarias Ø4" PAVCO	UN	10.0	10.0	\$ 2,200	\$ 22,000	\$ 22,000
2.2.7	Buje Soldado PVC Ø8"- 6"	UN	1.0	1.0	\$ 65,421	\$ 65,421	\$ 65,421
2.2.8	Buje Soldado PVC Ø6"- 4"	UN	4.0	4.0	\$ 45,878	\$ 183,512	\$ 183,512
2.2.9	Buje Soldado PVC Ø4"- 2"	UN	205.0	205.0	\$ 30,297	\$ 6,210,885	\$ 6,210,885
2.2.10	Buje Soldado PVC Ø3"- 2"	UN	28.0	28.0	\$ 17,358	\$ 486,024	\$ 486,024
2.2.11	Soporte para Tubería Sanitaria Ø6" VARESE	UN	5.0	5.0	\$ 7,136	\$ 35,680	\$ 35,680
2.2.12	Soporte para Tubería Sanitaria Ø4" VARESE	UN	90.0	90.0	\$ 4,972	\$ 447,480	\$ 447,480
2.2.13	Soporte para Tubería Sanitaria Ø3" VARESE	UN	88.0	88.0	\$ 3,136	\$ 275,968	\$ 275,968
2.2.14	Soporte para Tubería Sanitaria Ø2" VARESE	UN	365.0	365.0	\$ 1,300	\$ 474,500	\$ 474,500
Subtotal						\$ 19,090,784	\$ 18,336,327

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
	Red Sanitaria				Subtotal	\$ 67,994,976	\$ 66,237,983

3	Red Hidráulica Potable
----------	-------------------------------

3.1	Tubería						
3.1.1	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø2 1/2" PAVCO	M	63.43	63.4	\$ 31,008	\$ 1,966,837	\$ 1,966,837
3.1.2	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø3" PAVCO	M	43.88	43.9	\$ 41,401	\$ 1,816,676	\$ 1,816,676
3.1.3	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø2" PAVCO	M	70.16	70.2	\$ 19,133	\$ 1,342,371	\$ 1,342,371
3.1.4	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1" PAVCO	M	196.1	196.1	\$ 11,943	\$ 2,342,022	\$ 2,342,022
3.1.5	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø3/4" PAVCO	M	675.5	675.5	\$ 9,913	\$ 6,696,232	\$ 6,696,232
3.1.6	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1/2" PAVCO	M	776.63	776.6	\$ 8,423	\$ 6,541,554	\$ 6,541,554
3.1.7	Tubería Hidráulica AC RDE 11 CPVC de Ø1" PAVCO	M	18.39	18.4	\$ 67,580	\$ 1,242,796	\$ 1,242,796
3.1.8	Tubería Hidráulica AC RDE 11 CPVC de Ø3/4" PAVCO	M	71.32	71.3	\$ 41,612	\$ 2,967,768	\$ 2,967,768
3.1.9	Tubería Hidráulica AC RDE 11 CPVC de Ø1/2" PAVCO	M	1024.68	1024.7	\$ 11,755	\$ 12,045,113	\$ 12,045,113

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
					Subtotal	\$ 36,961,370	\$ 36,961,370

3.2 Accesorios							
3.2.1	Codo PVC 90° Ø2 1/2" PAVCO	UN	8.0	8.0	\$ 23,697	\$ 189,576	\$ 189,576
3.2.2	Codo PVC 90° Ø3" PAVCO	UN	23.0	23.0	\$ 30,668	\$ 705,364	\$ 705,364
3.2.3	Codo PVC 90° Ø2" PAVCO	UN	5.0	5.0	\$ 8,228	\$ 41,140	\$ 41,140
3.2.4	Codo PVC 90° Ø1" PAVCO	UN	41.0	41.0	\$ 5,744	\$ 235,504	\$ 235,504
3.2.5	Codo PVC 90° Ø3/4" PAVCO	UN	76.0	76.0	\$ 4,760	\$ 361,760	\$ 361,760
3.2.6	Codo PVC 90° Ø1/2" PAVCO	UN	694.0	694.0	\$ 3,895	\$ 2,703,130	\$ 2,703,130
3.2.7	Codo CPVC 90° Ø1" PAVCO	UN	2.0	2.0	\$ 10,321	\$ 20,642	\$ 20,642
3.2.8	Codo CPVC 90° Ø3/4" PAVCO	UN	36.0	36.0	\$ 6,075	\$ 218,700	\$ 218,700
3.2.9	Codo CPVC 90° Ø1/2" PAVCO	UN	181.0	181.0	\$ 4,854	\$ 878,574	\$ 878,574
3.2.10	Tee PVC Ø3" PAVCO	UN	4.0	4.0	\$ 61,690	\$ 246,760	\$ 246,760

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
3.2.11	Tee PVC Ø2" PAVCO	UN	54.0	54.0	\$ 16,350	\$ 882,900	\$ 882,900
3.2.12	Tee PVC Ø1 1/2" PAVCO	UN	5.0	5.0	\$ 12,100	\$ 60,500	\$ 60,500
3.2.13	Tee PVC Ø1 1/4" PAVCO	UN	5.0	5.0	\$ 7,200	\$ 36,000	\$ 36,000
3.2.14	Tee PVC Ø1" PAVCO	UN	42.0	42.0	\$ 6,515	\$ 273,630	\$ 273,630
3.2.15	Tee PVC Ø3/4" PAVCO	UN	198.0	198.0	\$ 5,179	\$ 1,025,442	\$ 1,025,442
3.2.16	Tee PVC Ø1/2" PAVCO	UN	660.0	660.0	\$ 4,095	\$ 2,702,700	\$ 2,702,700
3.2.17	Tee CPVC Ø1" PAVCO	UN	1.0	1.0	\$ 9,696	\$ 9,696	\$ 9,696
3.2.18	Tee CPVC Ø3/4" PAVCO	UN	30.0	30.0	\$ 6,520	\$ 195,600	\$ 195,600
3.2.19	Tee CPVC Ø1/2" PAVCO	UN	139.0	139.0	\$ 5,349	\$ 743,511	\$ 743,511
3.2.21	Buje Soldado PVC Ø3"- 2"	UN	1.0	1.0	\$ 21,891	\$ 21,891	\$ 21,891
3.2.22	Buje Soldado PVC Ø2"- 1"	UN	39.0	39.0	\$ 6,078	\$ 237,042	\$ 237,042
3.2.23	Buje Soldado PVC Ø1 1/2"- 1"	UN	5.0	5.0	\$ 5,676	\$ 28,380	\$ 28,380
3.2.24	Buje Soldado PVC Ø1 1/4"- 1"	UN	5.0	5.0	\$ 4,085	\$ 20,425	\$ 20,425
3.2.25	Buje Soldado PVC Ø1"- 3/4"	UN	49.0	49.0	\$ 3,072	\$ 150,528	\$ 150,528

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
3.2.26	Buje Soldado PVC Ø3/4"- 1/2"	UN	132.0	132.0	\$ 2,523	\$ 333,036	\$ 333,036
3.2.27	Buje Soldado CPVC Ø1"- 3/4"	UN	4.0	4.0	\$ 3,072	\$ 12,288	\$ 12,288
3.2.28	Buje Soldado CPVC Ø3/4"- 1/2"	UN	49.0	49.0	\$ 2,523	\$ 123,627	\$ 123,627
3.2.29	Tapón Roscado Ø1/2"	UN	491.0	491.0	\$ 1,635	\$ 802,785	\$ 802,785
3.2.30	Tapón Roscado Ø1"	UN	4.0	4.0	\$ 3,190	\$ 12,760	\$ 12,760
3.2.31	Medidor Ø1"	UN	1.0	1.0	\$ 512,020	\$ 512,020	\$ 512,020
3.2.32	Medidor Ø3/4"	UN	41.0	41.0	\$ 344,791	\$ 14,136,431	\$ 14,136,431
3.2.33	Válvula Suspensión del Servicio Ø2 1/2" (Compuerta)	UN	1.0	1.0	\$ 179,188	\$ 179,188	\$ 179,188
3.2.34	Válvula de Suspensión de Servicio Ø1" (Asiento con Maneta)	UN	38.0	38.0	\$ 62,376	\$ 2,370,288	\$ 2,370,288
3.2.35	Válvula de Suspensión de Servicio Ø3/4" (Asiento con Maneta)	UN	1.0	1.0	\$ 52,997	\$ 52,997	\$ 52,997
3.2.36	Válvula Seccionamiento Ø2 1/2" (Compuerta)	UN	1.0	1.0	\$ 179,188	\$ 179,188	\$ 179,188
3.2.37	Válvula de Seccionamiento Ø1" (Compuerta)	UN	40.0	40.0	\$ 35,907	\$ 1,436,280	\$ 1,436,280
3.2.38	Válvula de Seccionamiento Ø3/4" (Compuerta)	UN	135.0	135.0	\$ 29,992	\$ 4,048,920	\$ 4,048,920

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
3.2.39	Válvula de Seccionamiento Ø1/2" (Compuerta)	UN	113.0	113.0	\$ 22,786	\$ 2,574,818	\$ 2,574,818
3.2.40	Válvula Reductora de Presión Ø1" Latón (15BAR)	UN	40.0	40.0	\$ 206,796	\$ 8,271,840	\$ 8,271,840
3.2.41	Válvula Reductora de Presión Ø3/4" Latón (15BAR)	UN	1.0	1.0	\$ 116,774	\$ 116,774	\$ 116,774
3.2.42	Válvula Reductora de Presión Ø3/4" Latón (15BAR)	UN	31.0	31.0	\$ 116,774	\$ 3,619,994	\$ 3,619,994
					Subtotal	\$ 47,152,635	\$ 47,152,635

	Red Hidráulica Potable				Subtotal	\$ 84,114,005	\$ 84,114,005
--	-------------------------------	--	--	--	-----------------	----------------------	----------------------

4	Red de Aguas Grises Recolección
----------	--

4.1 Tubería							
4.1.1	Tubería Sanitaria PVC de Ø4" PAVCO	M	0.0	6.0	\$ 37,700	\$ -	\$ 227,331
4.1.2	Tubería Sanitaria PVC de Ø3" PAVCO	M	0.0	284.3	\$ 29,226	\$ -	\$ 8,308,660
4.1.3	Tubería Sanitaria PVC de Ø2" PAVCO	M	0.0	310.5	\$ 18,739	\$ -	\$ 5,818,085

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
					Subtotal	\$ -	\$ 14,354,075

4.2 Accesorios							
4.2.1	Codo Sanitario PVC 45° Ø4" PAVCO	UN	0.0	2.0	\$ 14,751	\$ -	\$ 29,502
4.2.2	Codo Sanitario PVC 45° Ø3" PAVCO	UN	0.0	43.0	\$ 13,916	\$ -	\$ 598,388
4.2.3	Codo Sanitario PVC 45° Ø2" PAVCO	UN	0.0	20.0	\$ 7,051	\$ -	\$ 141,020
4.2.4	Yee Sanitaria PVC Ø3" PAVCO	UN	0.0	14.0	\$ 20,664	\$ -	\$ 289,296
4.2.5	Buje Soldado PVC Ø4"- 3"	UN	0.0	3.0	\$ 35,587	\$ -	\$ 106,761
4.2.6	Buje Soldado PVC Ø3"- 2"	UN	0.0	42.0	\$ 17,358	\$ -	\$ 729,036
4.2.7	Soporte para Tubería Sanitaria Ø4"	UN	0.0	2.0	\$ 4,972	\$ -	\$ 9,944
4.2.8	Soporte para Tubería Sanitaria Ø3"	UN	0.0	29.0	\$ 3,136	\$ -	\$ 90,944
4.2.9	Soporte para Tubería Sanitaria Ø2"	UN	0.0	78.0	\$ 1,300	\$ -	\$ 101,400
					Subtotal	\$ -	\$ 2,096,291

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
	Red de Aguas Grises Recolección				Subtotal	\$ -	\$ 16,450,366

5	Red de Aguas Grises Tratada
----------	------------------------------------

5,1	Tubería						
5.1.1	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1 1/2" PAVCO	M	0.0	48.1	\$ 14,516	\$ -	\$ 698,655
5.1.2	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1 1/4" PAVCO	M	0.0	11.7	\$ 12,827	\$ -	\$ 150,461
5.1.3	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1" PAVCO	M	0.0	136.3	\$ 11,943	\$ -	\$ 1,628,070
5.1.4	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø3/4" PAVCO	M	0.0	144.7	\$ 9,913	\$ -	\$ 1,434,609
5.1.5	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1/2" PAVCO	M	0.0	387.4	\$ 8,423	\$ -	\$ 3,262,649
					Subtotal	\$ -	\$ 7,174,444

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
5.2	Accesorios						
5.2.1	Codo PVC 90° Ø1 1/2" PAVCO	UN	0.0	9.0	\$ 7,395	\$ -	\$ 66,555
5.2.2	Codo PVC 90° Ø1/2" PAVCO	UN	0.0	68.0	\$ 3,895	\$ -	\$ 264,860
5.2.3	Tee PVC Ø1 1/2" PAVCO	UN	0.0	7.0	\$ 12,100	\$ -	\$ 84,700
5.2.4	Tee PVC Ø1" PAVCO	UN	0.0	36.0	\$ 6,515	\$ -	\$ 234,540
5.2.5	Tee PVC Ø3/4" PAVCO	UN	0.0	58.0	\$ 5,179	\$ -	\$ 300,382
5.2.6	Buje Soldado PVC Ø1 1/2"- 1"	UN	0.0	4.0	\$ 5,676	\$ -	\$ 22,704
5.2.7	Buje Soldado PVC Ø1"- 3/4"	UN	0.0	36.0	\$ 3,072	\$ -	\$ 110,592
5.2.8	Buje Soldado PVC Ø3/4"- 1/2"	UN	0.0	98.0	\$ 2,523	\$ -	\$ 247,254
5.2.9	Válvula Seccionamiento Ø1/2" (Compuerta)	UN	0.0	102.0	\$ 22,786	\$ -	\$ 2,324,172
5.2.10	Válvula Reductora de Presión Ø3/4" Latón (15BAR)	UN	0.0	40.0	\$ 116,774	\$ -	\$ 4,670,960
					Subtotal	\$ -	\$ 8,326,719

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
	Red de Aguas Grises Tratada				Subtotal	\$ -	\$ 15,501,163

6	Red de Aguas Lluvia Recolección
----------	--

6.1	Tubería
------------	----------------

6.1.1	Tubería Sanitaria PVC de Ø4" PAVCO	M	18.2	51.8	\$ 37,700	\$ 686,140	\$ 1,952,860
6.1.2	Tubería Sanitaria PVC de Ø3" PAVCO	M	76.9	76.9	\$ 29,226	\$ 2,247,479	\$ 2,247,479
6.1.3	Canal Raingo 3" PVC PAVCO	M	18.4	18.4	\$ 36,900	\$ 678,960	\$ 678,960
					Subtotal	\$ 3,612,579	\$ 4,879,299

6.2	Accesorios
------------	-------------------

6.2.1	Codo Sanitario PVC 90° Ø4" PAVCO	UN	1.0	3.0	\$ 19,170	\$ 19,170	\$ 57,510
6.2.3	Codo Sanitario PVC 90° Ø3" PAVCO	UN	3.0	4.0	\$ 9,672	\$ 29,016	\$ 38,688

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
6.2.4	Tee Sanitaria PVC Ø3" PAVCO	UN	1.0	1.0	\$ 15,376	\$ 15,376	\$ 15,376
6.2.5	Buje Soldado PVC Ø4"- 3"	UN	2.0	2.0	\$ 35,587	\$ 71,174	\$ 71,174
6.2.6	Soporte para Tubería Sanitaria Ø4"	UN	0.0	11.0	\$ 4,972	\$ -	\$ 54,692
6.2.7	Soporte para Tubería Sanitaria Ø3"	UN	5.0	5.0	\$ 3,136	\$ 15,680	\$ 15,680
					Subtotal	\$ 150,416	\$ 253,120

	Red de Aguas Lluvia Recolección				Subtotal	\$ 3,762,995	\$ 5,132,419
--	--	--	--	--	-----------------	---------------------	---------------------

7	Red de Aguas Lluvia Tratada
----------	------------------------------------

7.1	Tubería						
7.1.1	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø3/4" PAVCO	M	0.0	111.4	\$ 9,913	\$ -	\$ 1,104,110
7.1.2	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1/2" PAVCO	M	0.0	5.0	\$ 8,423	\$ -	\$ 41,862

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
7.1.3	Tubería Hidráulica RDE 21 PVC de Ø1" PAVCO	M	0.0	53.0	\$ 11,943	\$ -	\$ 632,979
Subtotal						\$ -	\$ 1,778,951

7.2 Accesorios							
7.2.1	Codo PVC 90° Ø3/4" PAVCO	UN	0.0	10.0	\$ 4,760	\$ -	\$ 47,600
7.2.2	Codo PVC 90° Ø1/2" PAVCO	UN	0.0	4.0	\$ 3,895	\$ -	\$ 15,580
7.2.3	Tee PVC Ø3/4" PAVCO	UN	0.0	1.0	\$ 5,179	\$ -	\$ 5,179
7.2.4	Tee PVC Ø1/2" PAVCO	UN	0.0	4.0	\$ 4,095	\$ -	\$ 16,380
7.2.5	Buje Soldado PVC Ø3/4"- 1/2"	UN	0.0	2.0	\$ 2,523	\$ -	\$ 5,046
Subtotal						\$ -	\$ 89,785

	Red de Aguas Lluvia Tratada				Subtotal	\$ -	\$ 1,868,736
--	-----------------------------	--	--	--	-----------------	------	--------------

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
8	Puntos Aparatos Hidráulicos y Sanitarios						

8.1	Suministro e Instalación de Mobiliario Hidro-Sanitario						
8.1.1	Aparato Sanitario (Incluye Instalación)	UN	113.0	113.0	\$ 289,250	\$ 32,685,250	\$ 32,685,250
8.1.2	Ducha y Regadera (Incluye grifería e Instalación)	UN	107.0	107.0	\$ 94,838	\$ 10,147,666	\$ 10,147,666
8.1.3	Lavamanos (Incluye Instalación)	UN	113.0	113.0	\$ 78,780	\$ 8,902,140	\$ 8,902,140
8.1.4	Lavaplatos (Incluye grifería e Instalación)	UN	39.0	39.0	\$ 108,760	\$ 4,241,640	\$ 4,241,640
8.1.5	Lavadora14 (Incluye Instalación)	UN	38.0	38.0	\$ 1,350,000	\$ 51,300,000	\$ 51,300,000
8.1.6	Lavadero en Granito Pulido (70X55X22 CM)	UN	38.0	38.0	\$ 176,417	\$ 6,703,846	\$ 6,703,846
8.1.7	Juego de Accesorios Baño	UN	113.0	113.0	\$ 78,860	\$ 8,911,180	\$ 8,911,180
8.1.8	Calentador de Paso Gas Natural 10L (Incluye Instalación)	UN	40.0	40.0	\$ 580,000	\$ 23,200,000	\$ 23,200,000
8.1.9	Llave Manguera (Incluye Instalación)	UN	3.0	3.0	\$ 53,628	\$ 160,884	\$ 160,884
					Subtotal	\$ 146,252,606	\$ 146,252,606

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
8.2	Puntos Sanitarios (Incluye Sifón)						
8.2.1	Salida Sanitaria para Inodoro Ø 1/2"	UN	113.0	113.0	\$ 84,433	\$ 9,540,929	\$ 9,540,929
8.2.2	Salida Sanitaria para Lavamanos Ø 1/2"	UN	113.0	113.0	\$ 57,780	\$ 6,529,140	\$ 6,529,140
8.2.3	Salida Sanitaria para Ducha Ø 1/2" (Incluye Rejilla)	UN	107.0	107.0	\$ 28,669	\$ 3,067,530	\$ 3,067,530
8.2.4	Salida Sanitaria para Lavadora Ø 1/2"	UN	38.0	38.0	\$ 65,930	\$ 2,505,340	\$ 2,505,340
8.2.5	Salida Sanitaria para Lavadero Ø 1/2"	UN	38.0	38.0	\$ 86,520	\$ 3,287,760	\$ 3,287,760
8.2.6	Salida Sanitaria para Lavaplatos Ø 1/2"	UN	39.0	39.0	\$ 42,671	\$ 1,664,169	\$ 1,664,169
8.2.7	Salida Sanitaria para Sifón de Piso Ø 1/2"	UN	109.0	109.0	\$ 53,987	\$ 5,884,583	\$ 5,884,583
					Subtotal	\$ 32,479,451	\$ 32,479,451

8.3	Puntos Hidráulicos						
8.3.1	Punto Hidráulico para Inodoros Ø 1/2"	UN	113.0	113.0	\$ 22,756	\$ 2,571,428	\$ 2,571,428
8.3.2	Punto Hidráulico para Lavamanos Ø 1/2"	UN	113.0	113.0	\$ 46,216	\$ 5,222,408	\$ 5,222,408

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
8.3.3	Punto Hidráulico para Duchas Ø 1/2"	UN	107.0	107.0	\$ 39,488	\$ 4,225,163	\$ 4,225,163
8.3.4	Punto Hidráulico para Lavadora Ø 1/2"	UN	38.0	38.0	\$ 65,951	\$ 2,506,138	\$ 2,506,138
8.3.5	Punto Hidráulico para Lavadero Ø 1/2"	UN	38.0	38.0	\$ 32,147	\$ 1,221,586	\$ 1,221,586
8.3.6	Punto Hidráulico para Lavaplatos Ø 1/2"	UN	39.0	39.0	\$ 46,216	\$ 1,802,424	\$ 1,802,424
8.3.7	Punto Hidráulico para Calentador Ø 1/2"	UN	40.0	40.0	\$ 62,756	\$ 2,510,240	\$ 2,510,240
					Subtotal	\$ 20,059,387	\$ 20,059,387

	Puntos Aparatos Hidráulicos y Sanitarios				Subtotal	\$ 198,791,443	\$ 198,791,443
--	---	--	--	--	-----------------	-----------------------	-----------------------

9	Pruebas, Supervisión y Acometidas
----------	--

9.1	Acometida 2 1/2" (Incluye caja de Inspección)	UN	1.0	1.0	\$ 2,455,977	\$ 2,455,977	\$ 2,455,977
9.2	Prueba de Estanqueidad Hidráulica por piso	UN	19.0	19.0	\$ 35,932	\$ 682,708	\$ 682,708

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
9.3	Prueba de Estanqueidad Sanitaria por piso	UN	18.0	19.0	\$ 35,932	\$ 646,776	\$ 682,708
					Subtotal	\$ 3,785,461	\$ 3,821,393

	Pruebas, Supervisión y Acometidas				Subtotal	\$ 3,785,461	\$ 3,821,393
--	--	--	--	--	-----------------	---------------------	---------------------

10	Cuarto de Máquinas
-----------	---------------------------

10.1 Estructura							
10.1.1	Malla electro soldada de simple torsión (1.1mm) de 2.5 m de altura	M	0.0	13.2	\$ 49,369	\$ -	\$ 651,671
10.1.2	Puerta en malla metálica de simple torsión (8mm) (Incluye marco y bastidor)	UN	0.0	1.0	\$ 399,423	\$ -	\$ 399,423
					Subtotal	\$ -	\$ 1,051,094

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
10.2	Accesorios						
10.2.1	Válvula de bola Ø 4"	UN	0.0	1.0	\$ 417,173	\$ -	\$ 417,173
10.2.2	Válvula de compuerta Ø 3/4"	UN	0.0	1.0	\$ 26,405	\$ -	\$ 26,405
10.2.3	Válvula de compuerta Ø 1 1/2"	UN	0.0	1.0	\$ 44,705	\$ -	\$ 44,705
10.2.4	Válvula de compuerta Ø 3"	UN	1.0	1.0	\$ 191,480	\$ 191,480	\$ 191,480
10.2.5	Válvula de pie Ø 3/4"	UN	0.0	1.0	\$ 21,155	\$ -	\$ 21,155
10.2.6	Válvula de pie Ø 1 1/2"	UN	0.0	1.0	\$ 71,900	\$ -	\$ 71,900
10.2.7	Válvula de pie Ø 3"	UN	1.0	1.0	\$ 249,900	\$ 249,900	\$ 249,900
10.2.8	Válvula de retención Ø 3/4"	UN	0.0	1.0	\$ 18,040	\$ -	\$ 18,040
10.2.9	Válvula de retención Ø 1 1/2"	UN	0.0	1.0	\$ 20,318	\$ -	\$ 20,318
10.2.10	Válvula de retención Ø 3"	UN	1.0	1.0	\$ 143,923	\$ 143,923	\$ 143,923
					Subtotal	\$ 585,303	\$ 1,204,999

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
10.3	Bombas, Tanques y Accesorios Electrónicos						
10.3.1	Grupo de presión Hydro Multi-E 2 CRE 15- 7 33 l con unidad de regulación electrónica	UN	1.0	1.0	\$ 26,854,029	\$ 26,854,029	\$ 26,854,029
10.3.2	Grupo de presión Hydro Multi-E 2 CRE 3 -15 12 l con unidad de regulación electrónica	UN	0.0	1.0	\$ 18,222,668	\$ -	\$ 18,222,668
10.3.3	Grupo de presión para aprovechamiento de aguas pluviales Hydro Solo E CRE 3 - 15 12 l, con bomba centrífuga multietapa de acero inoxidable autoaspirante, alimentación monofásica. Protección IP 42, aislamiento clase F.	UN	0.0	1.0	\$ 10,736,123	\$ -	\$ 10,736,123
10.3.4	Grupo de presión de agua modelo CRE 5-24 A-FGJ-A-E-HQQE formado por una bomba centrífuga multicelular CVM A/8. Banca metálica común para bomba y cuadro eléctrico.	UN	0.0	1.0	\$ 2,926,260	\$ -	\$ 2,926,260
10.3.5	Tanque Botella Tapa Rosca V.1100 L PAVCO	UN	0.0	2.0	\$ 463,003	\$ -	\$ 926,006
10.3.6	Tanque Botella Tapa Rosca V.300 L PAVCO	UN	0.0	1.0	\$ 133,181	\$ -	\$ 133,181
10.3.7	Tanque Acuaplast V. 3000 L	UN	0.0	1.0	\$ 1,072,600	\$ -	\$ 1,072,600
10.3.8	Válvula electrónica de bola (24VAC/DC)(Acción: 7-20mA)	UN	0.0	1.0	\$ 53,800	\$ -	\$ 53,800
10.3.9	Instalación de equipos (Incluye cableado, tablero, tanques)	GLB	1.0	3.0	\$ 201,600	\$ 201,600	\$ 604,800

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
					Subtotal	\$ 27,055,629	\$ 61,529,467

10,4 Sistema de Tratamiento							
10.4.1	Filtro De Hojas Concéntrico Para Bajante Aguas Lluvia	UN	0.0	3.0	\$ 94,000	\$ -	\$ 282,000
10.4.2	Malla Antiplagas para cobertura de bajantes y conexiones (2x2M)	UN	0.0	1.0	\$ 21,500	\$ -	\$ 21,500
10.4.3	Suministro e instalación de primer desviador de flujo	UN	0.0	2.0	\$ 75,600	\$ -	\$ 151,200
10.4.4	Suministro e instalación de filtro auto limpiante	UN	0.0	1.0	\$ 178,000	\$ -	\$ 178,000
10.4.5	Sistema de Tratamiento de aguas grises "Recycla 2"	UN	0.0	1.0	\$ 18,344,300	\$ -	\$ 18,344,300
					Subtotal	\$ -	\$ 18,977,000

	Cuarto de Maquinas				Subtotal	\$ 27,640,932	\$ 82,762,560
--	---------------------------	--	--	--	-----------------	----------------------	----------------------

11	Diseño de Red Hidrosanitaria
-----------	-------------------------------------

Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Precio Unitario	Valor Original	Valor Nueva
			Original	Nueva			
11.1	Diseño de redes hidráulicas, sanitarias y pluviales	GLB	1.0	1.0	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000
11.2	Diseño de redes de tratamiento	GLB	0.0	1.0	\$ 3,000,000	\$ -	\$ 3,000,000
					Subtotal	\$ 5,000,000	\$ 8,000,000

	Diseño de Red Hidrosanitaria				Subtotal	\$ 5,000,000	\$ 8,000,000
--	-------------------------------------	--	--	--	-----------------	---------------------	---------------------

Costo directo total	\$ 434,934,173	\$ 526.698.985
A.I.U. (8% del costo Directo)	\$ 34,794,734	\$ 42.135.919

Costo total inversión	\$ 469,728,907	\$ 568.834.903
------------------------------	-----------------------	-----------------------

Diferencia	\$	99'105,997
-------------------	-----------	-------------------

ANEXO 27. Costos de operación y mantenimiento del sistema anual.

Tipo	Valor Total (COP)
Depreciación del sistema de bombeo ALL (15 años)	910,826
Depreciación del sistema de bombeo AG (15 años)	121,4845
Depreciación del sistema de tratamiento de AG (15 años)	1'222,953
Depreciación elementos electromecánicos y electrónicos	43,907

Tipo	Valor unitario (COP)	Periodicidad anual	Cantidad al año	Valor total (COP)
Limpieza de tanques de agua lluvia (2*1100L)	20,000	2	0.5	10,000
Limpieza canaletas	10,000	1	1	10,000
Limpieza de tanque de agua lluvia (300 L)	10,000	2	0.5	5,000
Mantenimiento preventivo sistema de bombeo	54,000	0.5	2	108,000
Mantenimiento preventivo flotadores y válvulas eléctricas	12,000	0.5	2	24,000
Limpieza de tanque de agua gris (3000 L)	30,000	2	0.5	15,000
Insumos sistema de tratamiento (Cloro)	2,000	1	365	730,000
Mantenimiento sistema de tratamiento de aguas grises	45,000	2	0.5	22,500

Mantenimiento total	924,500	COP
Depreciación total	3'392,530	COP
Energía total	716,036	COP

ANEXO 28. ENCUESTA 2: Reúso de aguas grises y aguas lluvias para un edificio estrato 6 del área metropolitana de Bucaramanga

Apreciado(a) Residente:

La presente encuesta tiene como finalidad recoger la información pertinente para la realización del proyecto de grado titulado “FACTIBILIDAD TÉCNICA, SOCIAL Y FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REÚSO DE AGUAS PLUVIALES Y AGUAS GRISES, EN UN EDIFICIO ESTRATO 6 DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA” llevado a cabo por el estudiante Jhonathan Steve Guerrero Ferreira de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

La información aquí suministrada será usada únicamente con fines académicos, respetándose la privacidad e identidad de los encuestados. La manipulación de esta información será exclusiva del estudiante anteriormente mencionado, la Directora del proyecto de grado la Dra. Isabel Cristina Domínguez Rivera y el Co- Director el Dr. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

En consecuencia, lo(a) invitamos a responder estas cinco preguntas elaboradas para un tiempo aproximado de 5 minutos, recordándole que puede desistir de contestar cualquiera de estas en el momento que usted lo desee.

1. ¿Está interesado en ahorrar agua?

SÍ	
NO	

En el caso hipotético de que fuese a comprar un apartamento, responda del ítem 2 al 5.

2. ¿Estaría dispuesto a invertir dinero con el fin de disminuir el nivel de consumo de agua potable?

SÍ	
NO	

3. Basado en los planos suministrados por el encuestador, seleccione una de las opciones de sistema de reúso mostrado en la siguiente tabla.

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
	Aguas lluvias y aguas grises	Aguas grises	Ninguna
Descripción del sistema de reúso	Se captará el agua lluvia de las cubiertas disponibles y será dirigida a dos tanques de almacenamiento, pasando en su recorrido a través de distintos filtros para mejorar su calidad, su uso final será en riego de jardines y limpieza de áreas sociales. Para las aguas grises se escogió captar el agua generada en las duchas para implementarse en la descarga de inodoros, el sistema de tratamiento es uno pre-fabricado que garantiza una excelente eficiencia y bajos costos de operación y mantenimiento.	Para las aguas grises se escogió captar el agua generada en las duchas para implementarse en la descarga de inodoros, el sistema de tratamiento es uno pre-fabricado que garantiza una excelente eficiencia y bajos costos de operación y mantenimiento.	Sistema convencional de suministro

Ahorro de agua	1'770,500 Litros anuales	1'670,400 Litros anuales	0 Litros anuales
Costo de inversión promedio por apartamento	2'608,052 COP	2'058,656 COP	0 COP
Ahorro de dinero	9'643,960 Anual	9'119,529 Anual	0 Anual
Gastos de mantenimiento promedio por apartamento	132,449 COP Anual	21,776 COP Anual	0 COP Anual
Tiempo de recuperación de la inversión	16 años	12 años	0 años
Seleccione con una X la opción de su preferencia			

4. ¿Qué razones justifican su anterior respuesta? (Pregunta de selección múltiple)

Ahorro de dinero	
Ayuda al medio ambiente	
Costo muy elevado	
Otros, ¿Cuáles?	

5. ¿Está de acuerdo con la ubicación del sistema de almacenamiento y tratamiento de agua?

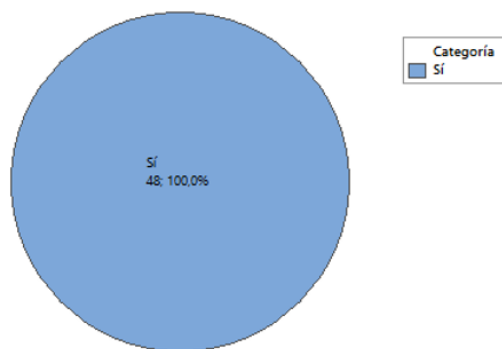
SÍ	
NO	

Fuente: Autor, adaptado de (Mendoza y Rincón, 2016)³⁶

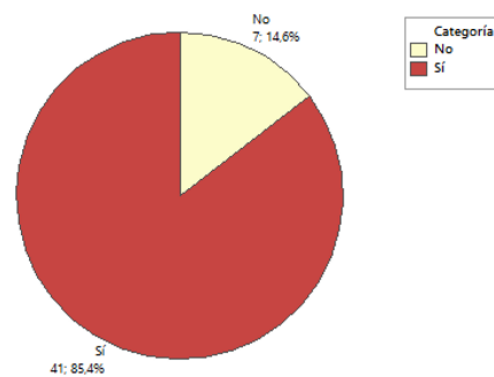
³⁶ Mendoza Santos, G., & Rincón Méndez, C. Evaluación de la viabilidad social, técnica y económica de la implementación de un sistema de recolección, tratamiento y aprovechamiento de aguas lluvias y aguas grises en un proyecto de vivienda de interés social. Bucaramanga. 2016. 48 h. Trabajo de grado (Ingeniería civil) Universidad Industrial de Santander.

ANEXO 29. Análisis descriptivo de los resultados de la encuesta 2.

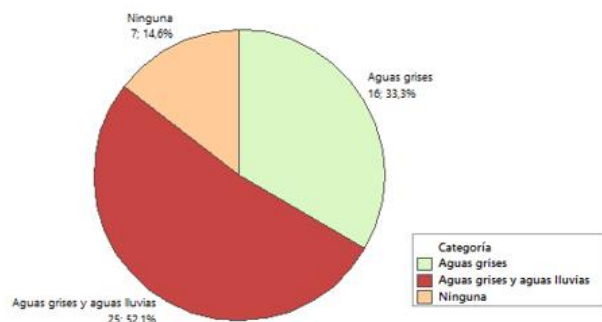
1. Interés en ahorrar agua



2. Interés en invertir dinero



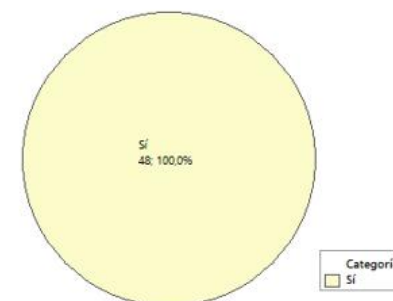
3. Sistema de reúso seleccionado



4. Justificación



5. Aceptación de la ubicación



ANEXO 30. Flujo de caja del sistema de aguas lluvias y aguas grises.

AÑO	INGRESOS (COP)		EGRESOS (COP)			FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
0						-\$ 99,105,997.00	-\$ 99,105,997.00
1	\$ 5,188,091.36	\$ 4,455,868.64	\$ 716,035.77	\$ 924,500.00	\$ 3,392,530.07	\$ 4,610,894.16	-\$ 94,495,102.84
2	\$ 5,410,141.67	\$ 4,646,579.82	\$ 746,682.10	\$ 964,068.60	\$ 3,537,730.36	\$ 4,808,240.43	-\$ 89,686,862.41
3	\$ 5,641,695.74	\$ 4,845,453.43	\$ 778,640.09	\$ 1,005,330.74	\$ 3,689,145.22	\$ 5,014,033.12	-\$ 84,672,829.28
4	\$ 5,883,160.31	\$ 5,052,838.84	\$ 811,965.89	\$ 1,048,358.89	\$ 3,847,040.63	\$ 5,228,633.74	-\$ 79,444,195.54
5	\$ 6,134,959.58	\$ 5,269,100.34	\$ 846,718.03	\$ 1,093,228.65	\$ 4,011,693.97	\$ 5,452,419.26	-\$ 73,991,776.28
6	\$ 6,397,535.85	\$ 5,494,617.84	\$ 882,957.56	\$ 1,140,018.84	\$ 4,183,394.47	\$ 5,685,782.81	-\$ 68,305,993.47
7	\$ 6,671,350.38	\$ 5,729,787.48	\$ 920,748.15	\$ 1,188,811.64	\$ 4,362,443.76	\$ 5,929,134.31	-\$ 62,376,859.16
8	\$ 6,956,884.18	\$ 5,975,022.38	\$ 960,156.17	\$ 1,239,692.78	\$ 4,549,156.35	\$ 6,182,901.26	-\$ 56,193,957.89
9	\$ 7,254,638.82	\$ 6,230,753.34	\$ 1,001,250.85	\$ 1,292,751.63	\$ 4,743,860.24	\$ 6,447,529.44	-\$ 49,746,428.46
10	\$ 7,565,137.36	\$ 6,497,429.59	\$ 1,044,104.39	\$ 1,348,081.40	\$ 4,946,897.46	\$ 6,723,483.70	-\$ 43,022,944.76
11	\$ 7,888,925.24	\$ 6,775,519.57	\$ 1,088,792.06	\$ 1,405,779.29	\$ 5,158,624.67	\$ 7,011,248.80	-\$ 36,011,695.96
12	\$ 8,226,571.24	\$ 7,065,511.81	\$ 1,135,392.36	\$ 1,465,946.64	\$ 5,379,413.81	\$ 7,311,330.25	-\$ 28,700,365.72
13	\$ 8,578,668.49	\$ 7,367,915.72	\$ 1,183,987.15	\$ 1,528,689.16	\$ 5,609,652.72	\$ 7,624,255.18	-\$ 21,076,110.54
14	\$ 8,945,835.50	\$ 7,683,262.51	\$ 1,234,661.80	\$ 1,594,117.05	\$ 5,849,745.85	\$ 7,950,573.30	-\$ 13,125,537.23
15	\$ 9,328,717.26	\$ 8,012,106.14	\$ 1,287,505.32	\$ 1,662,345.26	\$ 6,100,114.98	\$ 8,290,857.84	-\$ 4,834,679.39
16	\$ 9,727,986.36	\$ 8,355,024.29	\$ 1,342,610.55	\$ 1,733,493.64	\$ 6,361,199.90	\$ 8,645,706.56	\$ 3,811,027.16
17	\$ 10,144,344.17	\$ 8,712,619.33	\$ 1,400,074.28	\$ 1,807,687.17	\$ 6,633,459.25	\$ 9,015,742.80	\$ 12,826,769.96
18	\$ 10,578,522.11	\$ 9,085,519.43	\$ 1,459,997.46	\$ 1,885,056.18	\$ 6,917,371.31	\$ 9,401,616.59	\$ 22,228,386.55
19	\$ 11,031,282.85	\$ 9,474,379.66	\$ 1,522,485.35	\$ 1,965,736.58	\$ 7,213,434.80	\$ 9,804,005.78	\$ 32,032,392.33
20	\$ 11,503,421.76	\$ 9,879,883.11	\$ 1,587,647.73	\$ 2,049,870.11	\$ 7,522,169.81	\$ 10,223,617.23	\$ 42,256,009.55
21	\$ 11,995,768.21	\$ 10,302,742.11	\$ 1,655,599.05	\$ 2,137,604.55	\$ 7,844,118.68	\$ 10,661,188.04	\$ 52,917,197.59

AÑO	INGRESOS (COP)		EGRESOS (COP)			FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
22	\$ 12,509,187.09	\$ 10,743,699.47	\$ 1,726,458.69	\$ 2,229,094.03	\$ 8,179,846.96	\$ 11,117,486.89	\$ 64,034,684.48
23	\$ 13,044,580.30	\$ 11,203,529.81	\$ 1,800,351.12	\$ 2,324,499.25	\$ 8,529,944.41	\$ 11,593,315.33	\$ 75,627,999.81
24	\$ 13,602,888.33	\$ 11,683,040.89	\$ 1,877,406.15	\$ 2,423,987.82	\$ 8,895,026.03	\$ 12,089,509.23	\$ 87,717,509.04
25	\$ 14,185,091.95	\$ 12,183,075.04	\$ 1,957,759.13	\$ 2,527,734.50	\$ 9,275,733.14	\$ 12,606,940.22	\$ 100,324,449.30
26	\$ 14,792,213.89	\$ 12,704,510.65	\$ 2,041,551.22	\$ 2,635,921.53	\$ 9,672,734.52	\$ 13,146,517.26	\$ 113,470,966.50
27	\$ 15,425,320.64	\$ 13,248,263.70	\$ 2,128,929.61	\$ 2,748,738.97	\$ 10,086,727.56	\$ 13,709,188.20	\$ 127,180,154.70
28	\$ 16,085,524.37	\$ 13,815,289.39	\$ 2,220,047.80	\$ 2,866,385.00	\$ 10,518,439.50	\$ 14,295,941.46	\$ 141,476,096.20
29	\$ 16,773,984.81	\$ 14,406,583.78	\$ 2,315,065.85	\$ 2,989,066.28	\$ 10,968,628.71	\$ 14,907,807.75	\$ 156,383,903.90
30	\$ 17,491,911.36	\$ 15,023,185.56	\$ 2,414,150.67	\$ 3,116,998.32	\$ 11,438,086.02	\$ 15,545,861.92	\$ 171,929,765.90
31	\$ 18,240,565.16	\$ 15,666,177.90	\$ 2,517,476.31	\$ 3,250,405.85	\$ 11,927,636.10	\$ 16,211,224.81	\$ 188,140,990.70
32	\$ 19,021,261.35	\$ 16,336,690.32	\$ 2,625,224.30	\$ 3,389,523.22	\$ 12,438,138.92	\$ 16,905,065.23	\$ 205,046,055.90
33	\$ 19,835,371.34	\$ 17,035,900.66	\$ 2,737,583.90	\$ 3,534,594.81	\$ 12,970,491.27	\$ 17,628,602.03	\$ 222,674,657.90
34	\$ 20,684,325.23	\$ 17,765,037.21	\$ 2,854,752.49	\$ 3,685,875.47	\$ 13,525,628.29	\$ 18,383,106.19	\$ 241,057,764.10
35	\$ 21,569,614.35	\$ 18,525,380.81	\$ 2,976,935.90	\$ 3,843,630.94	\$ 14,104,525.18	\$ 19,169,903.14	\$ 260,227,667.30
36	\$ 22,492,793.85	\$ 19,318,267.10	\$ 3,104,348.75	\$ 4,008,138.34	\$ 14,708,198.86	\$ 19,990,374.99	\$ 280,218,042.30
37	\$ 23,455,485.42	\$ 20,145,088.94	\$ 3,237,214.88	\$ 4,179,686.66	\$ 15,337,709.77	\$ 20,845,963.04	\$ 301,064,005.30
38	\$ 24,459,380.20	\$ 21,007,298.74	\$ 3,375,767.68	\$ 4,358,577.25	\$ 15,994,163.75	\$ 21,738,170.26	\$ 322,802,175.60
39	\$ 25,506,241.67	\$ 21,906,411.13	\$ 3,520,250.53	\$ 4,545,124.36	\$ 16,678,713.96	\$ 22,668,563.95	\$ 345,470,739.50
40	\$ 26,597,908.82	\$ 22,844,005.52	\$ 3,670,917.26	\$ 4,739,655.68	\$ 17,392,562.92	\$ 23,638,778.48	\$ 369,109,518.00
41	\$ 27,736,299.31	\$ 23,821,728.96	\$ 3,828,032.52	\$ 4,942,512.94	\$ 18,136,964.61	\$ 24,650,518.20	\$ 393,760,036.20
42	\$ 28,923,412.92	\$ 24,841,298.96	\$ 3,991,872.31	\$ 5,154,052.50	\$ 18,913,226.70	\$ 25,705,560.38	\$ 419,465,596.60

AÑO	INGRESOS (COP)			EGRESOS (COP)		FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
43	\$ 30,161,335.00	\$ 25,904,506.56	\$ 4,162,724.44	\$ 5,374,645.94	\$ 19,722,712.80	\$ 26,805,758.37	\$ 446,271,354.90
44	\$ 31,452,240.14	\$ 27,013,219.44	\$ 4,340,889.05	\$ 5,604,680.79	\$ 20,566,844.91	\$ 27,953,044.83	\$ 474,224,399.80
45	\$ 32,798,396.01	\$ 28,169,385.23	\$ 4,526,679.10	\$ 5,844,561.13	\$ 21,447,105.87	\$ 29,149,435.14	\$ 503,373,834.90
46	\$ 34,202,167.36	\$ 29,375,034.92	\$ 4,720,420.97	\$ 6,094,708.35	\$ 22,365,042.00	\$ 30,397,030.97	\$ 533,770,865.90
47	\$ 35,666,020.13	\$ 30,632,286.41	\$ 4,922,454.98	\$ 6,355,561.86	\$ 23,322,265.80	\$ 31,698,023.89	\$ 565,468,889.80
48	\$ 37,192,525.79	\$ 31,943,348.27	\$ 5,133,136.06	\$ 6,627,579.91	\$ 24,320,458.77	\$ 33,054,699.32	\$ 598,523,589.10
49	\$ 38,784,365.89	\$ 33,310,523.58	\$ 5,352,834.28	\$ 6,911,240.33	\$ 25,361,374.41	\$ 34,469,440.45	\$ 632,993,029.50
50	\$ 40,444,336.75	\$ 34,736,213.98	\$ 5,581,935.59	\$ 7,207,041.42	\$ 26,446,841.23	\$ 35,944,732.50	\$ 668,937,762.00

Valores calculados a los 50 años de funcionamiento:

VPN (COP)	169'497,962.6
TIR (%)	8.195
B/C	1.43

Análisis financiero de los sistemas de reúso individualmente.

Proyecto: Edificio estrato seis del A.M de Bucaramanga
Aguas Lluvias
 Bucaramanga, Santander, Colombia
 Octubre 2017



Ítem	Descripción	Valor Original	Valor Nuevo
1	Localización y Replanteo	43,844,360	44,018,916
2	Red Sanitaria	67,994,976.04	66,237,982.54
3	Red Hidráulica Potable	84,114,005.33	84,114,005.33
4	Red de Aguas Grises Recolección	-	-
5	Red de Aguas Grises Tratada	-	-
6	Red de Aguas Lluvia Recolección	3,762,995.4	5,132,419.4
7	Red de Aguas Lluvia Tratada	-	1,868,736.25
8	Puntos. Aparatos Hidráulicos y Sanitarios	198,791,443	198,791,443
9	Pruebas. Supervisión y Acometidas	3,785,461	3,821,393
10	Cuarto de Maquinas	27,640,932	44,986,068.8
11	Diseño de Red Hidrosanitaria	5,000,000	5,300,000
Costo directo total		434,934,172.8	454,270,964.3
A.I.U. (8% del costo Directo)		34,794,733.82	36,341,677.15
Costo total inversión		469,728,906.59	490,612,641.47

Diferencia (COP)	20'883,734.87
------------------	---------------

Tipo	Valor unitario	Periodicidad anual	Cantidad al año	Valor total (COP)
Limpieza de tanques de agua lluvia (2*1100L)	20,000	2	0.5	10,000
Limpieza canaletas	10,000	1	1	10,000
Limpieza de tanque de agua lluvia (300 L)	10,000	2	0.5	5,000
Mantenimiento preventivo sistema de bombeo	36,000	0.5	2	72,000
Mantenimiento preventivo flotadores y válvulas eléctricas	12,000	0.5	2	24,000

Tipo	Valor Total (COP)
Depreciación del sistema de bombeo ALL (15 años)	910,826
Depreciación elementos electromecánicos y electrónicos	43,907

Inflación		4.28	%
Ingresos	Acueducto	282,124	COP
	Alcantarillado	242,306	COP
Egresos	Mantenimiento	121,000	COP
	Depreciación	954,732	COP
	Energía	35,960	COP

Valores calculados a los 50 años de funcionamiento:

VPN (COP)	-55'094,214
B/C	0.36

Proyecto: Edificio estrato seis del A.M de Bucaramanga

Aguas grises

Bucaramanga. Santander. Colombia

Octubre 2017



Ítem	Descripción	Valor Original	Valor Nuevo
1	Localización y Replanteo	43,844,360	44,018,916
2	Red Sanitaria	67,994,976.04	66,237,982.54
3	Red Hidráulica Potable	84,114,005.33	84,114,005.33
4	Red de Aguas Grises Recolección	-	16,450,366.26
5	Red de Aguas Grises Tratada	-	15,501,162.96
6	Red de Aguas Lluvia Recolección	3,762,995.4	3,762,995.4
7	Red de Aguas Lluvia Tratada	-	-
8	Puntos. Aparatos Hidráulicos y Sanitarios	198,791,443	198,791,443
9	Pruebas. Supervisión y Acometidas	3,785,461	3,821,393
10	Cuarto de Maquinas	27,640,932	66,670,116.8
11	Diseño de Red Hidrosanitaria	5,000,000	8,000,000
Costo directo total		434,934,172.8	507,368,381.3
A.I.U. (8% del costo Directo)		34,794,733.82	40,589,470.5
Costo total inversión		469,728,906.6	547,957,851.8
Diferencia (COP)		78'228,945.20	

Tipo	Valor unitario	Periodicidad anual	Cantidad al año	Valor total (COP)
Mantenimiento preventivo sistema de bombeo	18,000	0.5	2	36,000
Mantenimiento preventivo flotadores y válvulas eléctricas	12,000	0.5	2	24,000
Limpieza de tanque de agua gris (3000 L)	30,000	2	0.5	15,000
Insumos (Cloro)	2,000	1	365	730,000
Mantenimiento sistema de tratamiento	45,000	2	0.5	22,500

Tipo	Valor Total (COP)
Depreciación del sistema de bombeo AG (15 años)	1,214,845
Depreciación del sistema de tratamiento de AG (15 años)	1,222,953
Depreciación elementos electromecánicos y electrónicos	43,907

Inflación	4.28	%
Ingresos		
Acueducto	4,905,967	COP
Alcantarillado	4,213,562	COP
Egresos		
Mantenimiento	827,500	COP
Depreciación	2,481,705	COP
Energía	680,076	COP

AÑO	INGRESOS (COP)		EGRESOS (COP)			FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
0						-\$ 78,228,945.20	-\$ 78,228,945.20
1	\$ 4,905,967.45	\$ 4,213,562.36	\$ 680,075.77	\$ 827,500.00	\$ 2,481,704.54	\$ 5,130,249.50	-\$ 73,098,695.70
2	\$ 5,115,942.85	\$ 4,393,902.83	\$ 709,183.01	\$ 862,917.00	\$ 2,587,921.49	\$ 5,349,824.18	-\$ 67,748,871.52
3	\$ 5,334,905.21	\$ 4,581,961.87	\$ 739,536.05	\$ 899,849.85	\$ 2,698,684.53	\$ 5,578,796.65	-\$ 62,170,074.87
4	\$ 5,563,239.15	\$ 4,778,069.84	\$ 771,188.19	\$ 938,363.42	\$ 2,814,188.23	\$ 5,817,569.15	-\$ 56,352,505.72
5	\$ 5,801,345.79	\$ 4,982,571.23	\$ 804,195.04	\$ 978,525.38	\$ 2,934,635.48	\$ 6,066,561.11	-\$ 50,285,944.61
6	\$ 6,049,643.39	\$ 5,195,825.28	\$ 838,614.59	\$ 1,020,406.26	\$ 3,060,237.88	\$ 6,326,209.92	-\$ 43,959,734.69
7	\$ 6,308,568.12	\$ 5,418,206.60	\$ 874,507.30	\$ 1,064,079.65	\$ 3,191,216.06	\$ 6,596,971.71	-\$ 37,362,762.98
8	\$ 6,578,574.84	\$ 5,650,105.84	\$ 911,936.21	\$ 1,109,622.26	\$ 3,327,800.11	\$ 6,879,322.10	-\$ 30,483,440.88
9	\$ 6,860,137.84	\$ 5,891,930.37	\$ 950,967.08	\$ 1,157,114.09	\$ 3,470,229.96	\$ 7,173,757.08	-\$ 23,309,683.79
10	\$ 7,153,751.74	\$ 6,144,104.99	\$ 991,668.47	\$ 1,206,638.57	\$ 3,618,755.80	\$ 7,480,793.89	-\$ 15,828,889.91
11	\$ 7,459,932.31	\$ 6,407,072.68	\$ 1,034,111.88	\$ 1,258,282.71	\$ 3,773,638.55	\$ 7,800,971.87	-\$ 8,027,918.04
12	\$ 7,779,217.42	\$ 6,681,295.39	\$ 1,078,371.87	\$ 1,312,137.21	\$ 3,935,150.28	\$ 8,134,853.46	\$ 106,935.42
13	\$ 8,112,167.92	\$ 6,967,254.84	\$ 1,124,526.18	\$ 1,368,296.68	\$ 4,103,574.71	\$ 8,483,025.19	\$ 8,589,960.61
14	\$ 8,459,368.71	\$ 7,265,453.34	\$ 1,172,655.90	\$ 1,426,859.78	\$ 4,279,207.71	\$ 8,846,098.67	\$ 17,436,059.28
15	\$ 8,821,429.69	\$ 7,576,414.75	\$ 1,222,845.58	\$ 1,487,929.37	\$ 4,462,357.80	\$ 9,224,711.69	\$ 26,660,770.97
16	\$ 9,198,986.88	\$ 7,900,685.30	\$ 1,275,183.37	\$ 1,551,612.75	\$ 4,653,346.71	\$ 9,619,529.35	\$ 36,280,300.32
17	\$ 9,592,703.52	\$ 8,238,834.63	\$ 1,329,761.22	\$ 1,618,021.78	\$ 4,852,509.95	\$ 10,031,245.21	\$ 46,311,545.53
18	\$ 10,003,271.23	\$ 8,591,456.75	\$ 1,386,675.00	\$ 1,687,273.11	\$ 5,060,197.38	\$ 10,460,582.50	\$ 56,772,128.03
19	\$ 10,431,411.24	\$ 8,959,171.10	\$ 1,446,024.69	\$ 1,759,488.40	\$ 5,276,773.82	\$ 10,908,295.43	\$ 67,680,423.47
20	\$ 10,877,875.64	\$ 9,342,623.62	\$ 1,507,914.54	\$ 1,834,794.50	\$ 5,502,619.74	\$ 11,375,170.48	\$ 79,055,593.95
21	\$ 11,343,448.72	\$ 9,742,487.91	\$ 1,572,453.28	\$ 1,913,323.71	\$ 5,738,131.87	\$ 11,862,027.78	\$ 90,917,621.72

AÑO	INGRESOS (COP)			EGRESOS (COP)		FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
22	\$ 11,828,948.32	\$ 10,159,466.40	\$ 1,639,754.28	\$ 1,995,213.96	\$ 5,983,723.91	\$ 12,369,722.56	\$ 103,287,344.29
23	\$ 12,335,227.31	\$ 10,594,291.56	\$ 1,709,935.77	\$ 2,080,609.12	\$ 6,239,827.30	\$ 12,899,146.69	\$ 116,186,490.98
24	\$ 12,863,175.04	\$ 11,047,727.24	\$ 1,783,121.02	\$ 2,169,659.19	\$ 6,506,891.90	\$ 13,451,230.17	129637721.14
25	\$ 13,413,718.93	\$ 11,520,569.96	\$ 1,859,438.60	\$ 2,262,520.60	\$ 6,785,386.88	\$ 14,026,942.82	\$ 143,664,663.96
26	\$ 13,987,826.10	\$ 12,013,650.36	\$ 1,939,022.57	\$ 2,359,356.48	\$ 7,075,801.44	\$ 14,627,295.97	\$ 158,291,959.93
27	\$ 14,586,505.06	\$ 12,527,834.59	\$ 2,022,012.74	\$ 2,460,336.94	\$ 7,378,645.74	\$ 15,253,344.24	\$ 173,545,304.17
28	\$ 15,210,807.48	\$ 13,064,025.91	\$ 2,108,554.88	\$ 2,565,639.36	\$ 7,694,451.77	\$ 15,906,187.37	\$ 189,451,491.55
29	\$ 15,861,830.04	\$ 13,623,166.22	\$ 2,198,801.03	\$ 2,675,448.73	\$ 8,023,774.31	\$ 16,586,972.19	\$ 206,038,463.74
30	\$ 16,540,716.36	\$ 14,206,237.74	\$ 2,292,909.71	\$ 2,789,957.93	\$ 8,367,191.85	\$ 17,296,894.60	\$ 223,335,358.34
31	\$ 17,248,659.02	\$ 14,814,264.71	\$ 2,391,046.25	\$ 2,909,368.13	\$ 8,725,307.66	\$ 18,037,201.69	\$ 241,372,560.03
32	\$ 17,986,901.63	\$ 15,448,315.24	\$ 2,493,383.03	\$ 3,033,889.09	\$ 9,098,750.83	\$ 18,809,193.92	\$ 260,181,753.96
33	\$ 18,756,741.02	\$ 16,109,503.13	\$ 2,600,099.82	\$ 3,163,739.54	\$ 9,488,177.37	\$ 19,614,227.42	\$ 279,795,981.38
34	\$ 19,559,529.53	\$ 16,798,989.87	\$ 2,711,384.10	\$ 3,299,147.59	\$ 9,894,271.36	\$ 20,453,716.36	\$ 300,249,697.74
35	\$ 20,396,677.40	\$ 17,517,986.63	\$ 2,827,431.34	\$ 3,440,351.11	\$ 10,317,746.17	\$ 21,329,135.42	\$ 321,578,833.15
36	\$ 21,269,655.19	\$ 18,267,756.46	\$ 2,948,445.40	\$ 3,587,598.14	\$ 10,759,345.71	\$ 22,242,022.41	\$ 343,820,855.57
37	\$ 22,179,996.43	\$ 19,049,616.44	\$ 3,074,638.86	\$ 3,741,147.34	\$ 11,219,845.70	\$ 23,193,980.97	\$ 367,014,836.54
38	\$ 23,129,300.28	\$ 19,864,940.02	\$ 3,206,233.40	\$ 3,901,268.44	\$ 11,700,055.10	\$ 24,186,683.36	\$ 391,201,519.90
39	\$ 24,119,234.33	\$ 20,715,159.46	\$ 3,343,460.19	\$ 4,068,242.73	\$ 12,200,817.46	\$ 25,221,873.41	\$ 416,423,393.30
40	\$ 25,151,537.56	\$ 21,601,768.28	\$ 3,486,560.29	\$ 4,242,363.52	\$ 12,723,012.44	\$ 26,301,369.59	\$ 442,724,762.89
41	\$ 26,228,023.37	\$ 22,526,323.96	\$ 3,635,785.07	\$ 4,423,936.68	\$ 13,267,557.38	\$ 27,427,068.21	\$ 470,151,831.10
42	\$ 27,350,582.77	\$ 23,490,450.63	\$ 3,791,396.67	\$ 4,613,281.17	\$ 13,835,408.83	\$ 28,600,946.73	\$ 498,752,777.82

AÑO	INGRESOS (COP)			EGRESOS (COP)		FLUJO NETO (COP)	FLUJO NETO ACUMULADO (COP)
	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	MANTENIMIENTO	DEPRECIACIÓN		
43	\$ 28,521,187.71	\$ 24,495,841.92	\$ 3,953,668.45	\$ 4,810,729.60	\$ 14,427,564.33	\$ 29,825,067.24	\$ 528,577,845.07
44	\$ 29,741,894.55	\$ 25,544,263.95	\$ 4,122,885.46	\$ 5,016,628.83	\$ 15,045,064.08	\$ 31,101,580.12	\$ 559,679,425.19
45	\$ 31,014,847.63	\$ 26,637,558.45	\$ 4,299,344.95	\$ 5,231,340.55	\$ 15,688,992.83	\$ 32,432,727.75	\$ 592,112,152.94
46	\$ 32,342,283.11	\$ 27,777,645.95	\$ 4,483,356.92	\$ 5,455,241.92	\$ 16,360,481.72	\$ 33,820,848.50	\$ 625,933,001.44
47	\$ 33,726,532.83	\$ 28,966,529.19	\$ 4,675,244.59	\$ 5,688,726.27	\$ 17,060,710.34	\$ 35,268,380.82	\$ 661,201,382.26
48	\$ 35,170,028.43	\$ 30,206,296.64	\$ 4,875,345.06	\$ 5,932,203.76	\$ 17,790,908.74	\$ 36,777,867.51	\$ 697,979,249.77
49	\$ 36,675,305.65	\$ 31,499,126.14	\$ 5,084,009.83	\$ 6,186,102.08	\$ 18,552,359.63	\$ 38,351,960.24	\$ 736,331,210.02
50	\$ 38,245,008.73	\$ 32,847,288.74	\$ 5,301,605.45	\$ 6,450,867.25	\$ 19,346,400.63	\$ 39,993,424.14	\$ 776,324,634.16

Valores calculados a los 50 años de funcionamiento:

VPN (COP)	220'629,645.1
TIR (%)	10.47
B/C	1.71

**ANEXO 31. Costos de construcción, operación y mantenimiento del sistema de reúso propuesto
dependiendo del tipo de apartamento.**

TIPOLOGIA	APARTAMENTOS	BAÑOS/ APTO	TOTAL BAÑOS	CONSTRUCCIÓN (COP)			OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (COP)		
				COSTO	COSTO/APTO	% COSTO/APTO	COSTO	COSTO/APTO	% COSTO/APTO
TP01	14	3	42	40'808,352	2'914,882	2.94	2'072,439	148,031	2.94
TP02	10	2	20	19'432,548	1'943,255	1.96	986,876	98,688	1.96
TP03	10	2	20	19'432,548	1'943,255	1.96	986,876	98,688	1.96
TP04	4	5	20	19'432,548	4'858,137	4.90	986,876	246,719	4.90

