

Viabilidad Técnica, Financiera y Social en la Implementación de un Sistema para el Reúso de Aguas Grises y Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Apartamentos Estrato Tres del Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia.

Angel Leonel Monroy Sanchez

Jeferson Dayan Zambrano Aparicio

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

PhD. Gestión de recursos hídricos

Codirectora

Isabel Cristina Domínguez Rivera

PhD. Gestión de recursos hídricos

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas  
Escuela de Ingeniería Civil  
Bucaramanga  
2018

### Dedicatoria

*A Dios por estar pendiente en cada instante de mi vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional*

*A mis padres Leonel Monroy y Flor alba Sánchez por ser los guía en el sendero de cada acto que realizo hoy.*

*A mis hermanos Guillermo Monroy, Heidy Monroy, Cristian Monroy y farid Salamanca por ser el motivo para seguir adelante con este objetivo.*

*A Lina Silva por estar en los momentos de alegría; por su actitud de ayuda y comprensión.*

*A mi amigo y compañero de tesis Jeferson Zambrano, que con sus conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más gratas.*

*Ángel Leonel Monroy Sánchez*

### Dedicatoria

*A Dios por guiarme, darme sabiduría y fortaleza para enfrentar este camino.*

*A mi madre Débora Aparicio por ser el motor de mi vida, por su formación ejemplar, su apoyo constante y su esfuerzo.*

*A mi hermana Marly Zambrano por ser mi ejemplo a seguir y ser una razón para seguir adelante.*

*A mi sobrina- ahijada Ashly Peña Zambrano por ser el Ángel de la guarda que ha servido de compañía y guía, que desde el cielo no me desamparo en este camino y me dio tantas alegrías, y ser una razón para ser mejor cada día.*

*A toda mi familia que con su apoyo me ayudo a enfrentar todos los obstáculos en formación académica.*

*A mi amigo y compañero de proyecto, Ángel Monroy, por su comprensión, compañía, apoyo e incondicionalidad.*

*A todos mis amigos por su comprensión y apoyo incondicional es este proceso de aprendizaje.*

*Jeferson Dayan Zambrano Aparicio*

### **Agradecimientos**

Agradecemos al director del proyecto Ing. Ph.D. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña y codirectora Ing. Ph.D. Isabel Cristina Domínguez Rivera por su colaboración, apoyo, dedicación y seguimiento durante el proceso del proyecto. A la administración del edificio residencial Tribeca e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM por facilitar la información requerida en el proceso de investigación.

**Tabla de Contenido**

	Pág.
Introducción .....	18
1. Objetivos .....	20
1.1 Objetivo General .....	20
1.2 Objetivos Específicos.....	20
2. Marco teórico .....	21
2.1 Usos Domésticos del Agua .....	21
2.2 Caracterización del agua para el reúso de AG y aprovechamiento ALI .....	21
2.3 Estudio de viabilidad técnica y financiera .....	23
2.4 Revisión de tecnologías de tratamiento y reúso.....	24
2.4.1 Aguas lluvias.....	25
2.4.2 Aguas grises. ....	26
3. Metodología .....	27
3.1 Caso de estudio .....	27
3.2 Aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALI .....	28
3.3 Diseño del sistema hidrosanitario de reúso de AG y aprovechamiento de ALI .....	28
3.3.1 Alternativas de diseño para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI .....	29

3.3.1.1 Alternativas de diseño para el reúso de AG.....	29
3.3.1.2 Alternativa de diseño para el aprovechamiento de ALI. ....	29
3.3.2 Oferta y demanda de las alternativas de diseño de AG y ALI. ....	29
3.3.3 Dimensionamiento de tanques. ....	30
3.3.3.2 Dimensionamiento de tanque de AG .....	30
3.3.3.2 Dimensionamiento de tanque de ALI. . ....	31
3.3.4 Ubicación del sistema. ....	32
3.3.5 Determinación del ahorro de AG y ALI. ....	33
3.3.5.1 Determinación del ahorro de AG.....	33
3.3.5.2 Determinación del ahorro de ALI. . ....	33
3.3.6 Selección del diseño hidrosanitario. ....	33
3.3.6.1 Diseño de las redes sanitarias. ....	34
3.3.6.2 Diseño de las redes hidráulicas. ....	34
3.3.6.3 Diseño de la red pluvial. ....	35
3.3.7 Determinación del consumo energético de AG y ALI. ....	35
3.4 Sistema de tratamiento.....	36
3.5 Costos de construcción, mantenimiento y operación.....	37
3.6 Viabilidad técnica y financiera .....	38
3.3.7 Viabilidad técnica. ....	38
3.3.7 Viabilidad financiera.....	38
4. Resultados y discusión.....	39

4.1 Aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALI. ....	39
4.1.1 Consumo medio por habitante. ....	39
4.1.2 Aceptación social en el reúso de AG. ....	40
4.1.3 Aceptación social en el aprovechamiento de ALI.....	40
4.1.4 Aceptación social en el sistema de tratamiento para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI. ....	41
4.2 Diseño del sistema hidrosanitario. ....	41
4.2.1 Alternativa de diseño para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI.....	41
4.2.1.1 Alternativa de diseño para el reúso de AG.. ....	42
4.2.1.2 Alternativa de diseño para el aprovechamiento de ALI.....	43
4.2.2 Oferta y demanda de las alternativas de diseño de AG y ALI. ....	43
4.2.3 Dimensionamiento de tanques .....	44
4.2.3.1 Dimensionamiento de tanque de AG. ....	44
4.2.3.2 Dimensionamiento de tanque de ALI.. ....	45
4.2.4 Ubicación del sistema. ....	46
4.2.5 Determinación del ahorro de AG y ALI. ....	46
4.2.5.1 Determinación del ahorro de AG. ....	46
4.2.5.2 Determinación del ahorro de ALI. ....	47
4.2.6 Diseño hidrosanitario. ....	47
4.2.6.1 Diseño d las redes sanitarias. ....	47
4.2.6.2 Diseños de las redes hidráulicas. ....	48
4.2.6.3 Diseño de las redes pluviales. ....	48

4.2.7 Determinación del consumo energético de Ag y ALL.....	48
4.3 Sistema de tratamiento.....	49
4.4 Costos de construcción, operación y mantenimiento.....	50
4.5 Viabilidad técnica y financiera .....	52
4.5.1 Viabilidad técnica. ....	52
4.5.2 Viabilidad financiera.....	52
5. Conclusiones .....	55
6. Recomendaciones .....	57
Referencias Bibliográficas .....	58
Apéndices.....	70

**Lista de Tablas**

Tabla 1 <i>Número de habitantes por apartamento</i> .....	30
Tabla 2. <i>Oferta y Demanda para el reúso de AG y aprovechamiento de ALl</i> .....	44
Tabla 3. <i>Volumen anual para el aprovechamiento de ALl</i> .....	45
Tabla 4. <i>Ahorro anual en metros cúbicos de reúso de AG</i> .....	46
Tabla 5. <i>Ahorro anual de ALl</i> .....	47
Tabla 6 <i>Consumo energético del sistema de tratamiento</i> .....	49
Tabla 7 <i>Costo de construcción por apartamento</i> .....	51
Tabla 8 <i>Costos de mantenimiento y operación</i> .....	51
Tabla 9. <i>Índices financieros Diferentes países</i> .....	53

**Lista de Figuras**

Figura 1. Configuración de la unidad residencial estudiada .....	27
Figura 2. Disposición al pago del sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALI respecto al valor del apartamento. ....	41
Figura 3. Sistema tratamiento AG.....	50

**Lista de Apéndices**

Apéndice 1. Características fisicoquímicas del agua gris y lluvia .....	70
Apéndice 2. Características del agua en diferentes tecnologías.....	75
Apéndice 3. Revisión de tecnologías para el tratamiento y reutilización de agua gris ....	78
Apéndice 4. Encuesta aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALI....	80
Apéndice 5. Segunda encuesta aceptación del reúso de AG y aprovechamiento de ALI.	86
Apéndice 6. Parámetros diferentes normativas .....	90
Apéndice 7. Información de los usuarios. (a) edad. (b) sexo. (c) formación académica .	92
Apéndice 8. Intervalos de clase L/hab.día. ....	93
Apéndice 9. Diagrama de frecuencias.....	94
Apéndice 10. Comparación del consumo del agua obtenida en la encuesta y diferentes autores. .....	95
Apéndice 11. Aceptación social del reúso de AG.....	96
Apéndice 12. Aceptación social del aprovechamiento de ALI. ....	97
Apéndice 13. Preferencias de las fuentes de origen de AG para el reúso. ....	98
Apéndice 14. Fuentes de preferencia Reúso de AG tratada. ....	99
Apéndice 15. Fuentes de preferencia para el uso de ALI tratada. ....	100
Apéndice 16. Dimensionamiento de tanque de ALI. ....	101
Apéndice 17. Ubicación del sistema. ....	104
Apéndice 18. Especificaciones de diámetros y caudales. ....	105

Apéndice 19. Plano red sanitaria.....	111
Apéndice 20. Bajantes redes sanitarias. ....	112
Apéndice 21. Especificaciones de diámetros y caudales RH.....	116
Apéndice 22. Planos RH. ....	123
Apéndice 23. Planos Bajantes hidráulicas. ....	126
Apéndice 24. Planos RP.....	127
Apéndice 25. Planos Bajantes RP .....	129
Apéndice 26. Potencia requerida por la bomba. ....	130
Apéndice 27. Aceptación del sistema de tratamiento. ....	131
Apéndice 28. Materiales utilizados para el reúso de AG. ....	132
Apéndice 29. Equipos utilizados para el reúso de AG.....	133
Apéndice 30. Materiales utilizados para el aprovechamiento de ALL.....	134
Apéndice 31. Equipos utilizados para el aprovechamiento de ALL. ....	135
Apéndice 32. Presupuesto. ....	136
Apéndice 33. Depreciación de los sistemas de bombeo y tratamiento. ....	160
Apéndice 34. Mantenimiento del sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALL.	161
Apéndice 35. Cotización trampa de grasas. ....	162
Apéndice 36. Cotización bombas AG.....	163
Apéndice 37. Cotización bomba. ....	164
Apéndice 38. Cotización bomba. ....	165
Apéndice 39. Flujo de caja.....	166
Apéndice 40. Imágenes Revit. ....	170

## Resumen

**TITULO:** VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.<sup>1</sup>

**AUTORES:** ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Aguas grises, Aguas lluvias, Reúso, Aprovechamiento, aceptación social, sistema de tratamiento, Viabilidad financiera.

El consumo del agua ha crecido a nivel mundial en más del doble de la tasa de aumento de población en el último siglo. De igual modo el crecimiento poblacional en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) es del 21.3% entre los censos de los años 1993 a 2005, lo que trae consigo el incremento en el consumo de agua potable. El uso de aguas grises y pluviales tratadas de la vivienda en usos no estrictamente potables podría contribuir a ahorros significativos de agua potable de los sistemas de abastecimiento. En este estudio se evaluó la factibilidad técnica, social y financiera de la implementación de un sistema hidrosanitario, para el reúso de aguas grises (AG) y aprovechamiento de aguas lluvias (ALI). Se seleccionó un edificio de estrato socioeconómico tres ubicado en el área metropolitana de Bucaramanga, Colombia (63 apartamentos con 144 habitantes, con consumo de 103.06 L/hab/día); en el cual se realizó un diseño hidrosanitario de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias. Se encontró: una aceptación de los usuarios del 96%; ahorro de agua potable del 21.16%; tiempo de recuperación de la inversión (TR) de 16 años; y una relación beneficio-costos de 2.17. La implementación del sistema descentralizado para el reúso de AG proveniente de las duchas para ser tratada y suministrada a los inodoros y el aprovechamiento a ALI es técnica y financieramente viable

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

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

**Abstract**

**TITLE:** TECHNICAL, FINANCIAL AND SOCIAL FEASIBILITY FOR THE IMPLEMENTATION OF GREYWATER TREATMENT SYSTEMS AND RAINWATER HARVESTING IN STRATUM THREE APARTMENTS FROM BUCARAMANGA METROPOLITAN AREA, COLOMBIA.\*

**AUTHORS:** ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO\*\*

**KEY WORDS:** Grey water, rainwater, reuse, exploitation, social acceptance, treatment system, financial viability.

Worldwide, the consumption of water has grown at more than double the rate of the population in the last century. In the same way, the population growth in the Metropolitan Area of Bucaramanga (AMB) is 21.3% according to the censuses between the years 1993 to 2005, reason why there is an increase in the consumption of drinking water. The use of rainwater and treated greywater for domestic consumption in not strictly potable purposes, could contribute to significant savings of drinking water from supply systems. In this study, we evaluated the technical, social and financial feasibility of the implementation of a hydro-sanitary system, for the reuse of greywater (GW) and rainwater (RW). A building of socioeconomic stratum three (63 apartments with 144 inhabitants presenting a consumption of 103.06 L/hab/day) located in the Bucaramanga metropolitan area, Colombia was selected, where a hydro-sanitary system was designed for the use of GW and RW. The results show a 96% user acceptance, 21.16% drinking water saving, a payback period of 16 years, and a relation benefit-cost of 2.17. The implementation of the decentralized system for the reuse of GW from showers to be treated and supplied to the toilets, together with RW use was technically and financially feasible.

---

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

## Introducción

El consumo de agua ha crecido a nivel mundial en más del doble de la tasa de aumento de población en el último siglo; asimismo un número creciente de regiones están alcanzando el límite en el cual los servicios de agua pueden ser entregados de manera sostenible (FAO, 2017). Solo en Colombia, el 8.2% del gasto anual de agua se debe al sector doméstico, lo que equivale a 2.96 Km<sup>3</sup> de agua al año (IDEAM, 2015).

En Bucaramanga, el crecimiento de la población ha aumentado un 21.3% entre los censos de los años 1993 a 2005 (Secretaría de Planeación de Bucaramanga, 2014), lo que trae consigo, el incremento en el consumo de agua potable. Así mismo el 27.65% de la población pertenece a viviendas estrato tres (Observatorio de hábitat y vivienda de Bucaramanga, 2014), mientras que el 40.4% de las viviendas en la ciudad, son unidades tipo apartamento (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005). Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, la alta proporción de viviendas estrato 3 y el alto número de viviendas tipo apartamento, la implementación de un sistema alternativo de fuente de abastecimiento de agua, en este tipo de predios, puede contribuir con la sostenibilidad de los recursos hídricos y podría generar un ahorro financiero que favorece la calidad de vida de los colombianos de estratos bajo y medio.

El uso de aguas grises (AG) y lluvias (ALI) tratadas para el abastecimiento de la vivienda en usos no estrictamente potables podría contribuir a ahorros significativos de agua potable de los sistemas de abastecimiento (Castellanos & García, 2015). El aprovechamiento de aguas lluvias ha sido empleado en usos como descarga de sanitarios y lavado de zonas comunes (Palacio, 2010). Las aguas grises, siempre que se traten y manejen apropiadamente, son implementadas en

actividades como agricultura, lavado de autos, cisternas de los inodoros, riego del jardín y limpieza de los exteriores (Silva, Torres & Madera, 2008). Esto muestra el potencial que tienen ambas prácticas para el reciclaje, reutilización y aprovechamiento de aguas como técnicas alternativas de abastecimiento (Palacio, 2010).

Estudios previos (Rivera & Zaraza, 2015) (Mendoza & Rincón , 2016) (Guerrero, 2017) realizados en el contexto de la ciudad de Bucaramanga, han abordado la factibilidad en la implementación de sistemas hidrosanitarios para el reúso de aguas grises y aprovechamiento de agua lluvias en esquemas descentralizados tipo viviendas de altos y bajos ingresos económicos, encontrándose respectivamente un ahorro del consumo total del agua potable y tiempo de retorno de la inversión de 44.3% y 22 años (vivienda estrato 6); 25.0% y 16 años ( vivienda estrato 2); 20% y 16 años (edificio estrato 6), que dan cuenta de su factibilidad.

En el presente proyecto se propone de un diseño del sistema hidrosanitario para el reúso de AG y aprovechamiento de ALL para adaptarlo a apartamentos estrato tres. El diseño parte del nivel de aceptación de los usuarios, los usos seleccionados por los usuarios, los aparatos hidrosanitarios empleados como fuentes de abasto, el nivel de tratamiento requerido para el reúso y el dimensionamiento de los distintos componentes del sistema. Además, se realizó un análisis de costo de inversión, operación y mantenimiento del sistema, que permite determinar la factibilidad financiera y el ahorro de agua potable en la implementación del sistema hidrosanitario.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Evaluar la factibilidad técnica, social y financiera de la implementación de un sistema hidrosanitario, para el reúso de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias en una unidad de apartamentos de estrato tres en el área metropolitana de Bucaramanga.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Proponer una alternativa técnica para el reúso de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias, considerando los aspectos sociales.
- Diseñar la alternativa seleccionada, cumpliendo los requerimientos técnicos e hidráulicos del sistema.
- Evaluar indicadores financieros para el sistema propuesto.

## **2. Marco teórico**

### **2.1 Usos Domésticos del Agua**

En Colombia el total de agua que se demanda en los diferentes sectores es de 35.98 Mm<sup>3</sup>. El sector agrícola es el de mayor demanda con un 46.6%, seguido del sector energético con un 25.5%, el pecuario con el 8.5%, el doméstico con el 8.2%, el industrial con el 5.9%, el acuícola con el 4.6%, la minería con el 1.8%, los hidrocarburos con el 1.6% y los servicios con el 1.3% (IDEAM, 2015).

El consumo de agua doméstica se debe a un 27.1% al lavado de ropa, 20.9% en duchas, 19.9% por los sanitarios, 15.5% por el lavado de platos, 4.9% en el aseo de la vivienda, 3.9% en el consumo propio, 3.7% en el lavado de manos, 1.9% en el riego de jardines, 1.5% en el lavado de vehículos y 0.7% en el riego de plantas (Santana, Bonilla & Castillo, 2015). El uso de agua en algunos propósitos no requiere agua estrictamente potable, por lo que se puede emplear el reúso de aguas residuales domésticas.

### **2.2 Caracterización del agua para el reúso de AG y aprovechamiento ALI**

Las características fisicoquímicas y microbiológicas de AG y ALI dependen de factores indispensables como las fuentes de abastecimiento, las instalaciones hidráulicas, la calidad del agua, el tipo de abastecimiento de agua potable, las actividades en el hogar y el uso de productos químicos (Allen, Smith & Palaniappan, 2010), (Ver Apéndice 1). Estas características han sido

evaluadas desde varios procesos de tratamiento, con el fin de determinar los sólidos suspendidos totales (TSS), la turbidez, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO); mostrando finalmente las cantidades de reducción en los diferentes sistemas de tratamiento (Gisi & et al, 2015) (Apéndice 2).

El AG de lavado presenta características físicas con una alta cantidad de sólidos suspendidos y turbidez, además en sus características biológicas poseen una alta DBO y en sus características microbiológicas contiene coliformes (Erikson, Auffarth, Henze & Ledin, 2012). Respecto al agua gris del lavamanos y ducha, sus características se basan en la composición dada por el jabón, champú, tintes para el cabello, pasta de dientes y productos químicos de limpieza (Andersen, Lundsby, Wedel, Eriksson & Ledin, 2007).

El conocimiento de la calidad del ALI es fundamental para salvaguardar la salud pública. La recolección y utilización del ALI se considera muy atractiva en ausencia de contaminantes y contaminación (Georgios & Gikas, 2012). Varias fuentes externas de contaminación como, por ejemplo, los patógenos microbiológicos o contaminantes químicos pueden influir en la calidad del ALI (Young, Yang, Han & Choi, 2010), también las prácticas de uso del suelo, el material del techo, los patrones climáticos y sus interacciones influyen en la calidad del ALI, contrariamente a la idea de que el agua del techo es segura (Campisano & et al, 2017). Los datos apuntan a la contaminación fisicoquímica y microbiana del agua lluvia a través de la deposición atmosférica, la lixiviación y los materiales del techo (Gwenzi, Dunjana, Pisa, Tauro, & Nyamadzawo, 2015). En general, el mal mantenimiento de los sistemas de recolección de ALI puede conducir a la contaminación microbiana de bacterias, virus y protozoos, así como la contaminación química. Los techos pueden estar contaminados con polvo, materia orgánica,

excrementos de aves y animales y contaminantes de las actividades humanas (Young & et al, 2010).

### **2.3 Estudio de viabilidad técnica y financiera**

La viabilidad técnica se analiza de forma cuantitativa a partir de criterios como la disponibilidad de espacios, tecnologías, personal capacitado para la implementación y resultado final (Rivera Sánchez & Zaraza Peña, 2015). Evalúa las restricciones que se presentan al llevar a cabo un proyecto, y que pueden afectar la obtención de un resultado aceptable (Mendoza & Rincón, 2016).

El estudio de la viabilidad financiera se elabora para estimar la viabilidad del proyecto centrándose en indicadores financieros convencionales tales como el valor presente neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y tiempo de retorno de la inversión (TR) que mostrará el análisis costo-efectividad (Morales, Lurueña & Gabarrell, 2014). Se han formulado estudios de aprovechamiento de ALI y reúso de AG en complejos residenciales donde los resultados muestran reducciones en el consumo total de agua potable y en el costo total (García, Bocagrande, Nápoles, Serna & Ponce, 2015).

Investigaciones anteriores muestran que el AG sería más rentable que el ALI, sin embargo, cuando se usa en conjunto el ALI y el AG, el período de retorno es más alto, pero sigue siendo rentable (Ghisi & Ferreira, 2007). Por el contrario, la implementación independiente de los sistemas descentralizados de ALI o de AG aumenta los costos (Eong & et al, 2017). Desde una perspectiva de recolección de agua, los edificios de apartamentos presentan retos comparados

con las viviendas separadas, ya que la proporción de techo a superficie habitable para cada unidad se reduce (Stephan & Stephan, 2017).

Los Reactores Biológicos Rotativos (RBC), son económicamente viables una vez que un edificio alcanza 7 pisos a 28 pisos, mientras que los Reactores Biológicos de Membranas (MBR) son económicamente viables para el aprovechamiento de AG y ALI en edificios de 38 pisos a 152 pisos (Eong & et al, 2017).

En conjunto, la viabilidad del proyecto está determinada en el análisis de los parámetros técnicos, económicos y sociales, que definen la posibilidad de ejecución de este (Seguí & Alfranca, 2014). De esta manera se evalúa la posibilidad de implementación, la disponibilidad de espacio, la funcionalidad, el análisis del mercado con base en la oferta y la demanda, el grado de aceptación por el público al cual va dirigido, los recursos necesarios para llevarlo a cabo, las necesidades de financiación, la relación costo – beneficio y el impacto social (Ardila, 2013).

#### **2.4 Revisión de tecnologías de tratamiento y reúso**

Los sistemas descentralizados de agua se refieren a una gama de tecnologías e infraestructuras que pueden utilizarse como método alternativo de abastecimiento de agua. Estos sistemas pueden utilizar diversas fuentes del líquido, que incluyen ALI, AG y agua localmente recuperada; igualmente brindan una serie de beneficios como el ahorro de costos, la eficiencia de los recursos, la seguridad del servicio, la reducción de fallo del sistema, la fuerza de la economía local, el bienestar de la comunidad, y la protección del medio ambiente (Wilcox, 2016).

**2.4.1 Aguas lluvias.** La calidad del ALI se puede mejorar si los sistemas de recolección incluyen captaciones, canaletas, redes de tuberías y tanques de almacenamiento que se pueden limpiar con regularidad y que se fabrican a partir de materiales no tóxicos, dado que los contaminantes depositados en los tejados pueden contaminar el agua almacenada y causar la acumulación de sedimentos en el tanque de almacenamiento (Young et al., 2010).

Para mejorar el ALI en los sistemas de tratamiento, por lo general se instalan primero desviadores de descarga y filtros para evitar la entrada de contaminantes gruesos como hojas, insectos y contaminantes orgánicos (Abbasi & Abbassi, 2011), precedidos por filtración para eliminar partículas en suspensión con el fin de mejorar la eficacia de desinfección y la estética del agua. Así mismo, se han utilizado tecnologías para la eliminación de partículas suspendidas del ALI como los filtros, las membranas, el carbón activado granular, la arcilla expandida, la grava (Silva, Weber & Ghisi, 2013), la cloración que es la práctica más común y fácilmente aplicable, y la filtración lenta en arena para mejorar la calidad bacteriológica del agua (Li, Boyle & Reynolds, 2010).

**2.4.2 Aguas grises.** La mayoría de las tecnologías para el reúso de AG cuentan con una etapa de pre tratamiento, es decir, una separación solido-líquida, seguida del post-tratamiento con la desinfección. Gisi, Casella & Matarnicola (2015), presentan una revisión de tecnologías utilizadas en la reutilización de AG (Ver Apéndice 3). Adicionalmente, existen una variedad de herramientas para el tratamiento de las AG, entre ellas se destacan los Reactores Biológicos de Membranas (MBR) capaz de lograr eficiencias satisfactorias de eliminación de sustancias orgánicas, tensioactivas y microbianas sin etapa posterior a la filtración y desinfección (Sostar, Petrinic & Somonic, 2005).

El AG después del tratamiento, se ha utilizado para diferentes usos domésticos tales como, el lavado de inodoros, el lavado de manos, la limpieza, la jardinería entre otros, donde el agua no debe ser estrictamente potable para su uso (Gisi & et al, 2015). Además, existen otras alternativas como el biofiltro; este sistema trata el AG en cuatro pasos: la sedimentación, la filtración, la adsorción y la desinfección a través de la luz ultravioleta, siendo el efluente adecuado para el riego y el lavado del inodoro (Campisano & Modica, 2010). Sin embargo, los biofiltros comerciales se pueden proponer cuando no hay espacio disponible, dado que el tamaño del sistema depende del número total de personas que viven en el edificio (Berndtsson, Mourad & Berndtsson, 2011). Adicionalmente, existen los Reactores Biológicos Rotativos (RBC), que consisten en una etapa de decantación y sedimentación, seguida de una unidad de desinfección con cloro (Friedler & Hadari, 2006).

### 3. Metodología

#### 3.1 Caso de estudio

Tribeca es un edificio residencial ubicado en la ciudad de Bucaramanga (Colombia), localizado en la calle 11 con carreras 23 y 24. Cuenta con 63 apartamentos de tres tipos (i.e. con una, dos y tres habitaciones) y está clasificado en estrato tres. Está compuesto por dos sótanos de parqueaderos, dos cuartos de máquinas ubicados en el sótano 3 y piso 15, el primer piso está conformado con un local comercial, el lobby del edificio, portería, sala de espera, oficina de administración, sala ejecutiva, cuarto de basuras y un área de parqueadero. Los apartamentos se encuentran entre el segundo al catorceavo piso, en los pisos del segundo al trece cuenta con 5 apartamentos, un T1 (1 habitación), dos T2 (2 habitaciones) y dos T3 (tres habitaciones). En el piso catorce está compuesto con tres apartamentos, un T1 (1 habitación) y dos T2 (2 habitaciones) para un total de 63 apartamentos (Figura 1).

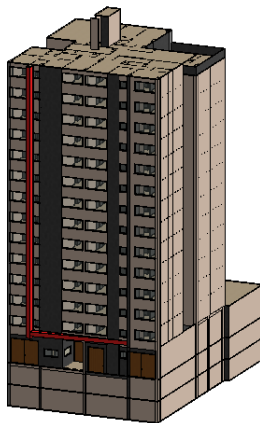


Figura 1. Configuración de la unidad residencial estudiada

### **3.2 Aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALI**

Se llevó a cabo una primera encuesta (Apéndice 4) en los apartamentos del edificio Tribeca para determinar la aceptación social, el consumo promedio por habitante y las preferencias de los usuarios para la selección de los aparatos sanitarios en el reúso de AG y aprovechamiento de ALI. Se incluyeron 10 preguntas de información personal (i.e. sexo, edad, nivel educativo, si el apartamento es propio o alquilado, personas que viven en el apartamento y el consumo de agua potable) y 10 preguntas divididas en 3 secciones sobre: reúso de AG, aprovechamiento de ALI y nivel de aceptación.

Las encuestas se realizaron en dos días, donde en el 15.87% de los apartamentos no se encontraban los residentes, el 17.46% se encontraban vacíos y el 1.59% no aceptaron ser encuestados, siendo así el 65.08% de la edificación encuestada (41 apartamentos), este porcentaje es aceptable, de acuerdo al 30% recomendado por (Robson, 2002).

### **3.3 Diseño del sistema hidrosanitario de reúso de AG y aprovechamiento de ALI**

El diseño del sistema hidrosanitario para el reúso de AG y el aprovechamiento de ALI, se debe tener en cuenta la preferencia de los aparatos sanitarios que tienen los residentes del edificio ya sea como fuente de obtención (el AG de los aparatos sanitarios involucrados o las precipitaciones para el ALI) o el uso del AG y ALI tratadas, proyectando el ahorro económico que pueda brindar el sistema y garantizar la eficiencia del sistema de tratamiento.

### **3.3.1 Alternativas de diseño para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI**

**3.3.1.1 Alternativas de diseño para el reúso de AG.** A partir de los resultados obtenidos en la encuesta se planteó una opción de reúso de AG, teniendo en cuenta la captación, almacenamiento y uso del AG, este planteamiento se basó en la revisión bibliográfica de la literatura del numeral 2.

**3.3.1.2 Alternativa de diseño para el aprovechamiento de ALI.** Con base en los resultados obtenidos en la encuesta se planteó una opción de aprovechamiento de ALI, teniendo en cuenta el almacenamiento y uso del ALI, partiendo de las precipitaciones de los últimos 45 años de la estación UIS (0.825 Km del caso de estudio) y la estación IDEAM (1.227 Km del caso de estudio).

De igual manera se determinó un área de captación de 228.99 m<sup>2</sup>, este planteamiento se basó en la revisión bibliográfica de la literatura del numeral 2.

**3.3.2 Oferta y demanda de las alternativas de diseño de AG y ALI.** Para determinar la oferta y demanda de las alternativas de diseño, se planteó a partir de la distribución de uso del agua potable en Colombia (Ver numeral 2.1), el consumo del agua por habitante determinado en la encuesta y el número de residentes de los apartamentos según el tipo (Ver Tabla 1).

Tabla 1

*Número de habitantes por apartamento*

Tipo de apartamento	Número de habitantes
T1	2
T2	3
T3	4

*Nota:* Los valores de la tabla presentada son el promedio de habitantes por apartamento de la edificación.

Según la Tabla 1, se calculó un número promedio de 9 habitantes por piso, con un total de 144 habitantes en total en el edificio. Con esta información y los valores del consumo de agua por habitante se estimó la oferta y la demanda de las alternativas y las fuentes de reúso de AG y aprovechamiento de ALL.

### **3.3.3 Dimensionamiento de tanques.**

**3.3.3.2 Dimensionamiento de tanque de AG.** Para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de AG se consideraron factores como la oferta, la demanda y la frecuencia del uso de los aparatos sanitarios, respecto a la oferta y demanda se obtuvieron a partir de lo estipulado en el numeral 3.3.2. Por otro lado, la frecuencia del uso de los aparatos sanitarios puede ser diaria (lavamanos, inodoros, duchas, lavaplatos). Por el contrario, el uso de la lavadora probablemente es de uno a tres veces en la semana (Ngo, Guo, & Dang, 2011), por lo que no

presenta una periodicidad diaria. Para el reúso de AG se tuvieron en cuenta los aparatos sanitarios de periodicidad diaria para contar con el suministro constante.

El AG tratada puede utilizarse en un tiempo de almacenamiento menor a 48 horas (Li, Wichmann, & Otterpohl, 2009), por consiguiente, se debe tener en cuenta que la oferta sea mayor a la demanda, es decir que el volumen de agua recolectada sea necesario para satisfacer un ciclo de la demanda del aparato sanitario. De tal manera, el tamaño del tanque de almacenamiento de AG corresponde al menor volumen requerido entre la oferta y la demanda.

**3.3.3.2 Dimensionamiento de tanque de ALL.** En el análisis de cada método se determinó a partir del enfoque de la demanda o de oferta, siendo así, el enfoque de la demanda no tiene en cuenta la precipitación, suponiendo que el techo es muy grande para capturar la cantidad de ALL requerida, por el contrario, el enfoque de la oferta no tiene en cuenta la demanda del agua y utiliza sólo la disponibilidad de agua para el diseño de tanque de almacenamiento (Raimondi & Becciu, 2014). Del mismo modo existen software para estimar la capacidad del tanque del agua de lluvia, como lo es Neptuno®, usando datos de entrada como la demanda del agua, precipitaciones diarias, número residentes, área de techo y coeficiente de escorrentía (Ghisi & Ferreira, 2007).

En el diseño del tamaño del tanque se trabajó con las precipitaciones diarias, en un intervalo de tiempo entre 1970 a 2016. El método propuesto en el presente estudio se llevó a cabo teniendo en cuenta 5 tipos de tanques (0.5, 1.0, 1.5, 2, 2.5 m<sup>3</sup>) y el volumen captado semanalmente durante 45 años. La ecuación 1 (Domínguez & et al, 2017), muestra el proceso del dimensionamiento del tanque a partir de los datos de precipitaciones históricas.

$$(1) \quad V_{itx} = \frac{\sum_{j=m}^{j=n} (L_j * c + F_j * P) * A}{1000(n-m)}$$

Donde,

$V_{itx}$ , es el volumen de agua acumulada en el mes  $i$  para un tanque de almacenamiento de tamaño  $x$  [m<sup>3</sup>]

$m$ , es el año con información hidrológica

$n$ , es el último año con la información hidrológica

$X$ , es tamaño del tanque de almacenamiento [m<sup>3</sup>]

$A$ , es el área de captación [m<sup>2</sup>]

$c$ , es el coeficiente de escorrentía de la superficie de captación

$P$ , es la precipitación en milímetros necesarias para llenar el tanque de almacenamiento  $X$  de acuerdo con el área de captación (igual a  $(X/A) * 1000$ ) [mm]

$F$ , es el número de lluvia en el mes  $i$  con precipitaciones mayores a  $P$

$L$  es la precipitación acumulada en el mes  $i$  cuyas precipitaciones diarias fueron inferiores a  $P$  en [mm].

**3.3.4 Ubicación del sistema.** Para la ubicación del sistema de tratamiento y los tanques de almacenamiento se debe tener en cuenta el tamaño y la disponibilidad de espacio para el ingreso del personal de mantenimiento y de operación, así mismo, si se presenta la necesidad del uso de bombas para llevar el agua hacia los tanques de almacenamiento sin afectar el área construida del caso de estudio.

### **3.3.5 Determinación del ahorro de AG y ALL.**

**3.3.5.1 Determinación del ahorro de AG.** A partir de los porcentajes de uso de agua del numeral 2.1 se determinó que el valor de la oferta y la demanda de las alternativas es un valor constante a lo largo de un año, por lo cual el ahorro del AG es el valor menor entre la oferta y la demanda de los aparatos sanitarios involucrado.

**3.3.5.2 Determinación del ahorro de ALL.** El promedio de lluvia total anual es de 1303 [mm]. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses más secos son diciembre, enero y febrero, y en menor proporción, junio, julio y agosto. Las temporadas de lluvia se extienden de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. En los meses secos de principios de año, llueve alrededor de 10 días/mes; en los meses de mayores precipitaciones, así como en la temporada seca de mitad de año, puede llover de 17 a 19 días/mes (IDEAM, 2016). El ahorro de agua potable debido al aprovechamiento de ALL se obtiene sobre la diferencia entre la oferta y la demanda semanal, agregando la acumulación de la semana anterior (Oviedo, Domínguez, Ward, Rivera & Zaraza, 2017).

**3.3.6 Selección del diseño hidrosanitario.** De acuerdo con los numerales anteriores se parte de la localización del sistema y los dimensionamientos ya propuestos del almacenamiento de agua, partiendo de las alterativas de mayor aceptación de los usuarios.

Se realiza el trazado de las redes con el software Autodesk Revit (<https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit-family/free-trial>), incluyendo los diseños arquitectónicos y estructurales de la edificación, cumpliendo la normativa Técnica Colombiana

(NTC 1500) y el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) de la Red Hidráulica (RH) y la Red Sanitaria (RS) de los aparatos sanitarios que no se le hará reutilización y la Red Pluvial (RP) , de igual manera se realizó el trazado de la Red Hidráulica de AG tratada (RHT) y la Red Sanitaria de AG tratada (RST).

El trazado de la RH y RS se realizó a partir de los diseños actuales de la edificación del caso de estudio, manteniendo el trazado de la red actual para generar el menor daño a la estructura, dado que se encuentra ya construida.

**3.3.6.1 *Diseño de las redes sanitarias.*** A partir de lo descrito en el numeral 3.3.1 se realizó el trazado de la RST de la alternativa de mayor aceptación de los usuarios, revisando previamente la no interferencia con otras. Se propone conducir el AG de cada apartamento hacia la bajante que cuenta cada apartamento para conducir el agua hacia el cuarto de máquinas.

El diseño de la RS y la RST se realizó de acuerdo con (Pérez, 2010), partiendo de las unidades de servicio y los diámetros de desagüe para cada uno de los aparatos sanitarios expresadas en el RAS (Ministerio de Desarrollo Social, 2000) y a partir de los valores de Hunter, los cuales argumentan no generar un sobredimensionamiento del sistema.

**3.3.6.2 *Diseño de las redes hidráulicas.*** A partir de lo descrito en el numeral 3.3.1 se realizó el trazado de la RHT de la alternativa de mayor aceptación de los usuarios, revisando previamente la no interferencia con otras redes de la edificación, igualmente se ejecutó bombeo continuo para la RH y la RHT desde el cuarto de máquinas ubicado en el sótano tres.

El diseño de la RH y la RHT se realizó de acuerdo con Pérez Carmona (2010), partiendo de los diámetros recomendados por el RAS y teniendo en cuenta las pérdidas generadas por las

tuberías y los accesorios, ver Ecuación 2. Se revisaron las presiones que se requieren por los aparatos sanitarios y el bombeo de la edificación.

$$(2) \quad J [m. c. a] = (Lh + Lv + Acce) * j$$

$$(3) \quad P[m. c. a] = hv + Lv + J + Preq$$

Donde:

J, pérdidas

Lv, longitud vertical

Lh, longitud horizontal

Acce, pérdidas por los accesorios

P, presión

Preq, presión requerida

**3.3.6.3 Diseño de la red pluvial.** El caso de estudio cuenta con una red pluvial en óptimas condiciones, por lo tanto, no se realizó el diseño.

**3.3.7 Determinación del consumo energético de AG y ALI.** Se realizaron diferentes cotizaciones para seleccionar las bombas óptimas a utilizar en la edificación. El consumo energético generado en la implementación del sistema hidrosanitario se debe al funcionamiento de bombas para suministrar el agua en todos los pisos, en el análisis se debe conocer la potencia, el tiempo de trabajo de la bomba, el caudal requerido, la altura dinámica, la eficiencia y el volumen del AG que se bombea que corresponde a la demanda total de agua de los aparatos involucrados en el sistema de reutilizar.

$$(4) Q_{bomba} = \frac{Vol}{t * 3600}$$

$$(5) P = \frac{\rho * g * Q_{bomba} * h}{n}$$

$$(6) \text{ Gasto energetico [kwt]} = \frac{P [hp]}{1000} * t[h]$$

Donde,

t, es el tiempo de trabajo [horas]

Vol, es el volumen de agua a bombear [m3]

Qbomba, caudal de la bomba [m3/s]

$\rho$ , densidad del agua 1000 [kg/m3]

g, aceleración de la gravedad 9.81 [m/s]

h, altura dinámica de la bomba [m]

n, eficiencia de la bomba [%]

P, potencia de la bomba [Vatios]

### 3.4 Sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI, consideró factores sociales, técnicos y financieros, para que la propuesta este acorde a las necesidades y expectativas de los usuarios. De nada sirve proponer un sistema de tratamiento costoso, cuando el ahorro del agua es bajo. En este contexto socioeconómico (edificio estrato tres), y teniendo en cuenta las alternativas de mayor aceptación de los usuarios, se realizó una segunda encuesta en la

cual se presentaron unas propuestas de sistema de tratamiento (Ver Apéndice 5), con respecto la revisión de la literatura del numeral 2.4.

Los dispositivos de tratamiento de AG y ALI, se seleccionaron a partir de sus parámetros de remoción y el cumplimiento de normativas internacionales para el reúso no potable, encontradas en Australia (Chaillou, Gérente, Andrès, & Wolbert, 2011), Israel (Ramona, Green, Semiat, & Dosoretz, 2004), Estados unidos (doCouto, Calijuri, Peixoto, Sampaio, & Fonseca, 2015), Italia (Chaillou & et al, 2011) entre otras expresadas en el Apéndice 6.

### **3.5 Costos de construcción, mantenimiento y operación.**

El costo neto de la construcción es la diferencia entre los costos totales del sistema hidrosanitario original menos el sistema hidrosanitario de Reúso de AG y aprovechamiento de ALI.

A partir del modelamiento de los sistemas hidrosanitarios y pluvial en autodesk Revit, se obtuvieron las cantidades de obra y se calculó el presupuesto para determinar el costo total de la implementación del sistema. Los precios unitarios se obtuvieron de la base de datos de ConstruData (<https://construdata.com/>), Pavco (<https://pavco.com.co/>) y los aparatos sanitarios de homecenter (<http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/>) y cotizaciones telefónicas.

El valor del mantenimiento se estimó a partir del salario de un técnico especializado respecto a las horas necesarias para la realización de dichas actividades. Para el caso de los equipos electrónicos, se estimó la depreciación de los equipos con una vida útil expresada en las cotizaciones.

### **3.6 Viabilidad técnica y financiera**

**3.3.7 Viabilidad técnica.** Se analizaron los requerimientos de sistema de tratamiento, bombeo, almacenamiento, respecto a criterios como disponibilidad de espacio, tecnologías, insumos y personal capacitado, de acuerdo con lo revisado en el numeral 2.3.

**3.3.7 Viabilidad financiera.** Se realizó el flujo de caja para determinar los indicadores financieros como el tiempo de retorno (TR), el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación costo/beneficio (B/C).

A partir de los ingresos, egresos e inversión inicial se realizó el flujo de caja. Dentro de los ingresos, se incluyó el ahorro de pago del servicio de acueducto y alcantarillado. Los egresos, fueron el mantenimiento de los equipos, su depreciación y costos de energía. La inversión inicial, estuvo dada por los procesos, los materiales e insumos necesarios para instalar el sistema.

El flujo de caja fue proyectado suponiendo una vida útil de 40 años (Jiménez, 2016). Considerando una inflación del 4.14% de acuerdo con la variación de índices de precios del consumidor IPC de Colombia en los últimos 10 años (DANE, 2005) y los posibles recargos por demanda a las tarifas de servicio de acueducto, alcantarillado y energía. La tasa de descuento usada para determinar el VPN y B/C fue de 3.51% propuesta para los proyectos ambientales en Colombia (Restrepo, 2008).

## 4. Resultados y discusión

### 4.1 Aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALL.

En el Apéndice 7 se presenta la muestra representativa de los encuestados con información de la edad, sexo y formación académica, mostrando que el 66% de los encuestados están en el rango de edad entre los 18 a los 34 años, el 56% de los usuarios encuestados son mujeres y el nivel de educación es del 66% de profesional universitario.

**4.1.1 Consumo medio por habitante.** El número de habitantes por apartamento fue de 3 personas, presentando un consumo promedio de  $111.11 \pm 77.82$  (L/hab.día). Debido al alto valor de la desviación estándar, se realizó un diagrama de intervalos de clase y de frecuencias que se observa en el Apéndice 8 y 9 respectivamente.

Al descartar los valores por encima de 300 (L/hab.día) correspondientes a los intervalos de clase 5 a 6, se obtuvo un consumo promedio de  $103.06 \pm 59.02$  L/hab.día, Este valor obtenido es inferior al encontrado por el Departamento Nacional de Planeación, el cual establece un consumo promedio de 135 L/hab.día (Santana et al., 2015) esto se debe a las características de los habitantes e inferior al presentado por (Guerrero, 2017) de 160 L/hab.día dado que tiene un nivel socioeconómico alto presentan un mayor consumo de agua. De igual manera el consumo promedio de agua obtenido se encuentra en el rango en comparación en estudios bibliográfico realizado por otros autores (Ver Apéndice 10).

**4.1.2 Aceptación social en el reúso de AG.** De acuerdo a la primera encuesta realizada, se determinó que el 98% de los usuarios encuestados está dispuesto a reutilizar el AG, encontrando este resultado, mayor a los estudios realizados en Bucaramanga con un 83% (Guerrero, 2017), en Siria con un 83% (Berndtsson, Mourad & Berndtsson, 2011), en Oman con un 84% (Prathapar, Jamrah Ahmed & Adawi, 2005) y en Barcelona con un 84,2% (Domenech & Saurí, 2010), se puede discutir que los estratos socioeconómicos bajos tienden a reusar el agua por motivos de ahorro de dinero, también se puede evidenciar que gran parte de los residentes son universitarios, siendo más críticos en la importancia de la reutilización del AG. De los que aceptaron el reúso, el 59% reutilizaría el AG por el medio ambiente y el 36% por el ahorro de dinero que podría generar el reúso del agua; el 2% no aceptaron la reutilización del AG por motivos de higiene (Ver Apéndice 11).

**4.1.3 Aceptación social en el aprovechamiento de ALI.** El 95.1% de los usuarios encuestados están dispuestos aprovechar el ALI, encontrando este resultado mayor a los estudios realizados en Bucaramanga con un 86% (Guerrero, 2017) y en China con un 68.7% (Gu & et al, 2015), se puede evidenciar que la necesidad económica en estratos bajos busca un mayor aprovechamiento del ALI, de igual manera se observó que la población joven ve la necesidad del aprovechamiento del ALI debido a la escases del agua. Por el contrario, el 4.9% no aceptaron la reutilización del ALI por motivos de calidad del agua y la higiene. De los que aceptaron el reúso el 62% se justifica en ayuda al medio ambiente y el 38% por ahorro de dinero que podría generar el aprovechamiento del agua (Ver Apéndice 12).

**4.1.4 Aceptación social en el sistema de tratamiento para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI.** Respecto a la disposición a pagar por la inversión en un sistema de reutilización de AG y ALI (Ver Figura 2), el 66% de los encuestados está dispuesto a pagar menos del 3% respecto al valor del apartamento, este valor obtenido es similar en estudios realizados para estratos socioeconómicos altos de 64% (Guerrero, 2017) esto evidencia que la población en general sin importar el estrato socioeconómico, edad o sexo buscan pagar un menor costo.

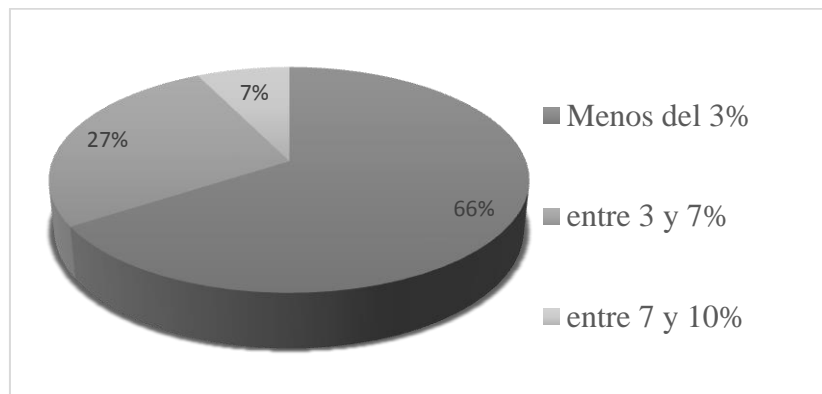


Figura 2. Disposición al pago del sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALI respecto al valor del apartamento.

## **4.2 Diseño del sistema hidrosanitario.**

### **4.2.1 Alternativa de diseño para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI.**

**4.2.1.1 Alternativa de diseño para el reúso de AG.** Respecto de las preferencias del uso de AG y ALI, se observó una mayor preferencia en los usuarios a reutilizar el AG de la lavadora, pero estudios realizados en Sydney muestran que el 70% de las personas probablemente usarán la lavadora entre 1-3 veces en la semana (Ngo et al., 2011), por lo que no es viable la disponibilidad continua de AG para diversos usos, es así como se propuso una opción de reutilización de AG, proponiendo así el uso del AG de la ducha para hacerle un tratamiento previo (Ver Apéndice 13).

Además, se determinó por parte de los residentes los aparatos sanitarios que están dispuestos a utilizar el AG tratada marcando de 1 al 7 de acuerdo a las opciones, donde 1 es la opción de mayor preferencia y el 7 el de menor, donde se observa que los usuarios presentan una mayor aceptación en los inodoros para utilizar el AG tratada (Ver Apéndice 14), un resultado igual al obtenido por (Guerrero, 2017) y (Rivera & Zaraza, 2015). Igualmente se determinó que los usuarios no utilizarían el AG por la higiene con un 43%, seguida de la calidad del agua con el 39% y un 18% por el costo del tratamiento, resultados semejantes a los encontrados por (Guerrero Ferreira, 2017), (Meléndez, 2017) y (Oviedo et al , 2017), se puede observar que los residentes prefieren reusar el AG en lugares donde requiera una menor calidad del agua, de igual manera que no sea para el consumo humano y el contacto con el AG por motivos de higiene.

**4.2.1.2 Alternativa de diseño para el aprovechamiento de ALI.** La encuesta siguió los mismos parámetros mencionados anteriormente en AG (Ver Apéndice 15). De igual manera, se determinó que los usuarios no utilizarían el ALI por la calidad del agua con un 45%, seguida de la higiene con el 29% y un 26% por el costo del tratamiento. En estudios realizados se muestra que el 47% dice que la principal razón para no instalar un tanque de ALI es el costo del tratamiento (Rahman, Keane, & Imteaz, 2012).

Se encontró que las preferencias de uso de las ALI tratada son para inodoros y duchas, encontrando un promedio de precipitación diaria a partir de datos obtenidos de Ideam de 2.40 L/hab\*día, lo cual indica que no es suficiente para satisfacer la demanda de los inodoros y las duchas, ya que se necesita más de 20 L/hab\*día en cada uno de los usos. Por consiguiente, se realizó una opción de aprovechamiento de ALI, obtenida de las precipitaciones del área descubierta del piso catorce y la cubierta de la edificación (área de captación de 228.99 m<sup>2</sup>), para el uso en las zonas comunes (698.168 m<sup>2</sup>).

Con base en la segunda encuesta (Apéndice 5), los usuarios con un 100% están de acuerdo en reutilizar el agua de las duchas para ser tratadas y suministradas a los inodoros y de aprovechar el agua pluvial para usos de limpieza de las zonas sociales.

**4.2.2 Oferta y demanda de las alternativas de diseño de AG y ALI.** A partir del numeral 3.3.2, de la metodología se obtuvo el consumo de cada aparato sanitario involucrado en el sistema de reúso de AG y el aprovechamiento de ALI (Ver Tabla 2).

Tabla 2.

*Oferta y Demanda para el reúso de AG y aprovechamiento de ALI*

(a) AG

	Aparato sanitario	Distribución [%]	Captación (L/hab.día)	Consumo [m/día]
Oferta	Duchas	20.9%	21.54	3.10
Demanda	Inodoros	19.9%	20.51	2.95

(b) ALI

	Aparato sanitario	Consumo [m <sup>3</sup> /Semana]
Oferta	Precipitación	2.42
Demanda	Zonas comunes	1.047

### 4.2.3 Dimensionamiento de tanques

**4.2.3.1 Dimensionamiento de tanque de AG.** El dimensionamiento del tanque de AG depende de la alternativa de reúso, es decir del uso, las frecuencias y las magnitudes de las opciones.

Con base en el numeral 4.2.1.1, la frecuencia y el uso de la alternativa son diarios, donde el volumen requerido es el menor valor entre la oferta proveniente de las duchas (3.10 m<sup>3</sup>/día) y la

demanda para el uso de inodoros (2.95 m<sup>3</sup>/día). Requiriendo así un tanque de 2.95 m<sup>3</sup>, pero el volumen definitivo es de 4 m<sup>3</sup>, por ser el tamaño comercial más cercano.

**4.2.3.2 Dimensionamiento de tanque de ALL.** Partiendo del numeral 4.2.1.2, de la alternativa de diseño para ALL, donde se identificó que presenta una demanda semanal de agua inferior a la precipitación recolectada, se calcula el volumen de agua almacenada para diferentes tamaños de tanques de almacenamiento, con base en esto se utilizó un coeficiente de escurrimiento de 0.8 (Ghisi, Bressan, & Martini, 2007) y un área de captación de 228.99 m<sup>2</sup>, presentando los resultados como se muestra en el Apéndice 16 y en la Tabla 3.

Tabla 3.

*Volumen anual para el aprovechamiento de ALL*

volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	volumen anual [m <sup>3</sup> ]	Diferencia [m <sup>3</sup> ]	Aumento [%]
0.5	23.04		
1	43.59	20.55	89.19%
1.5	48.65	5.06	11.61%
2	50.86	2.21	4.54%
2.5	51.79	0.93	1.83%

Basado en la Tabla 3, se encuentra los volúmenes de almacenamiento de los tanques de 0.5 al 2.5 m<sup>3</sup>, evidenciando que a partir del tanque de 2 m<sup>3</sup> el diferencial de ahorro disminuye

considerablemente por lo que no es viable la implementación de estos, por lo tanto, se toma como resultado la implementación de un tanque de 1.5 m<sup>3</sup>. Este tanque se escoge teniendo en cuenta que la demanda semanal en las zonas comunes del caso de estudio es de 1.047 m<sup>3</sup>.

**4.2.4 Ubicación del sistema.** El edificio caso de estudio dispone de unos cuartos de máquinas, ubicado en el sótano tres, donde se propone instalar el tanque de almacenamiento y el sistema de tratamiento de AG. Respecto al ALI se propone almacenamiento y tratamiento en el sótano tres (Ver Apéndice 17).

#### 4.2.5 Determinación del ahorro de AG y ALI.

**4.2.5.1 Determinación del ahorro de AG.** Con base en la metodología en el numeral 3.3.5.1, se determinó el ahorro del agua potable (Ver Tabla 4), donde se evidencia una oferta de las duchas de 3.10 m<sup>3</sup>/día, es decir, 1131.50 m<sup>3</sup>/año. Por el contrario, para satisfacer la demanda de los inodoros se requiere 2.96 m<sup>3</sup>/día, es decir, 1076.75 m<sup>3</sup>/año, entonces la cantidad de AG de las duchas satisface el agua requerida en los inodoros.

Tabla 4.

*Ahorro anual en metros cúbicos de reúso de AG*

Oferta Real [m <sup>3</sup> /día]	Demanda real [m <sup>3</sup> /día]	Ahorro diario [m <sup>3</sup> /día]	Ahorro anual [m <sup>3</sup> /año]
Ducha	Inodoro		
3.10	2.95	2.95	1077.95

**4.2.5.2 Determinación del ahorro de ALL.** A partir de lo descrito en el numeral 3.3.5.2 de la metodología del proyecto, se determinó el volumen del tanque seleccionado en el numeral 4.2.3.2, donde se determinó el ahorro de agua (Ver Tabla 5).

Tabla 5.

*Ahorro anual de ALL*

volumen tanque [m <sup>3</sup> ]	Ahorro anual [m <sup>3</sup> ]
1.5	48.65

#### **4.2.6 Diseño hidrosanitario.**

**4.2.6.1 Diseño d las redes sanitarias.** En las memorias de cálculo del trazado y diseño de la RS y la RST se encuentran especificaciones de diámetros y caudales (Ver Apéndice 18), los planos (Ver Apéndice 19) y bajantes (Ver Apéndice 20).

**4.2.6.2 Diseños de las redes hidráulicas.** El trazado y diseño de la RH y la RHT se realizó de tal manera que, si el usuario no quiere hacer uso del sistema, todos los aparatos hidráulicos se abastezcan de agua potable, eso a través de válvulas electromecánicas controladas por el usuario.

En las memorias de cálculo se encuentran especificaciones de diámetros, velocidades, pérdidas y presión (Ver Apéndice 21), planos (Ver Apéndice 22) y las bajantes (Ver Apéndice 23).

**4.2.6.3 Diseño de las redes pluviales.** El trazado y el diseño de la RP se presentaron de acuerdo con las redes actuales, debido a que el caso de estudio ya cuenta con las RP conducidas por bajantes hacia el sótano tres y será dirigida hacia el primer piso para ser suministrada por medio de una bomba (Ver Apéndice 24 y 25), por lo cual no se presentó diseño de la red. El ALI sobrante en el tanque de almacenamiento será bombeada y dirigida hacia la acometida de la edificación.

**4.2.7 Determinación del consumo energético de Ag y ALI.** A partir de lo calculado en el numeral 4.2.6, se calculó el caudal y la potencia de las bombas que requiere el sistema para el suministro de agua potable (Ver Apéndice 26).

De acuerdo con lo descrito en el numeral 3.3.7, se cotizaron de las bombas requeridas, revisando el consumo energético de cada una de las bombas y así la tarifa anual para el funcionamiento del sistema (Ver Tabla 6).

Tabla 6

*Consumo energético del sistema de tratamiento*

opción de reutilización	valor unitario	Gasto energético	Costo anual
	COP/kWh	[kWh/año]	[COP/kWh]
Alternativa reúso AG			
y aprovechamiento de	492.59	1600.5	\$788,390
ALI			

**4.3 Sistema de tratamiento.**

A partir de la revisión de la literatura del numeral 2.4.2 y de la segunda encuesta realizada (Ver Apéndice 5), los usuarios de la edificación están de acuerdo en la implementación de un sistema de tratamiento en un 78% (Ver Apéndice 27) donde las aguas provenientes de las duchas ingresan a la trampa de grasas para hacerle remoción de grasas, conduciendo a un tanque para sedimentar los sólidos suspendidos, seguido a filtros lentos de arena y finalmente depositado en un tanque de almacenamiento (Ver A Apéndice 28) para ser suministrada a la edificación por medio de bombas (Ver Apéndice 29), ver Figura 3.

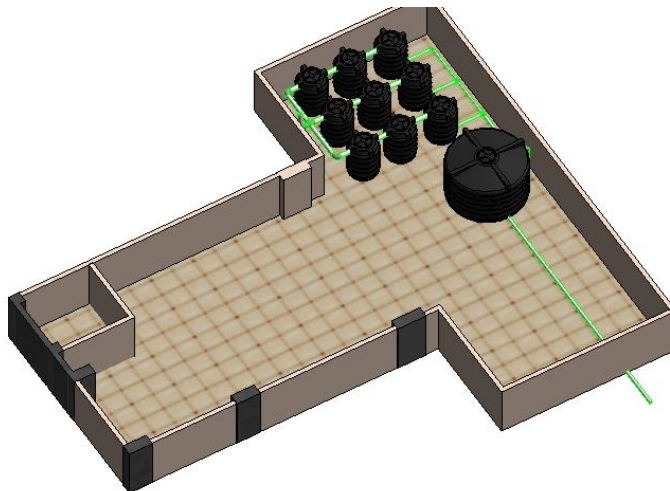


Figura 3. Sistema tratamiento AG.

Según la revisión de la literatura del numeral 2.4.1 el sistema de tratamiento de ALI, se opta por el propuesto por Oviedo et al. (2017), el cual consta con un filtro de hojas para eliminar ramas y demás sólidos de tamaños significativos (Ver Apéndice 30). Por sus características físico-químicas desfavorables de la primer agua captada se instala un desviador de primer flujo, seguido por un filtro auto limpiante el cual disminuye los niveles de metales pesados, y al construirse con materiales de fácil obtención, no tiene gastos energéticos (Oviedo et al., 2017) y será conducido al primer piso por medio de bomba (Ver Apéndice 31).

#### **4.4 Costos de construcción, operación y mantenimiento**

De acuerdo con el numeral 3.5 (Apéndice 32) se obtuvo un costo de inversión del sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALI de \$ 43'526,228.86 COP por consiguiente se presenta un costo por apartamento como se presenta en la Tabla 7 siendo un valor menor a lo expresado por los usuarios con un 66% de aceptación a invertir en la construcción de sistema de tratamiento

menos del 3% de valor total del apartamento, resultado similar al obtenido por Guerrero Ferreira (2017). Los sistemas de bombeo presentan una vida útil de aproximadamente 15 años y de sistema de tratamiento con una vida útil de 10 años para su depreciación anual \$1'294,421.43 COP (Ver Apéndice 33), además el valor del mantenimiento anual es de \$ 984,838.70 COP (Apéndice 34), siendo así un costo por apartamento como se presenta en la Tabla 8. Respecto a la encuesta dos (2), los usuarios están dispuestos a pagar por el servicio de mantenimiento y operación del sistema entre el rango de los \$1,500 a los \$2000/mes, el cual tiene en cuenta los mantenimientos preventivos del sistema de bombeo, limpieza de tanques de almacenamiento, limpieza del sistema de tratamiento y los requerimientos para el sistema de reúso de AG como son los insumos. Igualmente, el gasto energético que se requiere anualmente es de \$ 788,390.30 COP.

Tabla 7

*Costo de construcción por apartamento*

Tipo	Baño/Apto.	Total Apto	Construcción
T1	1	13	\$385,187.87 COP
T2-T3	2	50	\$770,375.73 COP

Tabla 8

*Costos de mantenimiento y operación*

Tipo	Baño/Apto.	Total Apto	Operación y mantenimiento
T1	1	13	\$726.28 COP/mes

T2-T3	2	50	\$1452.56 COP/mes
-------	---	----	-------------------

#### 4.5 Viabilidad técnica y financiera

**4.5.1 Viabilidad técnica.** Como se mencionó en el numeral 3.6.1. La viabilidad técnica cumple con la disponibilidad de espacio para la implementación del sistema de 99.48 m<sup>2</sup>, igualmente se da la posibilidad que los usuarios de decidir si desea abastecer los sanitarios con el reúso del agua o con agua potable por medio de válvulas de compuerta.

La calidad del agua en el sistema de tratamiento de trampa de grasas aumenta en un 80% seguido de un 85% en los filtros lentos de arena. Además el sistema de tratamiento puede ser operado por una persona de servicios generales, por lo que no requiere una contratación adicional para el mantenimiento preventivo que se realiza cada 6 meses. Adicionalmente, los materiales y equipos seleccionados se encuentran localmente (Ver Apéndice 35 al 38).

**4.5.2 Viabilidad financiera.** El flujo de caja realizado (Ver Apéndice 39), muestra un valor positivo presentando un tiempo de retorno de la inversión (TR) de 16 años, para los 40 años de la vida útil del proyecto. Además, se determinó la tasa interna de retorno (TIR) del 8% y un valor presente neto (VPN) de \$231'663,827 COP y una relación costo- beneficio (B/C) de 2.17. Por consiguiente, se verifica la viabilidad financiera del proyecto.

El periodo de retorno se encuentra entre el rango de los diferentes estudios realizados en diferentes países (Ver Tabla 9), observando que el TR obtenido en el presente proyecto tiene valores inferiores a proyecto realizados en Alemania, Portugal e igual a Estados Unidos, donde

se evidencia una mayor viabilidad en la implementación de sistemas descentralizados en edificios.

Tabla 9.

*Índices financieros Diferentes países*

País	Descripción	Fuente	Tratamiento	Resultado
IL			MBR	Inviabile
			RBC	TR=6 años
DEU	70 aptos- 4 unidades/piso-3 a 4 hab/unidad	AG	MBR	TR=18 años
			RBC	TR=4 años
USA			MBR	Inviabile
			RBC	TR=16 años
CO	300 aptos - 4 hab/unidad	AG	Tamiz de finos, clarifloculador, tren de filtrado	VPN=\$21'063,46 8 COP TIR=5.35% TR= 11 años
				TR bloque A=3.4 años
MX	A: 16 aptos B:17 aptos 3 hab/unidad	AG/ALL	Humedales artificiales	TR bloque B=8 años
PT	72 aptos - 270	AG	Desbaste, reactor	TIR= 4.64%

País	Descripción	Fuente	Tratamiento	Resultado
	habitantes		aerobio, ultrafiltración con membranas, desinfección con hipoclorito de sodio	TR=23.7 años
CO	63 aptos – 144	AG	Trampa de grasas, Filtro lento de arena.	TR: 16 años
Este	habitantes		Filtro de hojas, Desviador de primer	TIR: 8%
proyecto		ALL	flujo, Filtro auto limpiante	B/C: 2.17

*Nota:* IL: Israel; DEU: Alemania; USA: Estados Unidos; CO: Colombia; MX: Mexico; PT: Portugal; MBR: Reactores Biológicos de Membranas; RBC: Reactor Biológico Rotativo; TR: tiempo de retorno; VPN: Valor Presente Neto; TIR: Tasa Interna de Retorno. Adaptado de: Friedler& Hadari (2006); Ardila Galvis (2013); García & et al. (2015); Meléndez (2017).

## 5. Conclusiones

El proyecto tiene como consideración los aspectos sociales, técnicos y financieros para concluir la viabilidad de un sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALL, en edificios multifamiliares estrato 3 del área metropolitana de Bucaramanga (Colombia), donde se concluye que:

Los datos obtenidos permitieron evidenciar que los usuarios de la edificación presentan un alto porcentaje de aceptación del 98% para reusar el agua gris, y aceptan la alternativa propuesta de reusar el agua proveniente de las duchas para luego ser suministrada a los inodoros con un tratamiento previo, además un 95% de los usuarios aceptan el aprovechamiento del ALL para utilizarla en zonas comunes, siendo así, los usuarios están dispuestos a pagar un valor extra en la administración por conceptos del mantenimiento y operación del sistema, mostrando un alto sentido de pertenencia al medio ambiente.

La implementación del sistema de tratamiento seleccionado muestra una alta viabilidad debido a su bajo costo y fácil implementación, dado que el edificio cuenta con un cuarto de máquinas con un área de 98 [m<sup>2</sup>], siendo un lugar óptimo para su funcionamiento e instalación en edificios multifamiliares, permitiendo el aumento de rentabilidad financiera para los mismos y disminución del gasto de agua.

En el caso de estudio se encontró un ahorro de 1,125 [m<sup>3</sup>] anuales de agua, siendo esto el 20% del consumo total del agua, variable que permite reducir el costo de las facturas, encontrado un flujo neto anual de \$2'068,065 COP, mostrando alta viabilidad en su utilización.

La implementación de un sistema descentralizado para el reúso de AG proveniente de las duchas para ser tratada y suministrada a los inodoros, así como el aprovechamiento a ALL se evidencia como técnica y financieramente viable, al presentar una relación costo-Beneficio (B/C) de 2.17 siendo un valor superior a diferentes proyectos ya realizados, obteniendo un tiempo de retorno de 16 años para recuperar la inversión inicial de \$43'526,228.86 COP.

Se evidencia que durante este proceso de aprendizaje e investigación, se obtuvieron resultados comprobables que muestran una alta viabilidad técnica, financiera y social en sistemas descentralizados en edificios con estrato socioeconómicos bajos, presentando resultados superiores a los obtenidos en otros proyectos de estratos socioeconómicos altos en el AMB, Colombia.

## 6. Recomendaciones

Realizando este estudio se pudo observar y se recomienda:

Se recomienda la implementación de sistemas descentralizados en edificios multifamiliares con el fin de que las características del sistema puedan traer beneficios económicos y ambientales a la sociedad.

Se recomienda la implementación de un tanque contra incendios, donde las aguas de acceso del sistema de tratamiento sean dirigidas y almacenadas para posibles eventualidades que pueden presentar.

Se recomienda dar capacitaciones y recomendaciones a los usuarios sobre la orina y las heces en las duchas, ya que pueden afectar el buen funcionamiento del sistema, y traer consigo enfermedades a los demás usuarios, aunque la alternativa a la que será dirigida el agua gris tratada es el inodoro y no tiene contacto con los usuarios, podría traer problemas de salud.

Es importante la implementación de leyes y normativas relacionada a la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias en el sector doméstico que determine los criterios de calidad para disminuir el riesgo de problemas de salud pública y general una mayor aceptación por parte de la comunidad en general.

**Referencias Bibliográficas**

- Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Sources of pollution in rooftop rainwater harvesting systems and their control. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(23), 2097-2167. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10643389.2010.497438>
- Al Shayan, M., & Mahmoud, N. (2008). Start-up of an UASB-septic tank for community on-site treatment of strong domestic sewage. *Bioresource technology*, 99(16), 7758-7766. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408000990>
- Allen , L., Cristian Smith , J., & Palaniappan , M. (2010). Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management. Pacific Institute, 654, 1-41. Retrieved from [http://www.graywater.org.il/Documents/greywater\\_overview%20pacific%20institute.pdf](http://www.graywater.org.il/Documents/greywater_overview%20pacific%20institute.pdf)
- Andersen, H. R., Lundsby, M., Wedel, H. B., Eriksson , E., & Ledin, A. (2007). Estrogenic personal care products in a greywater reuse system. *Water Science & technology*, 56(12), 45-49. Retrieved from <http://wst.iwaponline.com/content/56/12/45>
- Ardila Galvis, M. (2013). Viabilidad Técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, 1-119. Obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/45618/1/1010165974.2013.pdf>
- Avery, L. M., Frazer Williams, R., Winward, G., Shirley Smith, C., Liu, S., Memon, F., & Jefferson, B. (2007). Constructed wetlands for grey water treatment. *Ecohydrology &*

- Hydrobiology, 7(3), 191-200. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359307701015>
- Baquero, M. T. (2016). Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://184.168.109.199:8080/jspui/bitstream/123456789/6613/1/313-1063-1-PB.pdf>
- Berndtsson, R., Mourad, K. A., & Berndtsson, J. C. (2011). Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria. *Journal of environmental management*, 92(10), 2447-2453. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971100140X>
- Campisano, A., & et al. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195-209. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135417301483>
- Campisano, A., & Modica, C. (2010). Experimental investigation on water saving by the reuse of washbasin grey water for toilet flushing. *Urban Water Journal*, 7(1), 17-24. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714001509>
- Castellanos Rincón, L. J., & García Parra, C. A. (2015). Diseño e implementación de un prototipo de sistema de recolección y tratamiento aguas lluvias en casa multifamiliar para uso doméstico en el barrio consuelo localidad de Rafael Uribe Uribe (Trabajo de grado). Tesis, 1-82. Obtenido de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2408/1/Final%20Trabajo%20de%20Grado.pdf>

- Cattaneo, M., & López Sardi, M. (2010). Los ciudadanos y su relación con el agua. *Sustainable Engineering and Urban Ecology*, 1-8. Retrieved from <http://www.palermo.edu/ingenieria/Pdf2010/ciudadanos.pdf>
- Chaillou, K., Gérente, C., Andrès, Y., & Wolbert, D. (2011). Bathroom Greywater Characterization and Potential Treatments for Reuse. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215, 31-42. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-010-0454-5>
- Dallas, S., Scheffe, B., & Ho, G. (2004). Reedbeds for greywater treatment- case study in Santa Elena-Monteverde, Costa Rica, Central America. *Ecological Engineering*, 23(1), 55-61. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857404000965>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Boletín censo general 2005. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/santander/bucaramanga.pdf>
- DoCouto, E., Calijuri, M. L., Peixoto, P., Sampaio, L., & Fonseca, A. (2015). Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative. *Journal of Cleaner Production*, 106, 372-379. Retrieved from <http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0959652614007938?>
- Domenech, L., & Saurí, D. (2010). Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona. *El Sevier*, 53-62. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491000162X>
- Domènech, L., & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner production*,

- 19(6), 598-608. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610004440>
- Dominguez, I., & et al. (2017). End-user cost-benefit prioritization for selecting rainwater harvesting and greywater reuse in social housing. 1-18.
- Eong, P. P., & et al. (2017). Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralized system for water recycling and reuse: A review. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3014-3027. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631798X>
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2012). Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. Characteristics of grey wastewater, 4(1), 85-104. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075801000644>
- FAO. (2017). Food and agriculture organization of the United Nations. Retrieved from Land water scarcity: <http://www.fao.org/3/b-i1688s.pdf>
- Friedler, E., & Hadari, M. (2006). Economic feasibility of on-site graywater reuse in multi-storey buildings. *Desalination*, 190(1-3), 221-234. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916406001391>
- Garcia Montoya, M., Bocanegra Martínez, A., Nápoles Rivera, F., Serna González, M., & Ponce Ortega, j. M. (2015). Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers & Chemical Engin*, 76, 104-116. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135415000563>
- Georgios, D., & GikasVassilios, A. (2012). Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Science Direct*, 146-147, 115-126. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412006993>

- Ghisi, E., Bressan, D. L., & Martini, M. (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, 42(4), 1654-1666. Retrieved from <http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0360132306000448?>
- Ghisi, E., & Bressan, D., & Martini, M. (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, 42(4), 1654-1666. Obtenido de: <http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0360132306000448?>
- Ghisi, E., & Ferreira, D. F. (2007). Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. *Building and Environment*, 7, 2512-2522. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001971>
- Gisi, S., & et al. (2015). Grey water in buildings: a mini-review of guidelines, technologies and case studies. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 33(1), 35-54. Retrieved from <http://iahr.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10286608.2015.1124868>
- Gu, Q., Chen, Y., Pody, R., Cheng, R., & Zheng, X. (2015). Public perception and acceptability toward reclaimed water in Tianjin. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 291-299. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491530046X>
- Guerrero Ferreira, J. S. (2017). Factibilidad técnica, social y financiera de la implementación de un sistema de reúso de aguas pluviales y aguas grises en edificios estrato seis, del área metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga: Proyecto de grado.
- Gwenzi, W., Dunjana, N., Pisa, C., Tauro, T., & Nyamadzawo, G. (2015). Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply:

- Review and perspectives. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 6, 107-118.  
Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212613915000070>
- Henrique, e. j. (2004). Elaboración de un artículo científico de investigación. *Ciencia y ingeniería*, x (1), 17-21.
- Homecenter. (Diciembre de 2017). homecenter. Obtenido de <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/>
- IDEAM. (Mayo de 2015). Estudio Nacional del Agua. Bogotá. Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf)
- Jamrah, A., Al-Futaisi, A., & Prathapar, S. (2008). Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman. *Environmental monitoring and assessment*, 137(1-3), 315. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9767-2>
- Jebamalar, A., & Ravikumar, G. (2011). A comparative analysis of hydrologic responses to rainwater harvesting-a case study. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(1), 34-39.  
Retrieved from <http://52.172.159.94/index.php/indjst/article/view/29929>
- Jiménez Terán, J. M. (2016). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Veracruz: Universidad Veracruzana. Obtenido de: <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Leal, L. H., Temmink, H., Zeeman, G., & Buisman, C. (2007). Characterization and biological treatment of greywater. *Water Science and Technology*, 56(5), 193-200. Retrieved from <http://wst.iwaponline.com/content/56/5/193>

- Leal, L. H., Temmink, H., Zeeman, G., & Buisman, C. (2010). Bioflocculation of grey water for improved energy recovery within decentralized sanitation concepts. *Bioresource technology*, 101(23), 9065-9070. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241001237X>
- Li, Z., Boyle, F., & Reynolds, A. (2010). Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. *Desalination*, 260(1), 1-8. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916410003504>
- Lijó, L., Malamis, S., Gonzales Garcia, S., Fatone, F., Moreira, M. T., & Katsou, E. (2017). Technical and environmental evaluation of an integrated scheme for the co-treatment of wastewater and domestic organic waste in small communities. *Water research*, 109, 173-185. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135416308107>
- Meléndez P., J. A. (2017). Viabilidad financiera de un sistema hidrosanitario con reutilización de aguas grises en complejos multifamiliares en Portugal. *Proyecto de grado*, 1, 1-145.
- Mendoza Santos, J. G., & Rincón Méndez, C. I. (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 (trabajo de grado). Bucaramanga.
- Ministerio de desarrollo social. (2000). *Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogotá.
- Morales Pinzón, T., Lurueña, R., & Gabarrell, X. (2014). Financial and environmental modelling of water hardness implications for utilizing harvested rainwater in washing machines.

- Science of the Total Environment, 470, 1257-1271. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971301245X>
- Moussavi, G., Kazembeigi, F., & Farzadkia, M. (2010). Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(1), 47-52. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582009001062>
- Ngo, T., Guo, W., & Dang, H. (2011). Responses of community to the possible use of recycled water for washing machines: A case study in Sydney, Australia. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(5), 535-540. Retrieved from [http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0921344911000061?\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_origin=gateway&\\_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb](http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0921344911000061?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb)
- Observatorio de hábitat y vivienda de Bucaramanga. (2014). Dinámica poblacional por estratos socioeconómicos, Bucaramanga. Obtenido de <http://www.invisbu.gov.co/observatorio/eje-transversal/desarrollo-urbano-y-rural/poblacion/item/143-dinamica-poblacional-por-estratos-socioeconomicos>
- Oviedo, R., Dominguez, I., Ward, S., Rivera-Sanchez, M. L., & Zaraza-peña, J. M. (2017). Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. 1-17. doi: 10.1007/s11356-017-8710-5
- Palacio Castañeda, N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia (Tesis de especialización). Medellín. Obtenido de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluvia.pdf>

- Prathapar, S. A., Jamrah, A., Ahmed, M., & Adawi. (2005). Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. *Desalination*, 186(1-3), 177-186. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916405006909>
- Prathapar, S. A., Ahmed, M., & Adawi, S. A. (2006). Design, construction and evaluation of an ablution water treatment unit in Oman: a case study. *International journal of environmental studies*, 63(2), 283-292. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207230600773257>
- Qing Zhang, D., Jinadasa, K., Gersberg, R. M., Liu, Y., Jern , W., & Keat Tan, S. (2014). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries- a review of recent developments. *Journal of environmental management*, 116-131. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714001509>
- Rahman, A., Keane, J., & Imteaz, M. A. (2012). Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. *Resources, Conservation and Recycling*, 61, 16-21. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911002473>
- Ramona, G., Green, M., Semiat, R., & Dosoretz, C. (2004). Low strength graywater characterization and treatment by direct membrane filtration. *Desalination*, 170(3), 241-250. Retrieved from <http://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0011916404800286?>
- Restrepo, F. (2008). Tasa de descuento ambiental gamma: una aplicación para Colombia. *Universidad de Antioquia*, 141-162. Obtenido de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeeconomia/article/view/739/635>

- Rivera Sánchez, M. L., & Zaraza Peña, J. M. (2015). Factibilidad técnica y económica de un sistema hidrosanitario para la reutilización de aguas grises y pluviales, caso de estudio en vivienda de alto consumo del área metropolitana de Bucaramanga. Colombia (Proyecto de grado). Bucaramanga.
- Robson, C. (2002). Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers. Wiley.
- Santana, M. C., Bonilla Tovar, J. F., & Castillo Sotomayor, C. A. (2015). Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Obtenido de Documento de trabajo proyecto general:  
[https://tramitesccu.cra.gov.co/normatividad/admon1202/files/Documento\\_de\\_Trabajo\\_y\\_Participaci%C3%B3n\\_Ciudadana\\_750.pdf](https://tramitesccu.cra.gov.co/normatividad/admon1202/files/Documento_de_Trabajo_y_Participaci%C3%B3n_Ciudadana_750.pdf)
- Secretaria de planeación de Bucaramanga. (2014). Plan de ordenamiento territorial de segunda generación. Obtenido de:  
<http://www.concejodebucaramanga.gov.co/planordenamientoterritorial/tomo2.pdf>
- Seguí, L., & Alfranca, O. (2014). Metodología para el análisis técnico-económico de los sistemas de regeneración y reutilización de las aguas residuales. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 6. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000200004&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000200004&script=sci_arttext&tlng=pt)
- SiangOh, K., ChengLeong, J. Y., EongPoh, P., NanChong, M., & VonLau, E. (2018). A review of greywater recycling related issues: Challenges and future prospects in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 171, 17-29. Retrieved from <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2191/science/article/pii/S0959652617322710?#bib71>

- Silva Vieira, A., Weeber, M., & Ghisi, E. (2013). Self-cleaning filtration: a novel concept for rainwater harvesting systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 67-73. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913001389>
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Domestic wastewater reuse in agriculture. A review. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652008000200020&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012099652008000200020&script=sci_arttext&tlng=en)
- Sostar Turk, S., Petrinic, I., & Somonic, M. (2005). Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration. *Resources, Conservation and Recycling*, 44(2), 185-196. Retrieved from [http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0921344904001818?\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_origin=gateway&\\_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb](http://ezproxy.uis.edu.co:2052/science/article/pii/S0921344904001818?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb)
- Stephan, A., & Stephan, L. (2017). Life cycle water, energy and cost analysis of multiple water harvesting and management measures for apartment buildings in a Mediterranean climate. *Stephan, A., & Stephan, L.*, 32, 584-603. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221067071730015X>
- Suárez, J., Puertas, J., Anta, J., & Jácome, A. (2010). Nuevas estrategias de gestión sostenible del agua en medio urbano. *Spanish Journal of Rural Development*, 1, 1-24. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Anta/publication/277125692\\_Nuevas\\_estrategias\\_de\\_gestion\\_sostenible\\_del\\_agua\\_en\\_medio\\_urbano/links/556c43b708aec2268303a517.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Anta/publication/277125692_Nuevas_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_medio_urbano/links/556c43b708aec2268303a517.pdf)

Young Lee, J., Yang, J. s., Han, M., & Choi, J. (2010). Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *Science Direct*, 896-905.

## Apéndices

### Apéndice 1. Características fisicoquímicas del agua gris y lluvia

El agua gris claro proviene de duchas, baños y lavabos, mientras que el agua gris oscura se obtiene de los fregaderos de la cocina, lavadoras y lavavajillas

Parámetros	Unidad	Agua lluvia		Aguas grises		Agua gris	
		Mí nimo	Má ximo	Mí nimo	Máx imo	Mí nimo	Má ximo
pH	-	3.1	11.	6.4	8.10	6.4	10
			4	0		8	
Alcalinidad	mg / l	0.5	61.	24.	43.0	83.	200.
			00	00	0	00	00
Dureza	mg / l	0.0	27	0.0	0.00	0.0	0.00
			0.00	0		0	
Conductividad a 25 ° C	mS/cm	3.0	10	82.	1565	19	245
			17	00	.00	0.00	7.00
Turbiedad	NTU	0.2	30	60.	240.	50.	210.
			3.50	00	00	00	00
color	Pt-Co	0.4	31	60.	100.	50.	70.0

Parámetros	Unidad	Agua lluvia		Aguas grises		Agua gris	
		Mí	Má	Mí	Máx	Mí	Má
		nimo	ximo	nimo	imo	nimo	ximo
			0.50	00	00	00	0
Sólidos Disueltos	mg / l	1.0	75	52	787.	59	139
Totales (SST)			0.00	0	00	0.00	6.00
Sólidos	mg / l	1.0	15	40.	303.	68.	625.
Suspendidos Totales			3.00	00	00	00	00
(SST)							
Sólidos totales (ST)	mg / l	20	20	20	1090	65	202
			0.00	8	.00	8.00	1.00
Demanda biológica	mg / l	0.0	3.0	33.	424.	48.	890.
de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )			0	00	00	00	00
Demanda Química	mg / l	8.7	23.	76.	645.	72	134
de Oxígeno (DQO)			83	00	00	5.00	0.00
Carbono Orgánico	mg / l	0.0	0.0	40.	120.	11	582.
Total (COT)			0	00	00	0.00	00
Nitrógeno Total	mg / l	0.4	1.9	0.0	0.00	0.0	0.00
(N)			2	0		0	
Fósforo Total (P)	mg / l	0.2	50.	0.1	1.80	0.0	42.0
			00	1		6	0
Nitrógeno	mg / l	0.0	0.0	0.1	15	0.1	10.7
amoniaco (NH <sub>3</sub> -N)							

Parámetros	Unidad	Agua lluvia		Aguas grises		Agua gris	
		Mí	Má	Mí	Máx	Mí	Má
		nimo	ximo	nimo	imo	nimo	ximo
Nitrato-nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N)	mg / l	0.0	72. 40	0.3	0.90	0.4	1.60
Nitrito-nitrógeno (NO <sub>2</sub> -N)	mg / l	0.0	2.4	0.0	0.00	0.0	0.00
Nitrógeno total de Kiedjahl (TKN)	mg / l	0.0	0.0	4.6	20	1.0	40.0
Oxígeno disuelto (OD)	mg / l	4.4	6.7	0.0	0.00	0.0	0.00
Aluminio (Al)	mg / l	80.	33	10	1000	10	21.0
		20	6.00	00	.00	00	00
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg / l	0.0	35.	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	400	0		0	
Arsénico (As)	mg / l	0.0	27.	1.0	1.00	1.0	7.00
		0	10	0		0	
Boro (B)	mg / l	11	56.	35	440.	20	400.
			00	0	00		00
Bario (Ba)	mg / l	0.0	11.	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	20	0		0	
Cadmio (Cd)	mg / l	0.0	0.4	0.0	10	0.5	10
		0	0	1		2	

Parámetros	Unidad	Agua lluvia		Aguas grises		Agua gris	
		Mí	Má	Mí	Máx	Mí	Má
		nimo	ximo	nimo	imo	nimo	ximo
Calcio (Ca)	mg / l	0.0	31.	35	7900	39	12.0
		0	150	00		00	00
Cromo (Cr)	mg / l	0.0	4.8	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	0	0		0	
Cloruro (Cl)	mg / l	0.0	16	90	284.	90	450.
		0	4.000	00	000	00	000
Cobre (Cu)	mg / l	1.1	45	60.	120.	50.	322.
		0	00	00	00	00	00
Fluoruro (F)	mg / l	0.0	10	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	00.00	0		0	
Hierro (Fe)	mg / l	0.0	13	34	1100	29	100
		0	90	0		0.00	0.00
Plomo (Pb)	mg / l	2.0	27	3.0	10.2	5.0	33.0
		0	1.00	0	0	0	0
Magnesio (Mg)	mg / l	0.0	93	14	2300	11	290
		0	50	00		00	0
Manganeso (Mn)	mg / l	0.5	53	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	3.00	0		0	
Mercurio (Hg)	mg / l	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00
		0	0	0		0	

Parámetros	Unidad	Agua lluvia		Aguas grises		Agua gris	
		Mí	Má	Mí	Máx	Mí	Má
		nimo	ximo	nimo	imo	nimo	ximo
Níquel (Ni)	mg / l	0.0	12.	5.1	26.5	0.0	0.00
		0	20	5	0	0	
Potasio (K)	mg / l	0.0	87	1.6	5200	15.	17.0
		0	30	3	.00	60	00
Fosfato (PO <sub>4</sub> P)	mg / l	0.0	62	40	15.0	40	169.
		0	0.00	0	00	0.00	000
Sodio (Na)	mg / l	0.0	32.	74	151.	49.	530.
		0	320	00	000	000	000
Zinc (Zn)	mg / l	0.5	32	59.	6300	90.	320.
		0	00	00		00	00

**Fuente:** Allen & et al (2010)

## Apéndice 2. Características del agua en diferentes tecnologías

Referencia	Proceso	TSS (mg/L)		DQO (mg/L)		DBO (mg/L)	
		Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
		Physical processes Gerba et al. (1995)	Filtro de cartucho	19	8	--	--
Brewer. Brown. and Stanfield (2000)	Filtración + desinfección	--	--	157	47	--	--
March. Gual. and Orozco (2004)	Cribado + sedimentación + desinfección	44	19	171	78	--	--
Ramon et al. (2004)	Membrana UF	35	18	280	130	195	86
	Membrana NF	28	0	226	15	--	--
	Membrana del RO	18	0	130	3	86	2
Prathapar et al. (2006)	Filtración + Carbono activado + Filtro de arena	9	4	51	35	--	--
Chemical	Electro-	29	9	52	22	23	9

Referencia	Proceso	TSS (mg/L)		DQO (mg/L)		DBO (mg/L)	
		Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
		processes liu et al. (2005)	coagulación + desinfección				
Sostar-turk. Petricic. and Simonic (2005)	Coagulación + Filtro de arena + GAC	35	<5	280	20	195	10
Pidou et al (2008)	Coagulación con sal de aluminio	--	--	791	287	205	23
Pidou et al (2008)	Resina de intercambio iónico magnético	--	--	791	272	205	33
Biogical processes nolde (2000)	Sedimentación + RBC + desinfección UV	--	--	100- 430		50-250	<5
Abdel-Kader (2013)	Sedimentación + RBC + desinfección UV	28	4.59	179	--	72	4.19
Liu et al. (2005)	Pantalla + RBC + Filtración de arena + cloración	43	7.9	158	40	59	2.3
Liu et al.	MBR	--	ND	130-	18	99-221	<5

Referencia	Proceso	TSS (mg/L)		DQO (mg/L)		DBO (mg/L)	
		Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera
		(2005)				322	
Lesjean and gnirss (2006)	MBR	--	<1	493	24	--	--
Merz et al. (2007)	MBR	--	--	109	15	59	4
Friedler and Gilbao (2010)	MBR	--	--	84	42	95	1.1
Elmitwalli et al. (2007)	UASB	--	--	681	470	--	--
Gross et al. (2007)	Humedales construidos	158	3	839	157	466	0.7

*Nota:* UF: Ultrafiltración; NF: Nanofiltración; RO: ósmosis inversa; GAC: Carbón Activado Granular; UV: ultravioleta; RBC: Reactores Biológicos Rotativos; MBR: Reactores Biológico de Membrana; UASB: Reactor Anaeróbico de flujo ascendente.

*Adaptado de:* Gisi & et al (2015).

## Apéndice 3. Revisión de tecnologías para el tratamiento y reutilización de agua gris

Referencia	Proceso
Physical processes Gerba et al. (1995)	Filtro de cartucho
Brewer. Brown. and Stanfield (2000)	Filtración + desinfección
March. Gual. and Orozco (2004)	Cribado + sedimentación + desinfección
Ramon et al. (2004)	Membrana de ultrafiltración
	Membrana de nanofiltración
	Membrana del osmosis inversa
Prathapar et al. (2006)	Filtración + Carbono activado + Filtro de arena
Chemical processes liu et al. (2005)	Electro-coagulación + desinfección
Sostar-turk. Petrinic. and Simonic (2005)	Coagulación + Filtro de arena + carbón activado granular
Pidou et al (2008)	Coagulación con sal de aluminio
Pidou et al (2008)	Resina de intercambio iónico magnético
Biological processes nolde (2000)	Sedimentación + RBC + desinfección ultravioleta
Abdel-Kader (2013)	Sedimentación + RBC + desinfección ultravioleta

Liu et al. (2005)	Pantalla + RBC + Filtración de arena + cloración
Liu et al. (2005)	MBR
Lesjean and gnirss (2006)	MBR
Merz et al. (2007)	MBR
Friedler and Gilbao (2010)	MBR
Elmitwalli et al. (2007)	UASB
Gross et al. (2007)	Humedales construidos

*Nota:* RBC: Reactores Biológicos Rotativos; MBR: Reactores Biológico de Membrana;

UASB: Reactor Anaeróbico de flujo ascendente. *Adaptado de:* Gisi & et al (2015).

Apéndice 4. Encuesta aceptación social del reúso de AG y aprovechamiento de ALI

***ENCUESTA: USOS DE AGUAS GRISES Y AGUAS LLUVIAS***

La presente encuesta tiene como propósito evaluar la viabilidad de la reutilización de fuentes de agua alternativas como aguas lluvias y aguas grises en apartamentos estrato tres, esto como parte de la realización de un proyecto de grado por estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. UIS.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO:**

La información suministrada en la presente encuesta será exclusivamente consultada por los estudiantes Ángel Leonel Monroy Sánchez y Jeferson Dayan Zambrano Aparicio, al igual que por el Director y Co- Directora de proyecto de grado Edgar Ricardo Oviedo Ocaña y Isabel Cristina Domínguez Rivera. La publicación de los resultados se hará de manera compilada con todos los encuestados y en ningún momento se revelará su identidad. De igual manera recuerde que puede desistir de responder cualquier pregunta en el momento que desee.

**Datos de la vivienda**

Número de apartamento

Tipo de apartamento \_\_\_\_\_ (*T1: apartamento con 1 habitación. T2: apartamento con 2 habitaciones. T3: apartamento con 3 habitaciones*)

Nombre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ apellido

Nivel educativo \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_

Ocupación \_\_\_\_\_

Apartamento propio o alquilado \_\_\_\_\_

Cuántas personas viven en el apartamento \_\_\_\_\_

Consumo promedio de agua potable en el apartamento \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> (*Esta información puede ser encontrada en el recibo del agua. bajo el grafico de barras que muestra los consumos anteriores*)

Consumo de los últimos meses de agua potable: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>.  
 \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

### **Aguas grises**

Las aguas grises son las aguas residuales domésticas provenientes de duchas, lavadoras, lavaplatos, lavamanos, etc. (no se incluye el agua proveniente de los inodoros) que pueden contener restos de alimentos materia orgánica y detergentes.

1. ¿Estarías dispuesto a reutilizar las aguas grises de su apartamento teniendo en cuenta que tendrían un tratamiento previo?

SI	
NO	

Si la respuesta es sí, vaya a la pregunta 2, de lo contrario, vaya a 5.

2. ¿Por qué razón utilizaría las aguas grises? (*no leer las alternativas*)

	Ahorro de Dinero
--	------------------

	Medio Ambiente
	otros
Cual:	

3. De qué fuentes. estaría dispuesto a reutilizar las aguas grises (que orden de prioridad le daría de 1-6 teniendo en cuenta que 1 es el de mayor y 6 el de menor prioridad):

	Ducha
	Lavadora
	Lavamanos
	Lava platos
	Lavadero
	Otro
Cual:	

4. ¿En qué lugares estaría dispuesto a utilizar el agua gris tratada? (que orden de prioridad le daría de 1-8 teniendo en cuenta que 1 es el de mayor y 8 el de menor prioridad)

	Inodoros
	Duchas
	Lavamanos

	Lavaplatos
	Lavadero
	Lavadora
	Parqueadero
	NS/NR
	otro
Cual:	

5. ¿Por qué razón no utilizaría las aguas grises? *(no leer las alternativas)*

	Calidad de Agua
	Costo de Mantenimiento
	Higiene
	otro
Cual:	

### **Aguas Lluvias**

Las aguas lluvias son las aguas provenientes de la captación en épocas de lluvia

1. ¿Estarías dispuesto a reutilizar las aguas lluvias de su apartamento?

SI	
NO	

Si la respuesta es sí, vaya a la pregunta 2, de lo contrario, vaya a 5.

2. ¿Por qué razón utilizaría las aguas lluvias? *(no leer las alternativas)*

	Ahorro de Dinero
	Medio Ambiente
	otros
Cual:	

3. ¿En qué lugares estaría dispuesto a utilizar el agua lluvia tratada? (que orden de prioridad le daría de 1-10 teniendo en cuenta que 1 es el de mayor y 10 el de menor prioridad)

	Inodoros
	Duchas
	Lavamanos
	Lavaplatos
	Lavadero
	Lavadora
	Parqueadero
	Zonas comunes
	Lavado de carros
	NS/NR
	otro
Cual:	

4. ¿Por qué razón no utilizaría las aguas lluvias? (*no leer las alternativas*)

	Calidad de Agua
	Costo de Mantenimiento
	Higiene
	otro
Cual:	

### ACEPTACIÓN

1. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de reutilización de aguas grises y aguas lluvias respecto al valor del apartamento? Tenga en cuenta que el precio corresponde al diseño, materiales y mano de obra.

	Menos de 3%
	Entre 3% y 7%
	Entre 7% y 10%
	Más de 10%
	NS/NR

Comentarios y sugerencias:

---



---

Inquietudes:

Ante cualquier inquietud puede comunicarse a los siguientes número: 3219048506 - 3168072138 o a los correos: [jeferson\\_dayan@hotmail.com](mailto:jeferson_dayan@hotmail.com) – [angelleonel0@gmail.com](mailto:angelleonel0@gmail.com)

Apéndice 5. Segunda encuesta aceptación del reúso de AG y aprovechamiento de ALI.

***ENCUESTA: USOS DE AGUAS GRISES Y AGUAS LLUVIAS***

La presente encuesta tiene como propósito determinar la viabilidad de la reutilización de aguas residual doméstica y aguas lluvias en apartamentos estrato tres, como parte de la realización de un proyecto de grado por estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander. UIS.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO:**

La información suministrada en la presente encuesta será exclusivamente consultada por los estudiantes de ingeniería civil Ángel Leonel Monroy Sánchez y Jeferson Dayan Zambrano Aparicio, al igual que por el Director y Co- Directora de proyecto de grado Edgar Ricardo Oviedo Ocaña e Isabel Cristina Domínguez Rivera. La publicación de los resultados se hará de manera compilada con todos los encuestados y en ningún momento se revelará su identidad. De igual manera recuerde que puede desistir de responder cualquier pregunta en el momento que desee.

**Datos de la vivienda**

Número de  apartamento

1. A partir de la primera encuesta realizada se observó mayor preferencia de los usuarios a reusar el agua proveniente de las duchas para ser tratada y suministrada a

los inodoros. Con base en esto. ¿usted está de acuerdo a reutilizar el agua de las duchas para ser tratada y suministrada a los inodoros?

Si	
No	

2. ¿Cuál de los siguientes tratamientos considera que es óptimo para implementar en la edificación. sabiendo que tendrá un ahorro de agua de 94 m<sup>3</sup>/mes/edificio y se tendrá un ahorro de dinero mensual de \$320,107.89 por disminución en el consumo de agua?

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
	Grem 500 l	Bioball 0.08 lps	Trampa de grasas con filtros de arena
Descripción	<p><b>Fuente agua:</b> Duchas</p> <p><b>Tipo de tratamiento:</b> filtración por membranas</p> <p><b>Uso final del agua:</b> El agua es suministrada a los inodoros.</p> <p><b>Calidad del efluente:</b> Reducción del 90% de los contaminantes.</p>	<p><b>Fuente agua:</b> Duchas</p> <p><b>Tipo de tratamiento:</b> Tratamiento por membranas</p> <p><b>Uso final del agua:</b> El agua es suministrada a los inodoros.</p> <p><b>Calidad del efluente:</b> Reducción del 80% de los contaminantes.</p>	<p><b>Fuente agua:</b> Duchas</p> <p><b>Tipo de tratamiento:</b> Trampa de grasas + tanque sedimentador + filtro de arena.</p> <p><b>Uso final del agua:</b> El agua es suministrada a los inodoros.</p> <p><b>Calidad del efluente:</b> Reducción del 97% de los</p>

			contaminantes.
Costo del sistema de tratamiento	\$22'511.895 COP	\$18'000.000 COP	\$3'157.243 COP
Costo de mantenimiento de acuerdo con el número de baños. T1: un baño T2.T3:dos baños	Apto. T1= \$619.94 COP  Apto.T2. T3=\$1239.88 COP	Apto. T1= \$768.6 COP  Apto.T2. T3=\$1537.22 COP	Apto. T1= \$726.28 COP  Apto. T2. T3=\$1452.56 COP
Tiempo recuperación de inversión	19 años	18 años	14 años
Marque con una X la opción de su preferencia			

3. ¿usted estaría de acuerdo en pagar un valor como parte de la administración para aportar para el mantenimiento y operación del sistema hidrosanitario? Tenga en

cuenta que se generarían ahorros por conceptos de la tarifa del agua para apartamentos T1 de \$2832.8 y para apartamentos T2 de \$5665.6

Si	
No	

4. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el mantenimiento y operación del sistema?

Tenga en cuenta que estos valores pertenecen a los costos operativos del sistema.



Comentarios y sugerencias:

---



---



---

Inquietudes:

Ante cualquier inquietud puede comunicarse a los siguientes número: 3219048506 -

3168072138 o a los correos: [jeferson\\_dayan@hotmail.com](mailto:jeferson_dayan@hotmail.com) – [angelleonel0@gmail.com](mailto:angelleonel0@gmail.com)

## Apéndice 6. Parámetros diferentes normativas

	Unida	Australia	Israe	Estados	Itali	Reino	Canadá
	d		l	Unidos	a	Unido	
<b>Referencias</b>		Chaillou et al. (2011)	Chailou et al. (2011)	Couto et al. (2011)	Chaillou et al. (2011)	Couto et al. (2014);	Couto et al. (2014)
<b>pH</b>	-	-	-	6 a 9	6 a 9.5	5 a 9.5	-
<b>TSS</b>	mg / L	<30	<10	-	<10	-	<20
<b>Turbiedad</b>	NTU	-	-	<2	-	<10	<5
<b>BAC</b>	mg / L	-	<100	-	<10	-	-
<b>ALAO</b>					0		
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg / L	<20	<10	<10	<20	-	<20
<b>Total N</b>	mg / L	-	-	-	<15	-	-
<b>Total P</b>	mg / L	-	-	-	<2	-	-
<b>Cl<sub>2</sub> residual</b>	mg / L	-	-	> 1	-	<2	> 0.5

<b>E. coli</b>	ufc / 100 ml	-	-	-	<10	-	-
<b>Coliformes termotolerantes</b>							
	ufc / 100 ml	<10	-	-	-	-	-
<b>Coliformes fecales</b>							
	ufc / 100 ml	-	-	-	-	1000	<200
<b>Salmónella</b>							
	ufc / 100 ml	-	-	-	-	-	-

Paisaje

de riego,  
lavado de  
inodoros,  
protección  
contra  
incendios,  
aire  
acondicion  
ado  
comercial

**Tipo de reutilización**

Irrigación  
de  
superficie,  
lavado de  
inodoros,  
uso de ropa,  
lavado de  
autos

Lavado  
de inodoros

Lavado  
de inodoros

*Adaptado de:* Chailou & et al (2011); Ramona & et al (2004); Docuoto & et al (2015).

Apéndice 7. Información de los usuarios. (a) edad. (b) sexo. (c) formación académica

Figura A.7.1 Distribución de los residentes encuestados por edad.

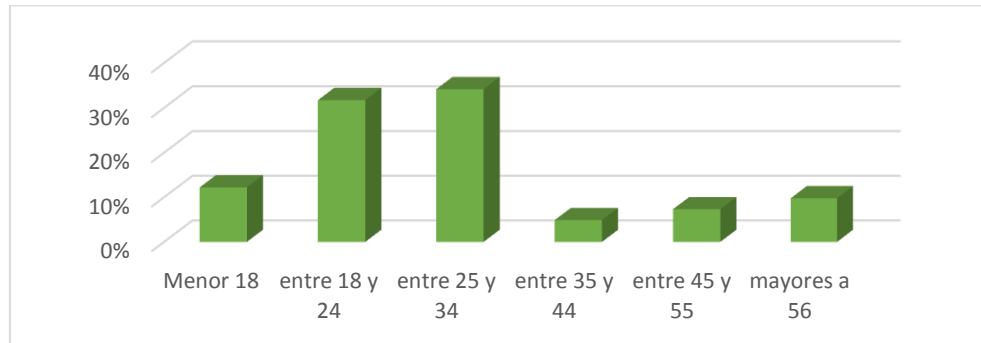


Figura A.7.2 Distribución de los residentes por sexo.

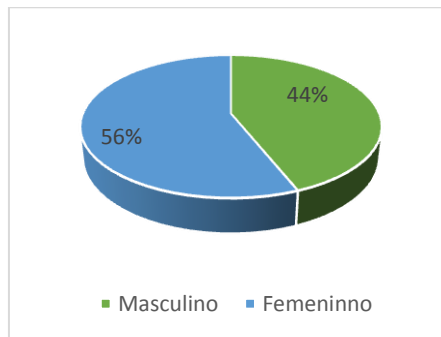
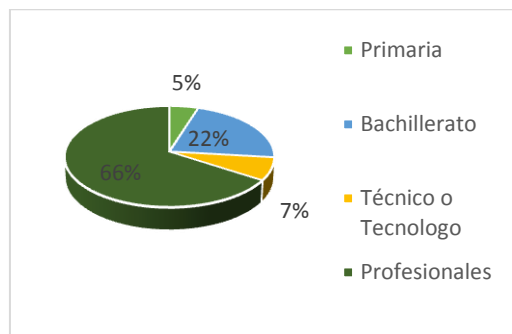


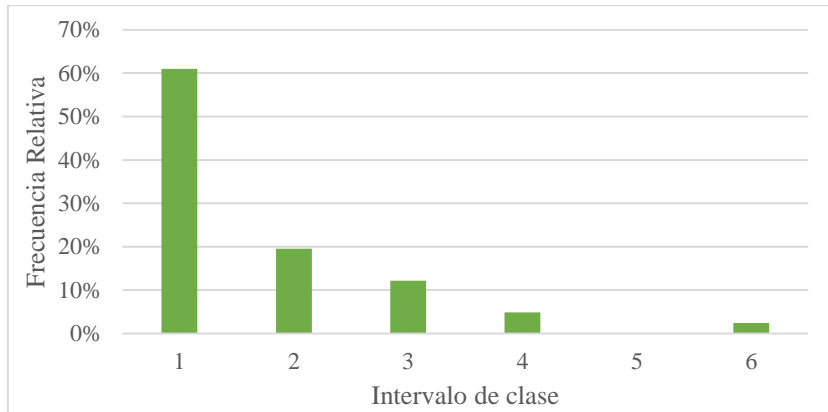
Figura A.7.3 Distribución de los residentes formación académica.



## Apéndice 8. Intervalos de clase L/hab.día.

Intervalo de clase	Inicio	Fin
1	33.33	100.00
2	100.00	166.67
3	166.67	233.33
4	233.33	300.00
5	300.00	366.67
6	366.67	433.33

Apéndice 9. Diagrama de frecuencias.



Apéndice 10. Comparación del consumo del agua obtenida en la encuesta y diferentes autores.

Consumo promedio de agua	L/hab.día
Encuesta	103.06
Guisi y Ferreira(2007)	151.3
Mourad. Berndtsson y Berndtsson(2011)	140
Friedler y Hadari(2006)	100-180
Domenech y Sauri	161
Jamrah. Al-Futaisi. Prathapar. & Al Harrasi (2008)	154

Apéndice 11. Aceptación social del reúso de AG.

Figura A11.1 Aceptación reúso de AG

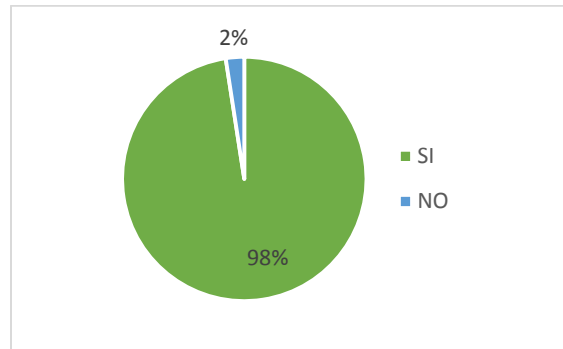


Figura A11.2 Porque Reutilizaría el AG

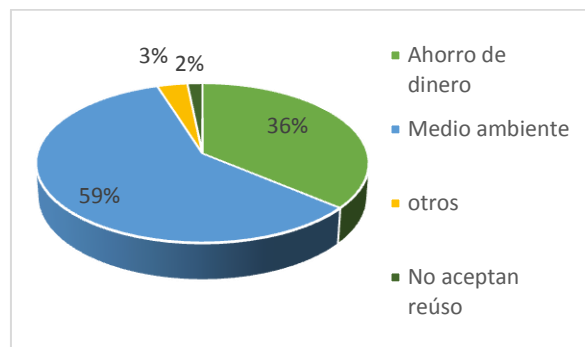
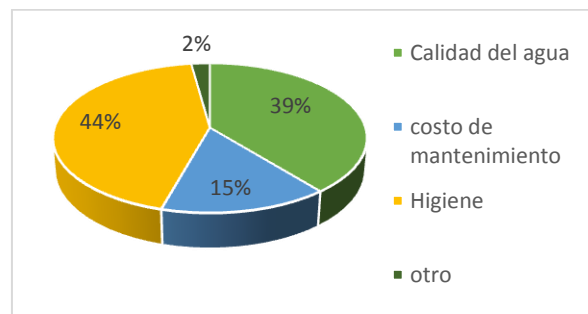


Figura A11.3 Porque no reutiliza el AG



Apéndice 12. Aceptación social del aprovechamiento de ALI.

Figura A12.1 Aceptación aprovechamiento ALI

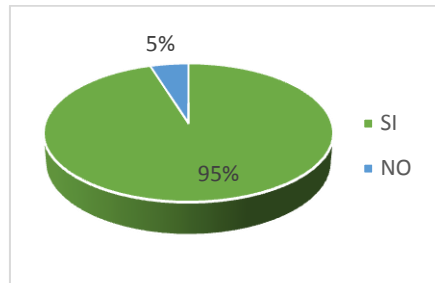


Figura A12.2 Porque Reutilizaría el ALI los residentes encuestados

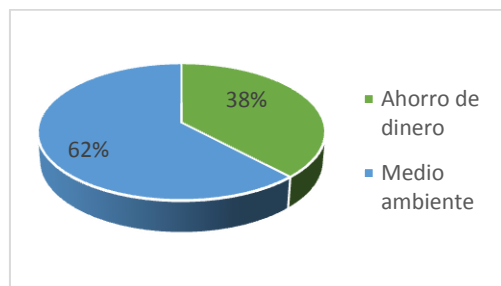
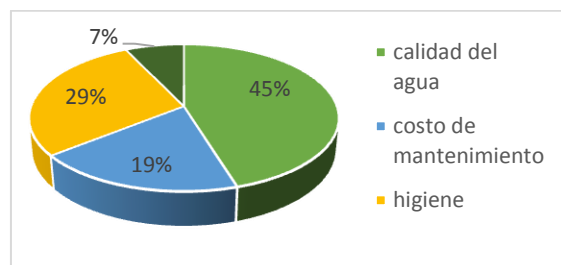
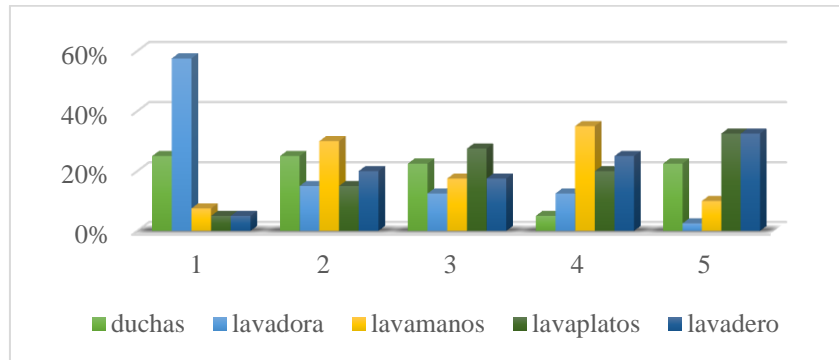


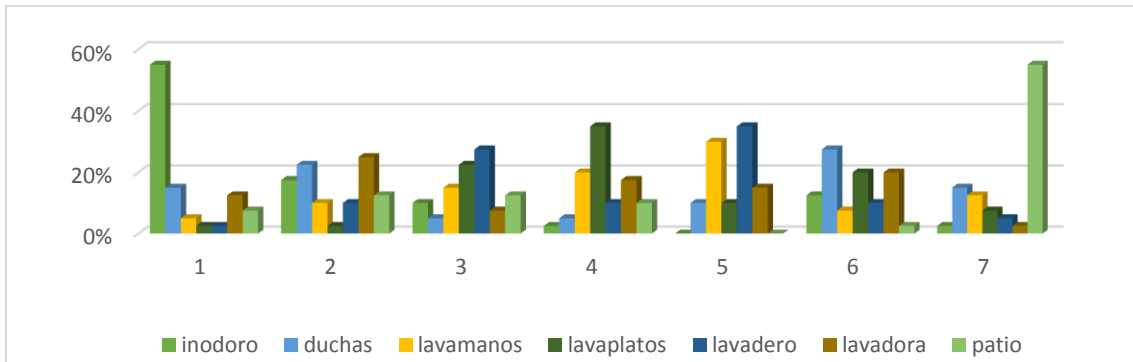
Figura A12.3 Porque no reutiliza el ALI los residentes encuestados



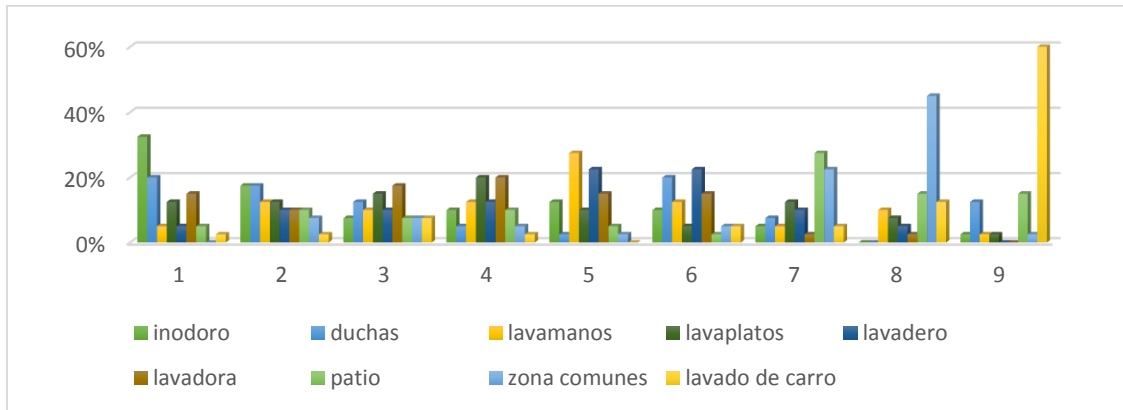
Apéndice 13. Preferencias de las fuentes de origen de AG para el reúso.



Apéndice 14. Fuentes de preferencia Reúso de AG tratada.



Apéndice 15. Fuentes de preferencia para el uso de ALI tratada.



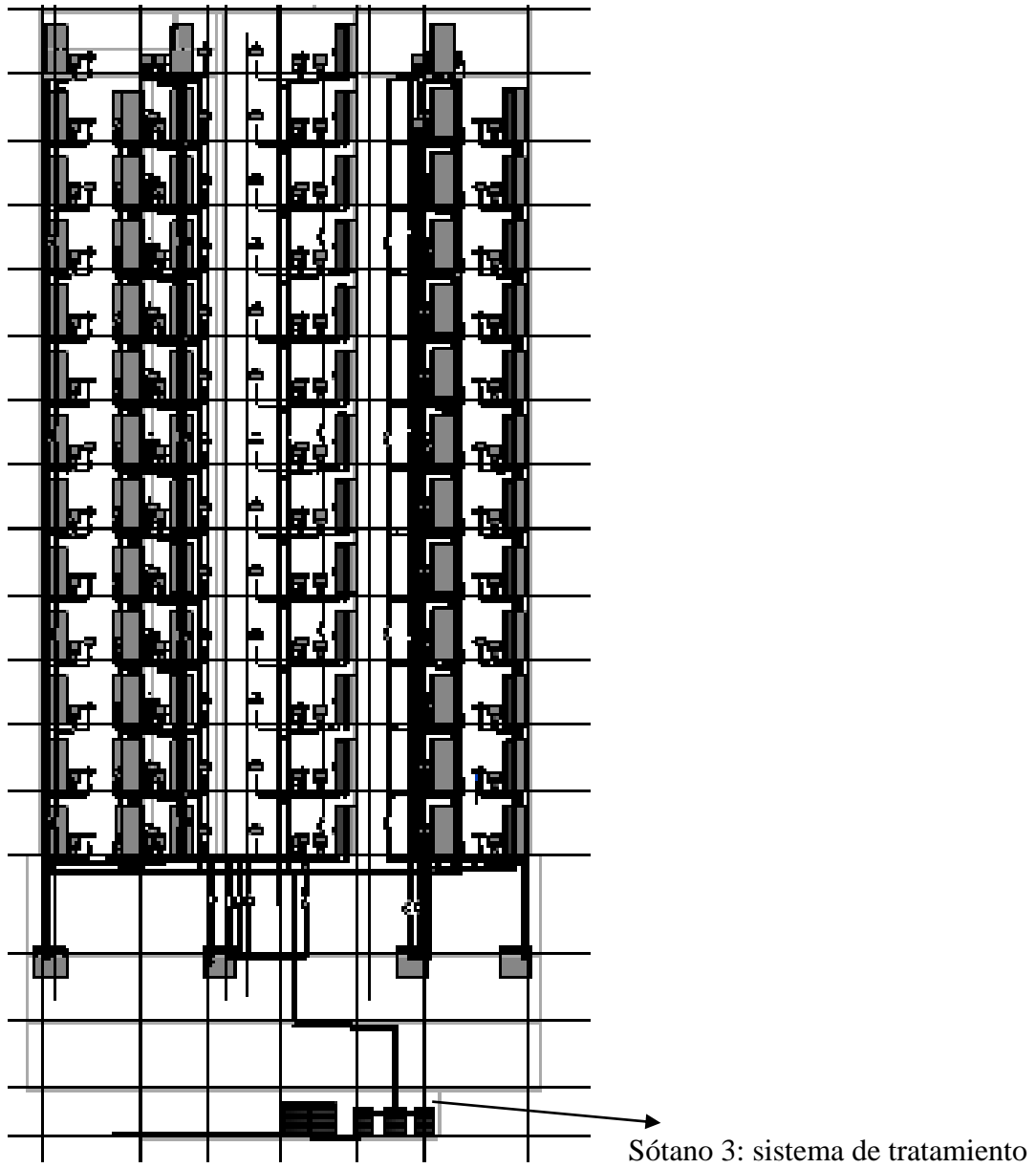
## Apéndice 16. Dimensionamiento de tanque de ALI.

Año	Volumen				
	0.5 [m <sup>3</sup> ]	1 [m <sup>3</sup> ]	1.5 [m <sup>3</sup> ]	2 [m <sup>3</sup> ]	2.5 [m <sup>3</sup> ]
1970	22.42	43.26	49.12	52.62	53.56
1971	24.20	46.03	51.09	52.89	53.83
1972	23.15	44.41	49.43	52.13	52.71
1973	23.00	43.73	49.61	52.38	53.26
1974	23.05	43.20	46.87	48.19	49.19
1975	23.86	45.47	48.50	49.19	49.36
1976	23.42	44.02	50.87	53.54	53.79
1977	22.41	42.58	46.71	48.05	49.05
1979	23.67	44.77	49.72	51.90	52.49
1980	20.82	39.64	43.93	45.49	45.99
1981	23.72	45.38	49.61	51.16	51.75
1982	24.01	46.04	50.79	52.44	53.03
1983	23.77	44.85	49.96	52.30	53.78
1984	23.40	45.43	50.74	53.44	54.13
1985	23.09	43.67	50.14	53.22	53.82
1986	23.98	45.47	49.64	51.16	51.75
1987	22.31	41.67	48.50	51.89	52.80

Año	Volumen				
	0.5 [m <sup>3</sup> ]	1 [m <sup>3</sup> ]	1.5 [m <sup>3</sup> ]	2 [m <sup>3</sup> ]	2.5 [m <sup>3</sup> ]
1988	22.65	41.77	47.61	49.83	50.83
1989	22.65	41.77	47.61	49.83	50.83
1990	23.88	45.31	50.24	52.18	53.13
1991	22.77	42.79	47.76	49.94	51.20
1992	23.21	43.79	49.12	52.14	53.32
1995	23.56	43.53	48.63	50.60	51.40
1996	23.78	45.20	50.02	51.65	52.25
1997	22.94	42.13	48.39	51.10	52.19
1998	21.80	40.95	45.53	47.67	49.27
1999	24.81	48.41	52.89	54.28	54.46
2000	21.63	41.05	47.03	50.49	51.61
2001	22.35	41.85	46.47	48.64	49.72
2002	22.75	42.37	47.97	50.31	51.97
2003	23.70	46.43	50.23	51.40	52.40
2004	22.87	42.04	48.52	51.57	52.86
2005	23.15	43.70	48.49	50.14	51.09
2006	23.04	43.74	48.40	51.16	53.10
2007	22.86	43.96	49.02	51.72	52.51
2008	23.47	44.53	50.39	53.14	53.41
2009	23.47	43.21	47.37	48.87	49.96

Año	Volumen				
	0.5 [m <sup>3</sup> ]	1 [m <sup>3</sup> ]	1.5 [m <sup>3</sup> ]	2 [m <sup>3</sup> ]	2.5 [m <sup>3</sup> ]
2010	22.01	42.76	46.89	48.73	49.42
2011	25.10	49.07	52.63	53.95	54.46
2012	23.78	45.69	49.70	50.95	51.95
2013	22.06	41.57	46.34	48.41	49.86
2014	22.82	42.57	48.97	52.54	53.77
2015	18.88	33.73	39.95	43.65	45.58
2016	23.36	44.49	49.19	51.12	52.07
Promedio	23.04	43.59	48.65	50.86	51.79

Apéndice 17. Ubicación del sistema.



## Apéndice 18. Especificaciones de diámetros y caudales.

Tabla A18.1 Diseño RS apartamento tipo C

Punto o tramo		Caudal			Dimensión			pendiente	Diseño			Caída
		unidades			Q	L	Φ	S	Vo	Qo	Ft	delta h
de	a	Propias	Acumuladas	Máxima	l/s	m	pulg	%	l/s	m/s	kg/m2	m
<b>Apartamento C para la C1</b>												
lm 4	a	1	1	20	1.69	1.01	2	1	0.61	1.23	0.13	0.01
sifón 4	a	1	1	20	1.69	0.26	2	1	0.61	1.23	0.13	0.00
	a	b	2	20	1.69	0.8	2	1	0.61	1.23	0.13	0.01
Inodoro 4	b	3	3	20	1.69	0.32	4	1	0.96	7.78	0.25	0.00
	b	e	5	20	1.69	0.8	4	1	0.96	7.78	0.25	0.01
lm 5	c	1	1	20	1.69	0.82	2	1	0.61	1.23	0.13	0.01
sifón 5	C	1	1	20	1.69	0.16	2	1	0.61	1.23	0.13	0.00
	c	d	2	20	1.69	0.85	2	1	0.61	1.23	0.13	0.01
inodoro 5	d	3	3	20	1.69	0.25	4	1	0.96	7.78	0.25	0.00

Punto o tramo		Caudal		Dimensión			pendiente	Diseño			Caída
		unidades	Q	L	Φ	S	Vo	Qo	Ft	delta h	
d	e	5	20	1.69	0.63	4	1	0.96	7.78	0.25	0.01
e	C1	10	20	1.69	0.3	4	1	0.96	7.78	0.25	0.00

Notas: K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; hv: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: perdidas; Φ: diámetro.

Tabla A18.2 Diseño bajante RS apartamento C

tramo	pisos servidos	Caudal		Dimensión			pendi ente	Diseño			Caída	Relaciones					
		unidades	Q	L	Φ	S	Vo	Qo	Ft	delta h	$\frac{Q}{Q_0}$	$\frac{Y}{\Phi}$	$\frac{v}{v_0^0}$	$\frac{D}{\Phi}$	$\frac{A}{A_0}$	V	
		Un	Acum. Max.	l/s	m	pulg	%	l/s	m/s	kg/m <sup>2</sup>	m					m/s	
<b>C1</b>	12	132	500	4.84	27.72	4											
Horizontal de C1		132	160	4.84	4.47	4	1	0.96	7.78	0.25	0.04	0.62	0.63	0.919	0.55	0.67	0.88



Punto o tramo		Caudal			Dimensión			pendiente	Diseño		Caída	
		Propias	Acumuladas	Máxima	Q	L	Φ		S	Vo		Qo
de	a	Propias	Acumuladas	Máxima	l/s	m	ulg	%	l/s	m/s	kg/m <sup>2</sup>	m

**Apartamento C para la C5**

ducha 4	C5	2	2	20	1.8	0.6	2	1	0.6	1.2	0.13	0.01
					1	3			1	3		

**Apartamento C para la C5**

ducha 5	C5	2	2	20	1.8	0.6	2	1	0.6	1.2	0.13	0.01
					1	3			1	3		

**Apartamento D Bag 1**

ducha 6	Bag	2	2	20	1.6	0.8	2	1	0.6	1.2	0.13	0.01
	1				9				1	3		



8	7	4	24	60	2.38	2.52	4
7	6	4	28	60	2.56	2.52	4
6	5	4	32	60	2.74	2.52	4
5	4	4	36	60	2.91	2.52	4
4	3	4	40	60	2.91	2.52	4
3	2	4	44	60	3.06	2.52	4
2	1	4	48	60	3.22	0	4

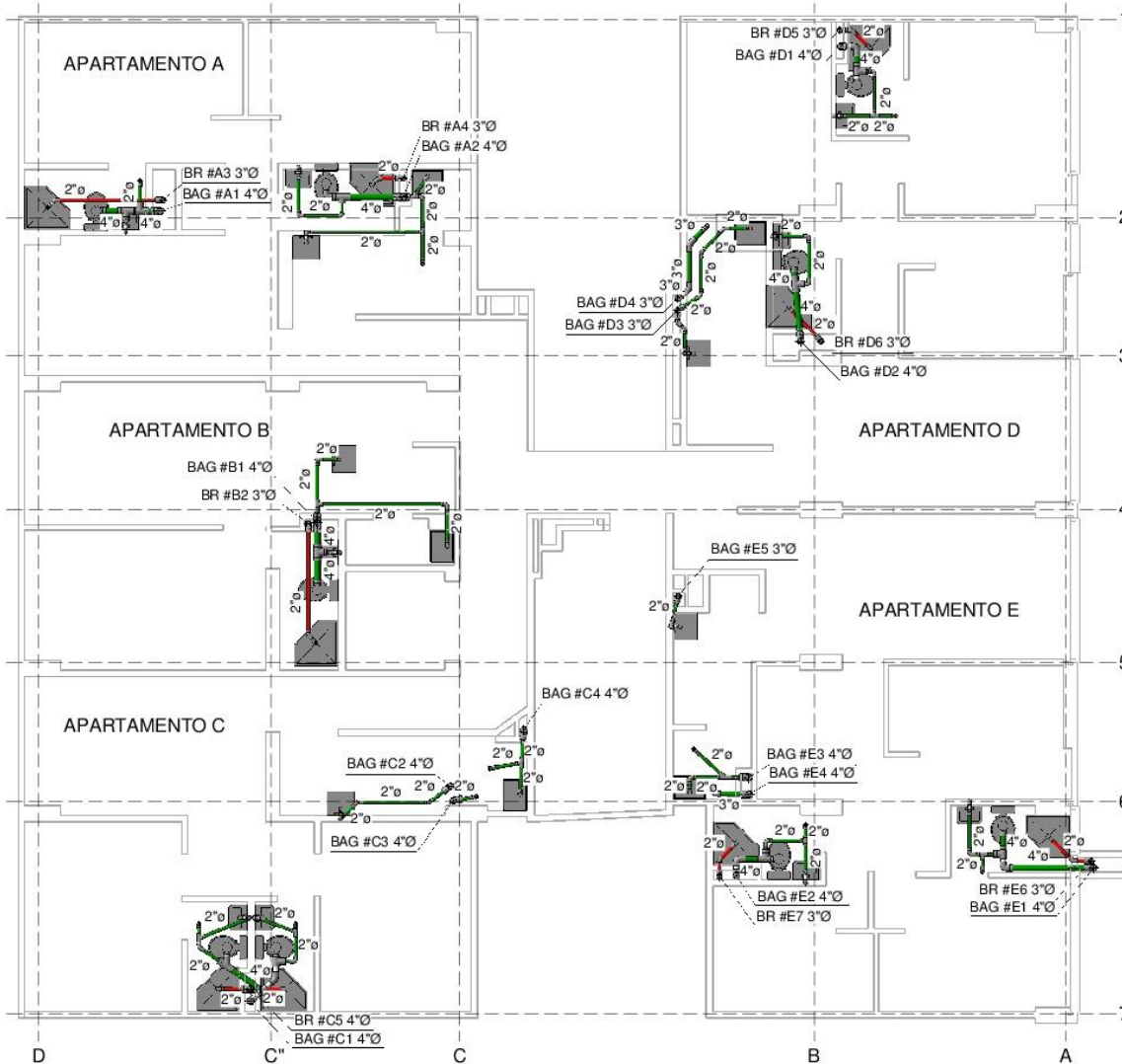
Horizontal

hasta b			48	160	3.22	9.91	4	1	0.96	7.78	0.25	0.10	0.41	0.502	0.813	0.395	0.503	0.78
---------	--	--	----	-----	------	------	---	---	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	------

Notas: K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; hv: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: perdidas; Φ: diámetro.

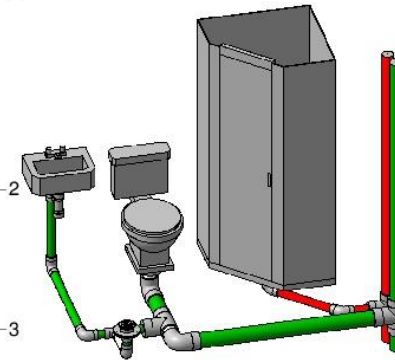
Apéndice 19. Plano red sanitaria

Anexo 19: Planos RS y RST



PLANTA SANITARIA PISOS DEL 3 AL 13

ESC 1:125



3D PISOS 2 - 13

ESC 1:50

TABLA DE CONVENCIONES

BAG:	Bajante de Agua Gris
BR:	Bajante de Reúso de Agua Gris
RED VERDE:	Red de Agua Gris
RED ROJA:	Red de Agua Gris para el Reúso
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

ESPECIFICACIONES DE REDES

- Usar tuberías PVC Sanitarias PAVCO.
- Pendientes mínimas para tuberías no especificadas:  
Para  $\varnothing \leq 4"$  Pmin=1%  
Para  $\varnothing > 4"$  Pmin=0.8%
- Anclajes para tuberías horizontales:  
Para  $\varnothing \leq 2"$  Lmáx=1.5 mts  
Para  $\varnothing > 2"$  Lmáx=2.0 mts  
En cada derivación horizontal
- anclajes en Tuberías verticales:  
En la base y en cada piso



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA Civil  
BUCARAMANGA 2018

DISEÑADO POR:

ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

SUPERVISADO POR:

PhD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

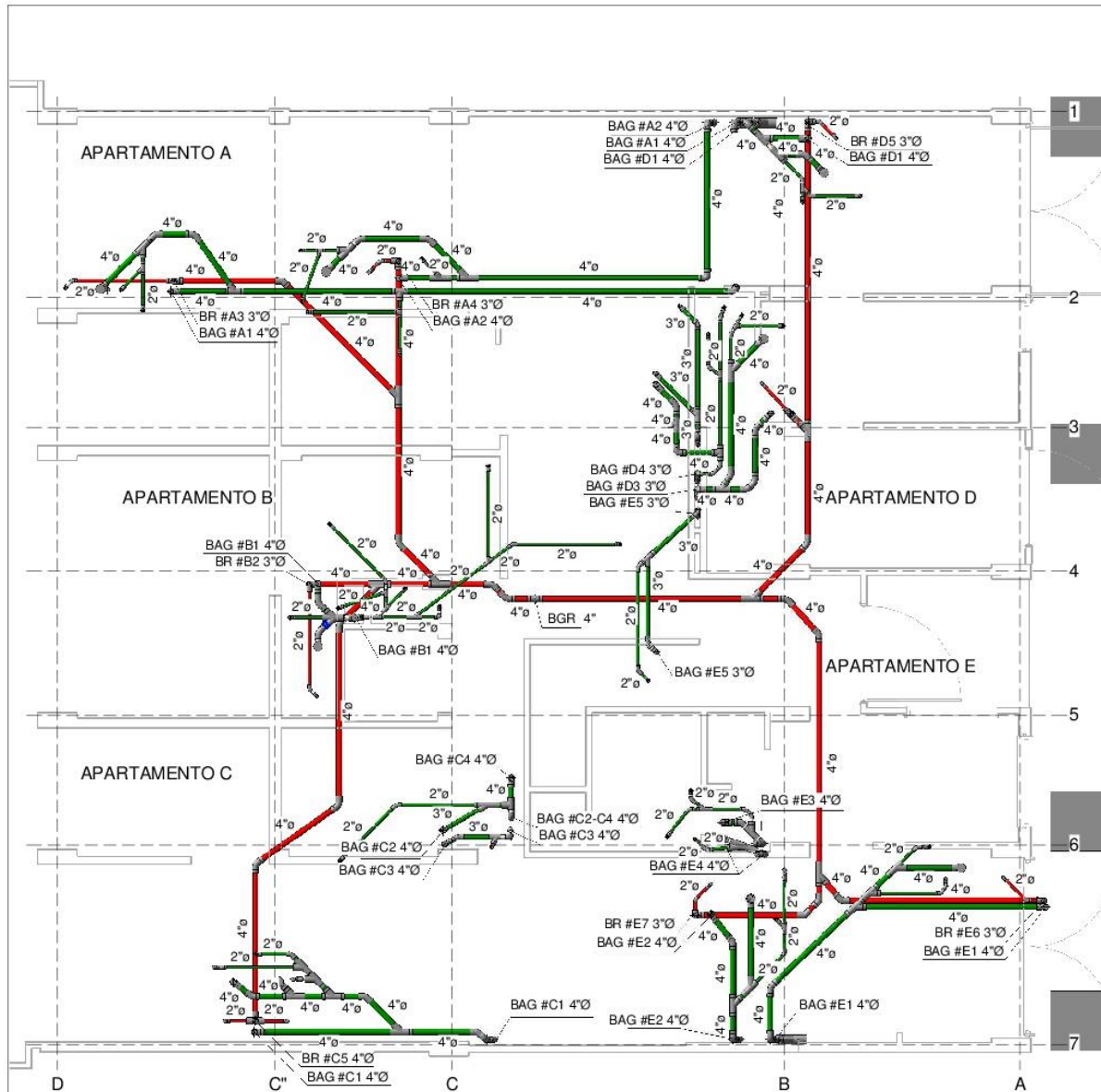
CONTIENE:

- PLANO PLATA SANITARIA PISOS DEL 3 AL 13

- 3D PISOS 2 - 13

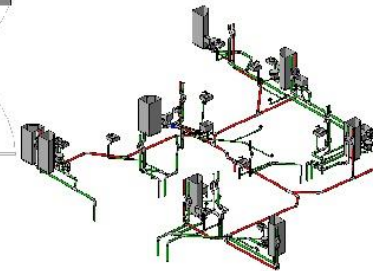
ESCALA: INDICADA

PLANO: S01 DE: S05 FECHA: ENERO 2018



PLANTA SANITARIA PISO 2

ESC: 1:50



3D PISO 2

**TABLA DE CONVENCIONES**

BAG:	Bajante de Agua Gris
BR:	Bajante de Reúso de Agua Gris
RED VERDE:	Red de Agua Gris
RED ROJA:	Red de Agua Gris para el Reúso
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

**ESPECIFICACIONES DE REDES**

- Usar tuberías PVC Sanitarias PAVCO.
- Pendientes mínimas para tuberías no especificadas:  
 Para  $\varnothing \leq 4"$   $P_{min}=1\%$   
 Para  $\varnothing > 4"$   $P_{min}=0.8\%$
- Anclajes para tuberías horizontales:  
 Para  $\varnothing \leq 2"$   $L_{máx}=1.5$  mts  
 Para  $\varnothing > 2"$   $L_{máx}=2.0$  mts  
 En cada derivación horizontal
- anclajes en Tuberías verticales:  
 En la base y en cada piso



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO  
 MECÁNICAS  
 ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*  
 BUCARAMANGA  
 2018

**DISEÑADO POR:**  
 ANGEL LEONEL  
 MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN  
 ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
 Ph.D. EDGAR RICARDO  
 OVIEDO OCAÑA

Ph.D. ISABEL CRISTINA  
 DOMÍNGUEZ RIVERA

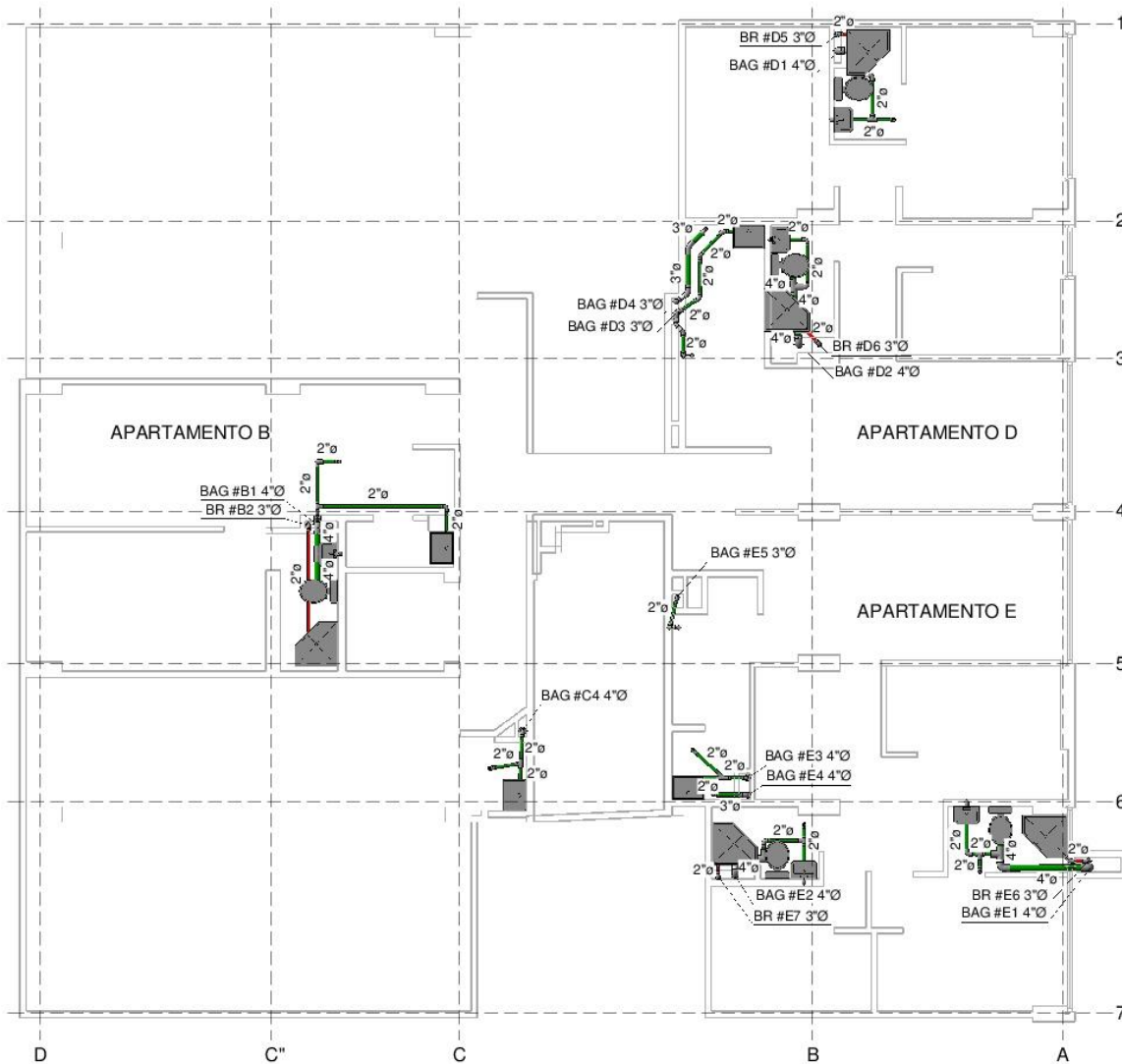
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
 VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y  
 SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE  
 UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE  
 AGUAS GRISAS Y  
 APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
 LLUVIAS EN APARTAMENTOS  
 ESTRATO TRES DEL ÁREA  
 METROPOLITANA DE  
 BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**

- PLANTA SANITARIA PISO 2
- 3D PISO 2

**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** S02 **DE:** S05 **FECHA:** ENERO 2018



**PLANTA SANITARIA PISO 14**

ESC: 1:125

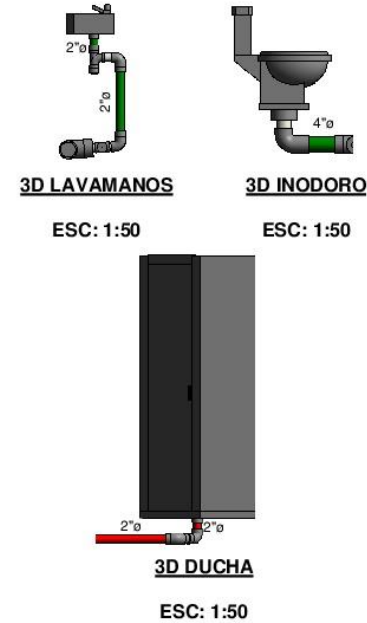


TABLA DE CONVENCIONES	
BAG:	Bajante de Agua Gris
BR:	Bajante de Reúso de Agua Gris
RED VERDE:	Red de Agua Gris
RED ROJA:	Red de Agua Gris para el Reúso
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

ESPECIFICACIONES DE REDES	
- Usar tuberías PVC Sanitarias PAVCO.	
- Pendientes mínimas para tuberías no especificadas: Para $\varnothing \leq 4"$ Pmin=1% Para $\varnothing > 4"$ Pmin=0.8%	
- Anclajes para tuberías horizontales: Para $\varnothing \leq 2"$ Lmáx=1.5 mts Para $\varnothing > 2"$ Lmáx=2.0 mts En cada derivación horizontal	
- anclajes en Tuberías verticales: En la base y en cada piso	




FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO  
 MECÁNICAS  
 ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*  
 BUCARAMANGA  
 2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
Ph.D. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

Ph.D. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
 VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

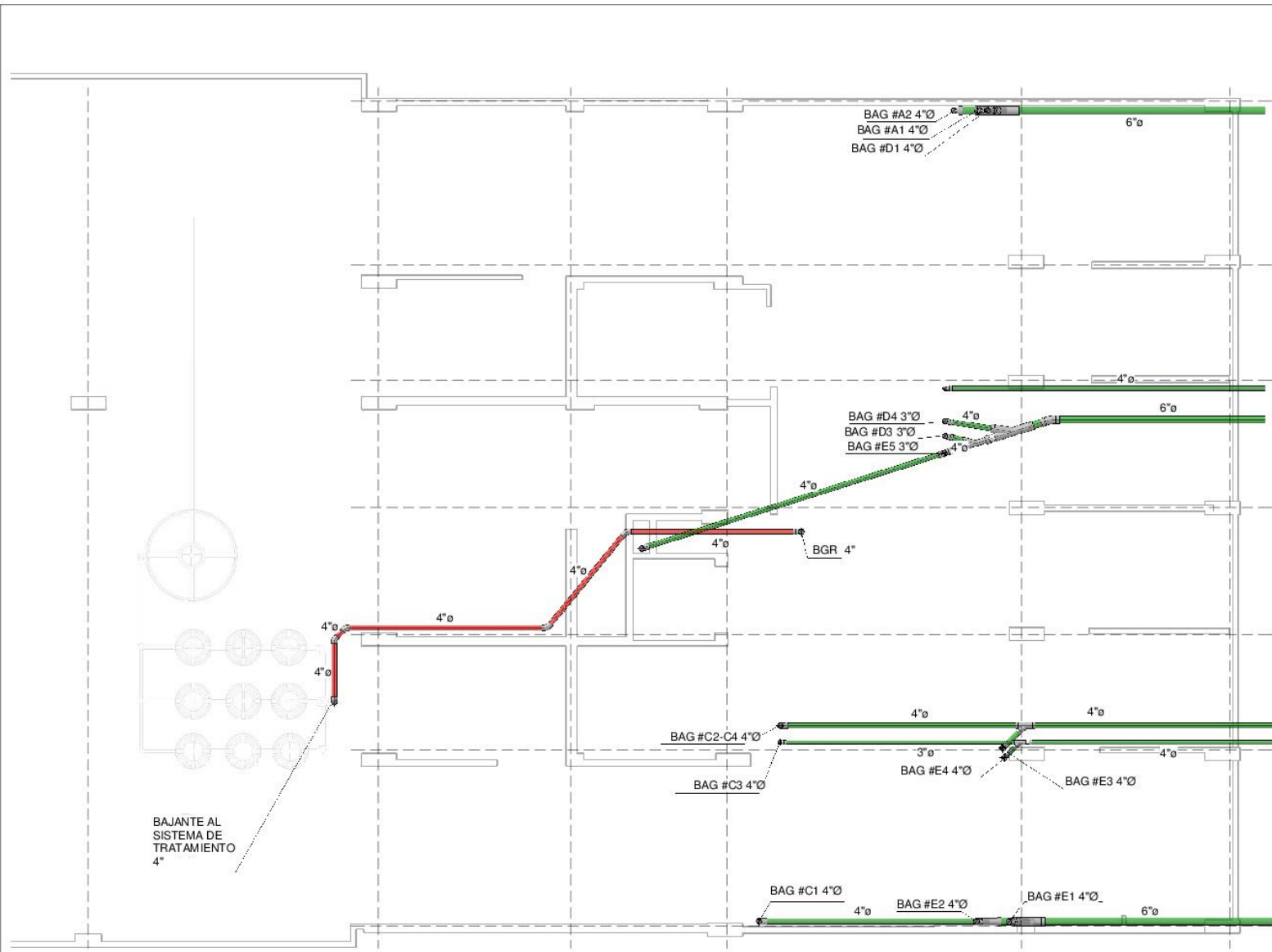
**CONTIENE:**

**PLANTA SANITARIA PISO 14**

**DETALLES DE APARATOS SANITARIOS**

**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** S03 **DE:** S05 **FECHA:** ENERO 2018



**PLANTA SANITARIA SOTANO 2**

ESC: 1:125



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
**Civil**  
 BUCARAMANGA  
 2018

**DISEÑADO POR:**

ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**

PhD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
 VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRIS Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**

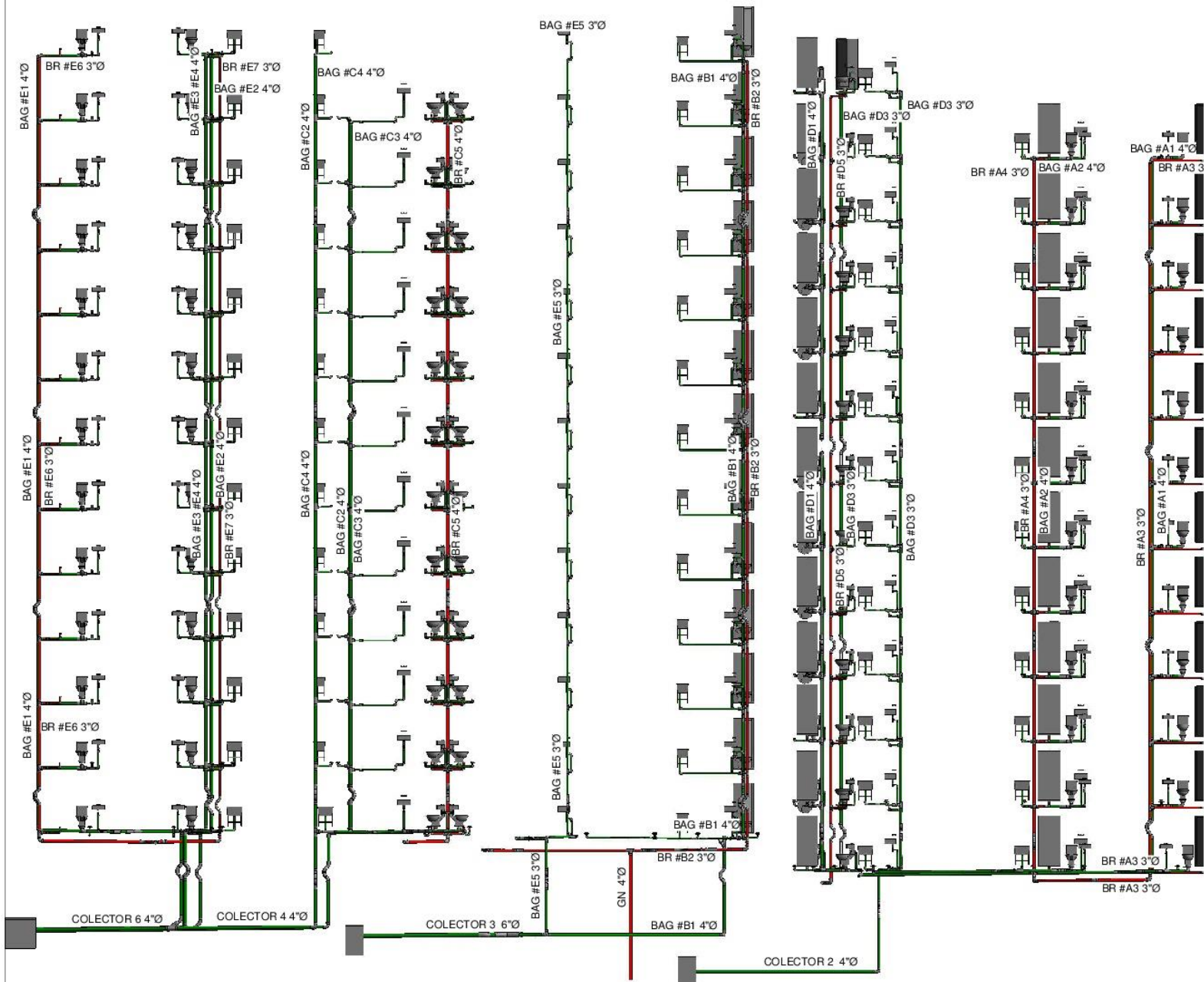
- PLANTA SANITARIA SOTANO 2

ESCALA: INDICADA

PLANO: S04 DE: S05      FECHA: ENERO 2018

Apéndice 20. Bajantes redes sanitarias.

Anexo 20: Plano Bajantes RS y RST



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO  
MECÁNICAS  
ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
Civil  
BUCARAMANGA  
2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL  
MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN  
ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
PhD. EDGAR RICARDO  
OVIDEO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA  
DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y  
SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE  
UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE  
AGUAS GRISAS Y  
APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
LLUVIAS EN APARTAMENTOS  
ESTRATO TRES DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE  
BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**  
- BAJANTES REDES  
SANITARIAS

**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** S05 **FECHA:** ENERO 2018  
**DE:** S05

## Apéndice 21. Especificaciones de diámetros y caudales RH.

APARTAMENTO C																		
Punto o tramo	K1	total	Unid	Q	V	hv	C	j	Φ	Longitud de tubería en				j	presión	Presión		
de	a	unidad	ad	l/s	m/s	m.c.a	Fricción	m/m	pulg	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m.c.a	m.c.a.	m.c.a		
Ducha 4	1	1	2	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.10	1/2	1.79	2	1.4	5.19	0.51	1.02	3.58	
Lm 4	1	1	1	1	0.47	0.01	0.08	0.0001	0.00	1/2	0.77	0.8	0.56	2.13	0.00	0.51	1.39	
1	3	1	3	3	0.19	1.50	0.11	0.0001	0.19	1/2	1.34	0	1.36	2.7	0.52		4.20	
ducha 5	2	1	2	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.10	1/2	1.96	2	1.4	5.36	0.53	1.02	3.60	
Lm 5	2	1	1	1	0.47	0.01	0.08	0.0001	0.00	1/2	0.52	0.8	0.56	1.88	0.00	0.51	1.39	
	2	3	1	3	3	0.19	1.50	0.11	0.0001	0.19	1/2	1.03	0	0.34	1.37	0.26	3.97	
	3	4	1	6	6	0.32	1.12	0.06	0.0001	0.07	3/4	3.74	0	1.41	5.15	0.36	4.62	
lp 3		4	1	2	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.10		0.84	0.8	0.62	2.26	0.22	0.51	1.58

APARTAMENTO C																	
Punto o tramo		K1	total unidad	Unid ad	Q	V	hv	C	j	Φ	Longitud de tubería en				j	presión requerida	Presión
de	a		Un	Un	l/s	m/s	m.c.a	Fricción	m/m	pulg	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m.c.a	m.c.a.	m.c.a
										1/2							
4	5	1	8	8	0.44	1.54	0.12	0.0001	0.12	3/4	2.36	0	1.02	3.38	0.41		5.15
ld 4	5	1	2	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.10	1/2	1.71	0.8	1.2	3.71	0.36	0.51	1.72
5	6	1	10	10	0.5	1.75	0.16	0.0001	0.15	3/4	0.14	0	1.02	1.16	0.18		5.48
lda 3	6	1	2	2	0.13	1.03	0.05	0.0001	0.10	1/2	1.34	0.8	0.64	2.78	0.27	0.51	1.63
6	7	1	12	12	0.57	1.99	0.2	0.0001	0.189	3/4	5.14	2.4	7.88	15.42	2.91		11.00

Notas: K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; hv: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: pérdidas; Φ: diámetro.

Tabla A21.2 Diseño bajante RH apartamento tipo C

Punto de partida	o tramo	K1	total	Unid	Q	V	hv	C	j	Φ	Longitud de tubería en			Presión			
			unidades	ad							Horiz.	Vert.	Acc.	Total	j	requerida	Presión
de	a		Un	Un	l/s	m/s	m.c.a	Fricción	m/m	pulg	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m.c.a	m.c.a	m.c.a
<b>Bajante apartamento C suministra agua a los pisos 6 al 14</b>																	
14	13	1	12	12	0.57	1.99	0.2	0.0001	0.189	3/4	0.00	2.52	0.45	2.97	0.56	11.00	14.28
13	12	1	24	24	1.14	1.43	0.1	0.0001	0.056	1 1/4	0.00	2.52	0.94	3.46	0.19	11.00	17.09
12	11	1	36	36	1.51	1.33	0.09	0.0001	0.039	1 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.10	11.00	19.80
11	10	1	48	48	2.02	1.77	0.16	0.0001	0.065	1 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.16	11.00	22.65
10	9	1	60	60	2.02	1.77	0.16	0.0001	0.065	1 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.16	11.00	25.49
9	8	1	72	72	2.27	1.99	0.2	0.0001	0.079	1 1/2	0.00	2.52	1.08	3.6	0.28	11.00	28.49

Punto o tramo	o	K1	total unidad es	Unid ad	Q	V	hv	C	j	$\Phi$	Longitud de tubería en				j	Presión requerid a	Presión
8	7	1	84	84	2.52	1.24	0.08	0.0001	0.031	2	0.00	2.52	0	2.52	0.08	11.00	31.17
7	6	1	96	96	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10	11.00	33.89
6	5	1	108	108	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10	11.00	36.60
5	4	1	108	108	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10		39.32
4	3	1	108	108	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10		42.03
3	2	1	108	108	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10		44.75
2	1	1	108	108	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.40	0.15	4.21	4.76	0.18		45.18

Notas: K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; hv: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: perdidas;  $\Phi$ : diámetro.

Tabla A21.3 Diseño de la RHT apartamento tipo C

APARTAMENTO C																	
Punto	o	total		Unida	Q	V	h <sub>v</sub>	C	j	Φ	Longitud de tubería en				j	presión	Presió
tramo		K1	unidade	d							Horiz	Vert	Acc	m.c.	requerid	n	
de	a	Un		Un	l/s	m/s	m.c.a	n	m/m	g	.	.	.	Total	a	m.c.a.	m.c.a
Inod																	
4	a	1	3	3	0.19	1.5	0.11	0.0001	0.191	1/2	0.10	0.52	1.32	1.419	0.27	1.02	1.92
Inod																	
5	a	1	3	3	0.19	1.5	0.11	0.0001	0.191	1/2	0.08	0.52	0.56	1.16	0.22	1.02	1.87
a	b	1	6	6	0.32	1.12	0.06	0.0001	0.069	3/4	13.19	0	1.72	14.90	1.03		3.01

Notas: K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; h<sub>v</sub>: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: perdidas; Φ: diámetro.

Tabla A21.4 Diseño bajante RTH

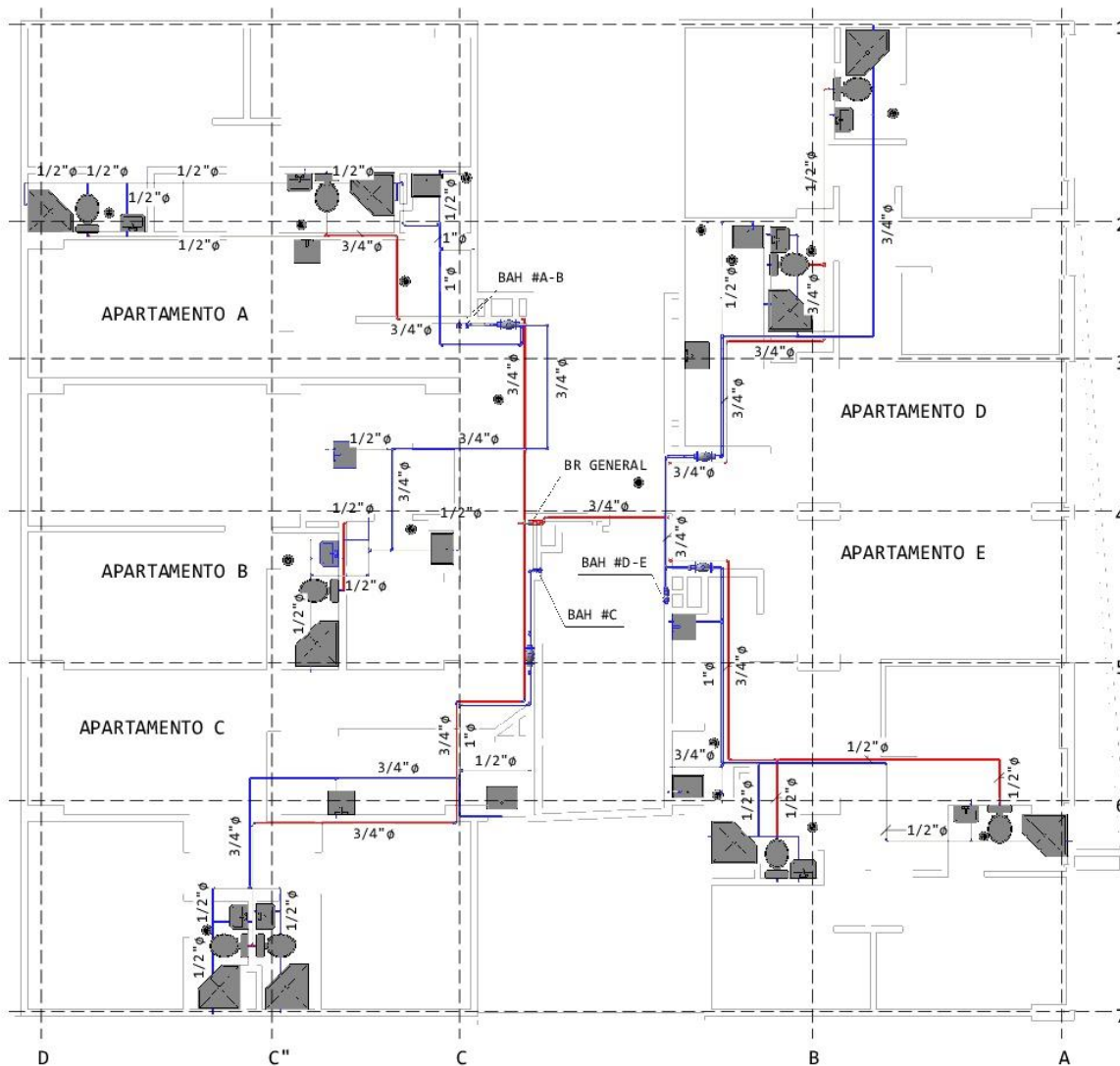
Punto o tramo	K1	total unidades		Unidad	Q	V	h <sub>v</sub>	C	j	Φ	Longitud de tubería en				j	Presión
		Un	Un	l/s	m/s	m.c.a	Fricción	m/m	pulg	Horiz.	Vert.	Acc.	Total	m.c.a	m.c.a	
14	13	1	15	15	0.76	1.49	0.11	0.0001	0.08	1	0	2.52	0.8	3.32	0.27	7.41
13	12	1	42	42	1.77	1.55	0.12	0.0001	0.051	1 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.13	10.17
12	11	1	69	69	2.21	1.94	0.19	0.0001	0.076	1 1/2	0.00	2.52	1.08	3.6	0.27	13.16
11	10	1	96	96	2.84	1.4	0.1	0.0001	0.038	2	0.00	2.52	0	2.52	0.10	15.87
10	9	1	123	123	3.15	1.56	0.12	0.0001	0.046	2	0.00	2.52	0	2.52	0.12	18.63
9	8	1	150	150	3.47	1.71	0.15	0.0001	0.055	2	0.00	2.52	0	2.52	0.14	21.44
8	7	1	177	177	3.79	1.87	0.18	0.0001	0.065	2	0.00	2.52	1.38	3.9	0.25	24.39
7	6	1	204	204	4.1	1.29	0.09	0.0001	0.025	2 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.06	27.06
6	5	1	231	231	4.73	1.49	0.11	0.0001	0.033	2 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.08	29.78
5	4	1	258	258	5.05	1.59	0.13	0.0001	0.037	2 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.09	32.52
4	3	1	285	285	5.36	1.69	0.15	0.0001	0.042	2 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.11	35.30
3	2	1	312	312	5.68	1.79	0.16	0.0001	0.046	2 1/2	0.00	2.52	0	2.52	0.12	38.09

Punto			total	Unidad	Q	V	hv	C	j	$\Phi$	Longitud de tubería en				j	Presión
o	K1		unidades													
tramo																
2	1	1	339	339	5.99	1.89	0.18	0.0001	0.051	2 1/2	0.00	3.77	0	3.77	0.19	42.23
1	-1	1	339	339	5.99	1.89	0.18	0.0001	0.051	2 1/2	0.00	2.63	0	2.63	0.13	45.18
-1	-2	1	339	339	5.99	1.89	0.18	0.0001	0.051	2 1/2	0.00	2.63	0	2.63	0.13	48.12
-2	-3	1	339	339	5.99	1.89	0.18	0.0001	0.051	2 1/2	0.00	1.89	0	1.89	0.10	50.29

*Notas:* K1: coeficiente de simultaneidad; Q: caudal; V: velocidad; hv: perdidas verticales; C: constante de fricción; j: perdidas;  $\Phi$ : diámetro.

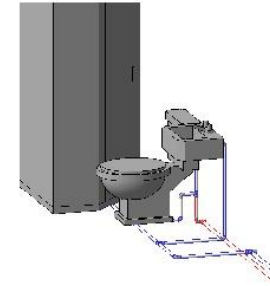
Apéndice 22. Planos RH.

Anexo 22: Planos RH y RHT



PLANTA PISOS DE 2 AL 13

ESC 1:125



3D APARATOS HIDRAULICOS

TABLA DE CONVENCIONES

BAH:	Bajante Red hidraulica
BR:	Bajante Red hidraulica Reúso
RED AZUL:	Red hidraulica
RED ROJA:	Red de Agua Gris Reutilizada
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

ESPECIFICACIONES DE REDES

- Usar tuberías PVC PAVCO grado 1, tipo 1.
- Pendientes mínimas para tuberías no especificadas:  
Para  $\varnothing \leq 4"$  P<sub>min</sub>=1%  
Para  $\varnothing > 4"$  P<sub>min</sub>=0.8%
- Anclajes para tuberías horizontales:  
Para  $\varnothing \leq 2"$  L<sub>máx</sub>=1.5 mts  
Para  $\varnothing > 2"$  L<sub>máx</sub>=2.0 mts  
En cada derivación horizontal
- anclajes en Tuberías verticales:  
En la base y en cada piso

FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA Civil  
 BUCARAMANGA 2018

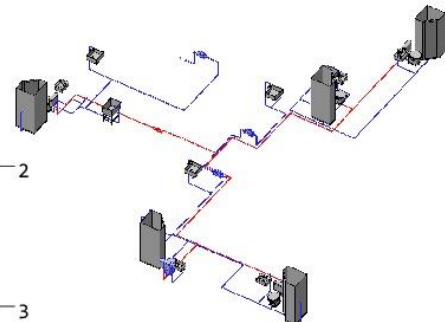
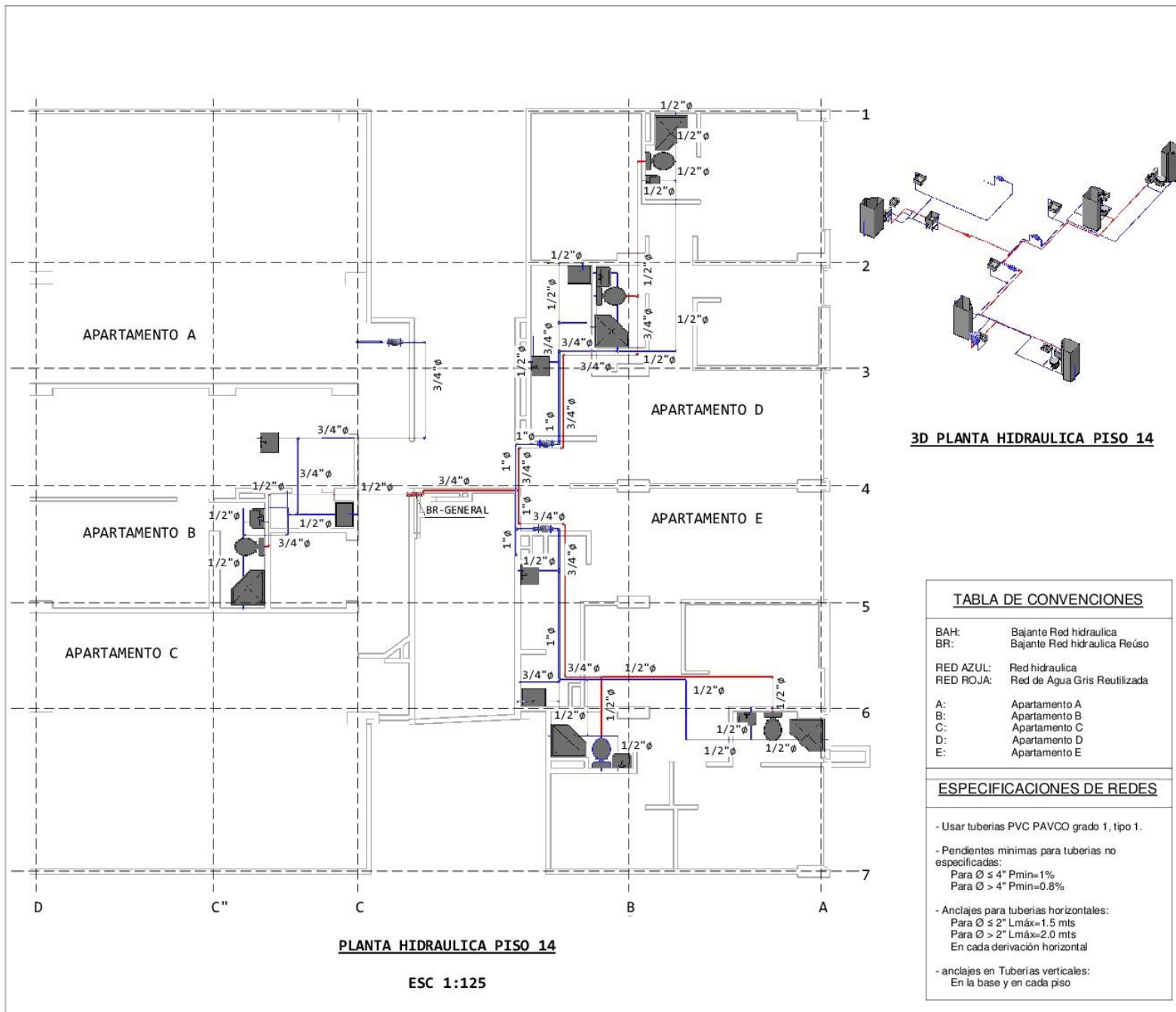
**DISEÑADO POR:**  
 ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ  
 JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO  
**SUPERVISADO POR:**  
 Ph.D. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA  
 Ph.D. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
 VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**  
 - PLANTA PISOS DE 2 AL 13

**ESCALA:**  
 INDICADA

**PLANO:** H01 DE: H04  
**FECHA:** ENERO 2018



**3D PLANTA HIDRAULICA PISO 14**

**TABLA DE CONVENCIONES**

BAH:	Bajante Red hidraulica
BR:	Bajante Red hidraulica Reúso
RED AZUL:	Red hidraulica
RED ROJA:	Red de Agua Gris Reutilizada
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

**ESPECIFICACIONES DE REDES**

- Usar tuberías PVC PAVCO grado 1, tipo 1.
- Pendientes mínimas para tuberías no especificadas:  
Para  $\phi \leq 4"$   $P_{min}=1\%$   
Para  $\phi > 4"$   $P_{min}=0.8\%$
- Anclajes para tuberías horizontales:  
Para  $\phi \leq 2"$   $L_{máx}=1.5$  mts  
Para  $\phi > 2"$   $L_{máx}=2.0$  mts  
En cada derivación horizontal
- anclajes en Tuberías verticales:  
En la base y en cada piso

Universidad Industrial de Santander



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA Civil  
BUCARAMANGA 2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
PhD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

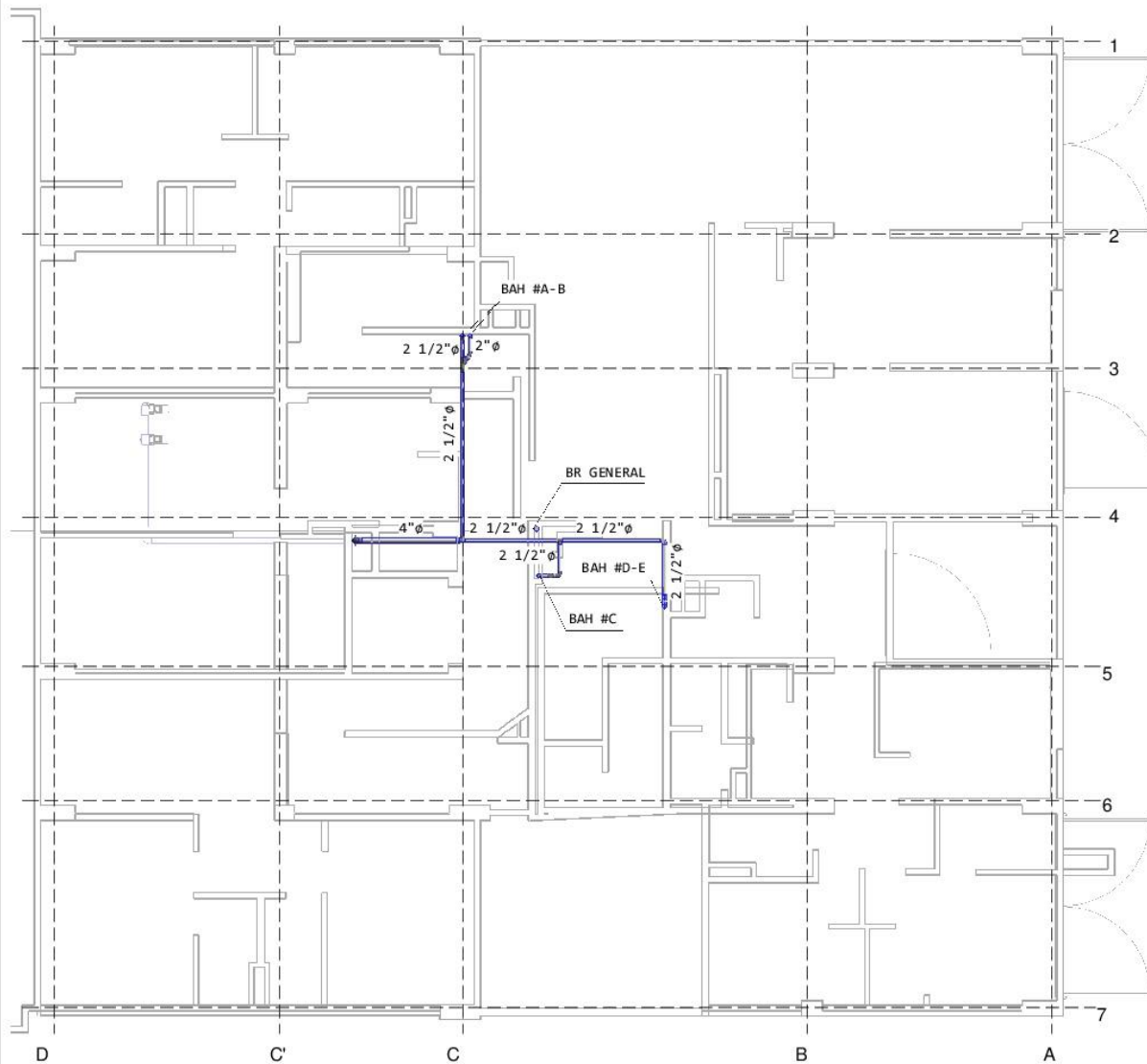
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**

- PLANTA HIDRAULICA PISO 14

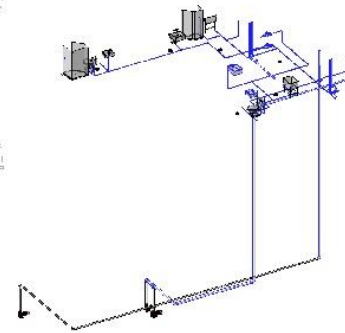
**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** H02 DE: H04 **FECHA:** ENERO 2018



**PLANTA HIDRAULICA TECHO PISO 1**

ESC 1:125



**VISTA 3D SOT 3 BOMBAS**

**TABLA DE CONVENCIONES**

BAH:	Bajante Red hidraulica
BR:	Bajante Red hidraulica Reúso
RED AZUL:	Red hidraulica
RED ROJA:	Red de Agua Gris Reutilizada
A:	Apartamento A
B:	Apartamento B
C:	Apartamento C
D:	Apartamento D
E:	Apartamento E

**ESPECIFICACIONES DE REDES**

- Usar tuberías PVC PAVCO grado 1, tipo 1.
- Pendientes minimas para tuberías no especificadas:  
Para  $\phi \leq 4"$  Pmin=1%  
Para  $\phi > 4"$  Pmin=0.8%
- Anclajes para tuberías horizontales:  
Para  $\phi \leq 2"$  Lmáx=1.5 mts  
Para  $\phi > 2"$  Lmáx=2.0 mts  
En cada derivación horizontal
- anclajes en Tuberías verticales:  
En la base y en cada piso

Universidad Industrial de Santander



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA Civil  
BUCARAMANGA 2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
PhD. EDGAR RICARDO OVIDEO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**

- PLANTA HIDRAULICA TECHO PISO 1

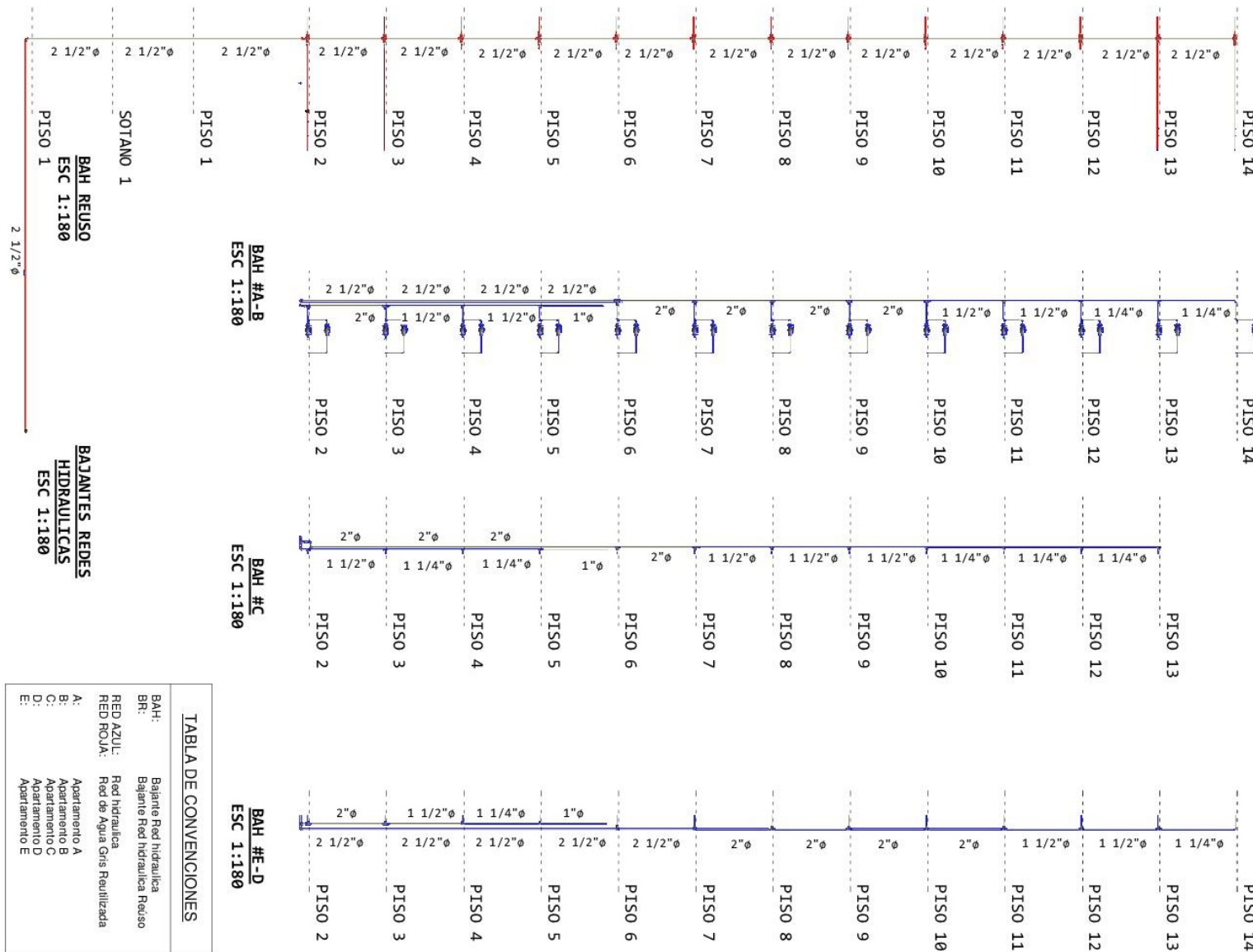
**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** H02  
**DE:** H05

**FECHA:** ENERO 2018

Apéndice 23. Planos Bajantes hidráulicas.

Anexo 23: Plano Bajantes RH y RHT



Universidad Industrial de Santander

FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA  
BUCARAMANGA  
2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**  
PhD. EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

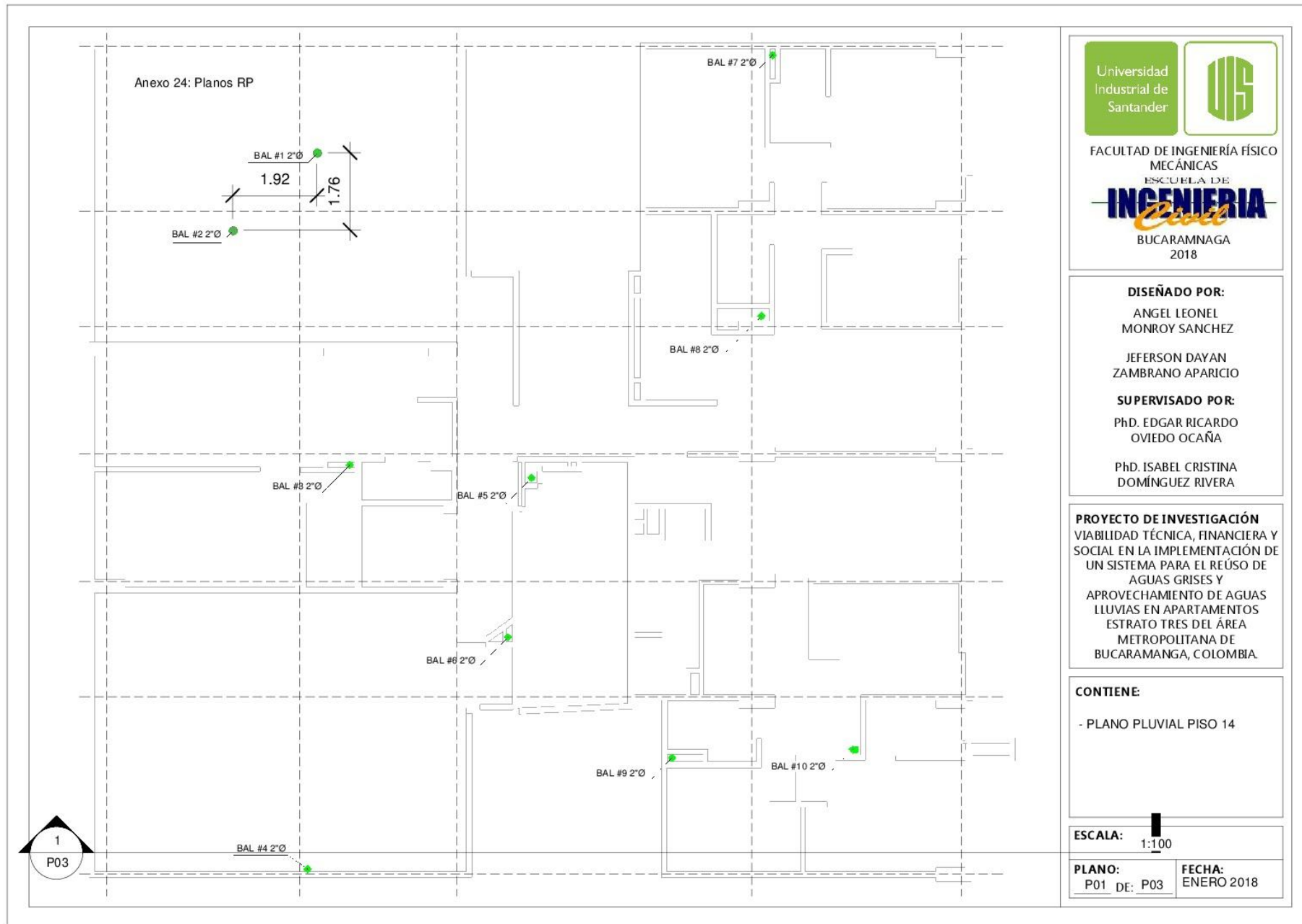
**CONTIENE:**

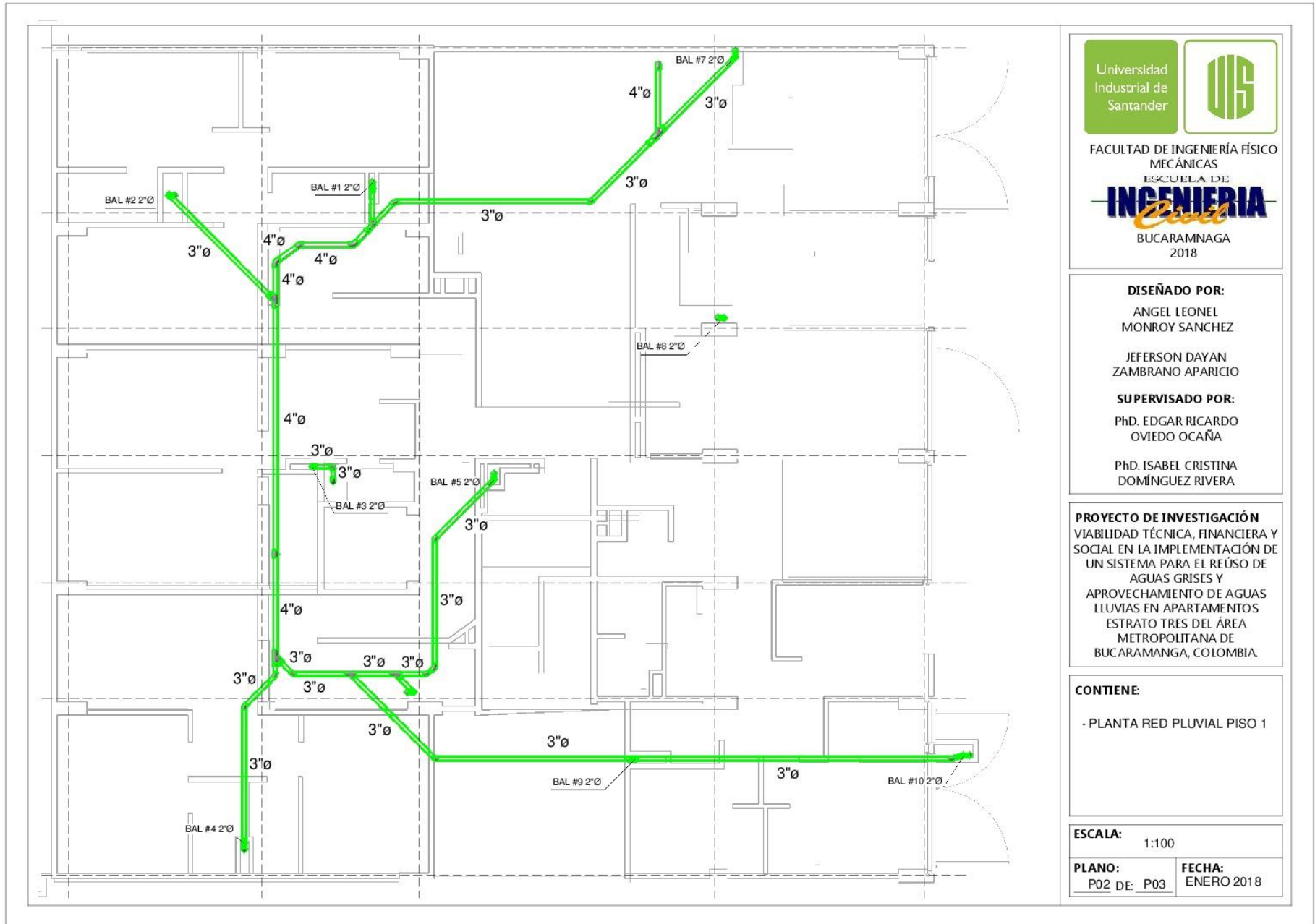
- BAJANTES REDES HIDRAULICAS

**ESCALA:** INDICADA

**PLANO:** H04 DE: H04 **FECHA:** ENERO 2018

Apéndice 24. Planos RP.





FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO  
MECÁNICAS  
ESCUELA DE  
**INGENIERÍA**  
*Civil*  
BUCARAMANGA  
2018

**DISEÑADO POR:**  
ANGEL LEONEL  
MONROY SANCHEZ  
  
JEFERSON DAYAN  
ZAMBRANO APARICIO  
**SUPERVISADO POR:**  
PhD. EDGAR RICARDO  
OVIEDO OCAÑA  
  
PhD. ISABEL CRISTINA  
DOMÍNGUEZ RIVERA

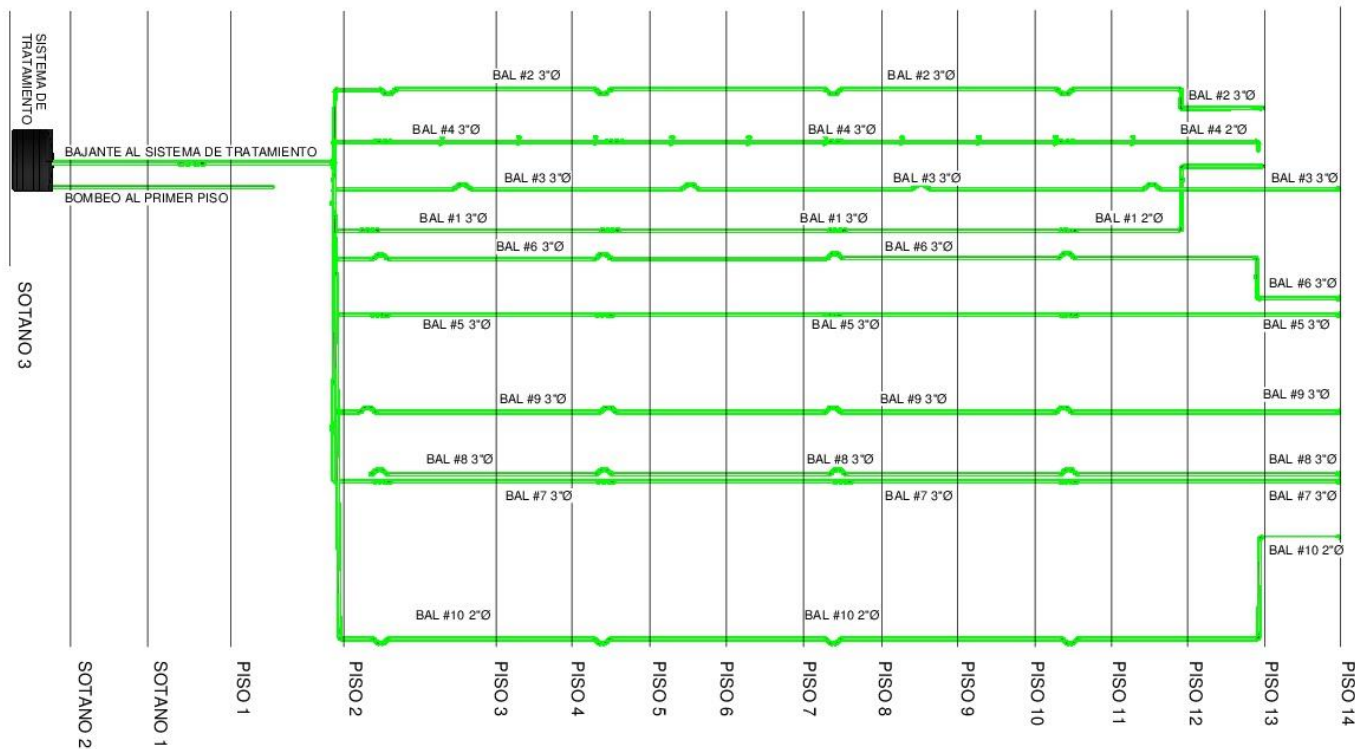
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y  
SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE  
UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE  
AGUAS GRISES Y  
APROVECHAMIENTO DE AGUAS  
LLUVIAS EN APARTAMENTOS  
ESTRATO TRES DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE  
BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**  
  
- PLANTA RED PLUVIAL PISO 1

**ESCALA:** 1:100  
**PLANO:** P02 DE: P03 **FECHA:** ENERO 2018

Apéndice 25. Planos Bajantes RP

Anexo 25: Plano Bajante RP



FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
**INGENIERÍA**  
 BUCARAMANGA  
 2018

**DISEÑADO POR:**

ANGEL LEONEL  
 MONROY SANCHEZ

JEFERSON DAYAN  
 ZAMBRANO APARICIO

**SUPERVISADO POR:**

PhD. EDGAR RICARDO  
 OVIEDO OCAÑA

PhD. ISABEL CRISTINA  
 DOMÍNGUEZ RIVERA

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
 VIABILIDAD TÉCNICA, FINANCIERA Y SOCIAL EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL REÚSO DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS EN APARTAMENTOS ESTRATO TRES DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, COLOMBIA.

**CONTIENE:**

- BAJANTE DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS

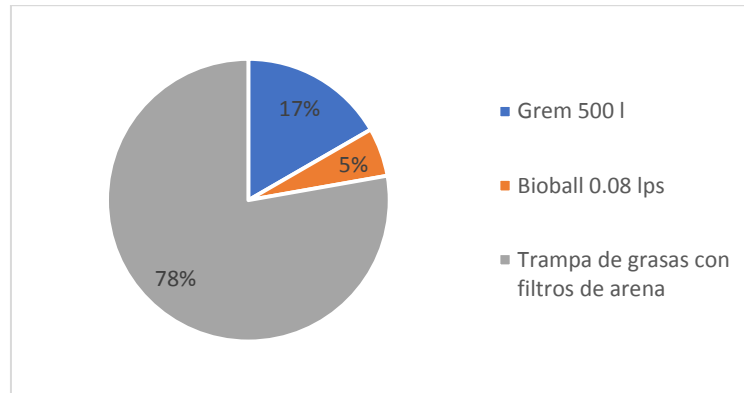
**ESCALA:** 1:200

**PLANO:** P03 DE: P03 **FECHA:** ENERO 2018

Apéndice 26. Potencia requerida por la bomba.

	RH	RHT
Caudal de Diseño [l/s]	5.99	7.57
Altura Dinamica [m]	54.15	65.77
Eficiencia Bomba %	65	65
Potencia [HP]	6.57	10.08

Apéndice 27. Aceptación del sistema de tratamiento.



Apéndice 28. Materiales utilizados para el reúso de AG.

**Figura A28.1 Trampa de grasas  
Colempaques**



*Adaptado de: homecenter (2017)*

**Figura A28.2 Tanque AG  
coldempaques 1500 litros**



*Adaptado de: homecenter (2017)*

**Figura A28.3 Tanque AG  
colempaques 4000 litros**



*Adaptado de: homecenter (2017)*

**Figura A28.4 Tanque AG  
colempaques 500 litros**



*Adaptado de: homecenter (2017)*

Apéndice 29. Equipos utilizados para el reúso de AG.

Figura A29.1 Electro bomba sumergible trifasica 10HP



*Adaptado de:* homecenter (2017)

Figura A29.2 Electro bomba sumergible trifasica 7.5HP



*Adaptado de:* homecenter (2017)

Apéndice 30. Materiales utilizados para el aprovechamiento de ALI.

Figura A30.1 Filtro Separador de Hojas para Bajante Cilíndrica- Ecolibera



*Adaptado de:* homecenter (2017)

Figura A30.2 Tanque AG coldempaques 1500 litros



*Adaptado de:* homecenter (2017)

Apéndice 31. Equipos utilizados para el aprovechamiento de ALI.

Figura A31.1 Bombas industriales mt (super)



*Adaptado de: homecenter (2017)*

## Apéndice 32. Presupuesto.

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
1.1.	Localización	M2	4784	4883	1.050.00	5.023.200	5.127.150
1.2.	Replanteo	M2	4784	4883	4.084.00	19.537.856	19.942.172
<b>Total ítem</b>						<b>24.561.056</b>	<b>25.069.322</b>

**2.Red Sanitaria**

## 2.1.Tubería

## Tubería

2.1.1.	Sanitaria PVC	M	5.93	5.93	9.307	55.190	55.190
de 1" PAVCO							

## Tubería

2.1.2.	Sanitaria PVC	M	566.95	598.61	9.307	5.276.509	5.571.164
de 2" PAVCO							

## Tubería

2.1.3.	Sanitaria PVC	M	118.59	299.91	13.901	1.648.539	4.169.099
de 3" PAVCO							

2.1.4.	Tubería	M	519.19	634.36	19.373	10.058.181	12.289.351
--------	---------	---	--------	--------	--------	------------	------------

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
<b>1. Pruebas. Supervisión y Acometidas</b>							
	Sanitaria PVC de 4" PAVCO						
	Tubería						
2.1.5.	Sanitaria PVC de 6" PAVCO	M	17.12	17.12	41.025	702.348	702.348
<b>Subtotal</b>						<b>17.740.767</b>	<b>22.787.150</b>
<b>2.2. Accesorios</b>							
	Tee Sanitaria PVC 1" PAVCO	UN	12	12	4.457	53.484	53.484
	Tee Sanitaria PVC 2" PAVCO	UN	13	13	6.409	83.317	83.317
	Yee Sanitaria PVC 2" PAVCO	UN	146	146	5.744	838.624	838.624
	Yee Sanitaria PVC 3" PAVCO	UN	50	132	11.799	589.950	1.557.468

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Yee Sanitaria							
2.2.5	PVC 4" UN	UN	416	416	20.344	8.463.104	8.463.104
PAVCO							
Yee Sanitaria							
2.2.6	PVC 6" UN	UN	4	4	97.143	388.572	388.572
PAVCO							
cruz sanitaria							
2.2.7	PVC 4" UN	UN	12	24	34.326	411.912	823.824
PAVCO							
Tapón							
2.2.8	Sanitario PVC UN	UN	38	38	708	26.904	26.904
1" PAVCO							
Tapón							
2.2.9	Sanitario PVC UN	UN	141	141	927	130.707	130.707
2" PAVCO							
2.2.10	Codo Sanitario PVC 45° 1"	UN	33	33	2.470	81.510	81.510

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Codo Sanitario							
2.2.11	PVC 45° 2" UN	UN	1076	1086	2.998	3.225.848	3.255.828
PAVCO							
Codo Sanitario							
2.2.12	PVC 45° 3" UN	UN	99	210	6.443	637.857	1.353.030
PAVCO							
Codo Sanitario							
2.2.13	PVC 45° 4" UN	UN	451	523	11.243	5.070.593	5.880.089
PAVCO							
Codo Sanitario							
2.2.14	PVC 45°6" UN	UN	1	1	41.261	41.261	41.261
PAVCO							
Reducción							
2.2.15	Sanitaria PVC	UN	37	37	5.400	199.800	199.800
2"- 1" PAVCO							
Reducción							
2.2.16	Sanitaria PVC	UN	343	372	29.600	10.152.800	11.011.200

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	3 "-2" PAVCO						
	Reducción						
2.2.17	Sanitaria PVC	UN	32	43	29.600	947.200	1.272.800
	4"- 3" PAVCO						
	Reducción						
2.2.18	Sanitaria PVC	UN	119	119	29.600	3.522.400	3.522.400
	5"- 4" PAVCO						
	Reducción						
2.2.19	Sanitaria PVC	UN	8	8	2.200	17.600	17.600
	1 1/4"-1"						
	PAVCO						
	Reducción						
2.2.20	Sanitaria PVC	UN	27	27	2.200	59.400	59.400
	1 1/2"-1"						
	PAVCO						
	Reducción						
2.2.21	Sanitaria PVC	UN	126	126	5.400	680.400	680.400
	2" - 1 1/4"						

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Reducción							
2.2.22	Sanitaria PVC 2"-1 1/2"	UN	101	101	5.400	545.400	545.400
PAVCO							
Codo Re							
2.2.23	ventilado Sanitario PVC 1" PAVCO	UN	23	23	4.457	102.511	102.511
Codo Re							
2.2.24	ventilado Sanitario PVC 2" PAVCO	UN	128	128	5.109	653.952	653.952
<b>Subtotal</b>						<b>36.925.106</b>	<b>41.043.185</b>
2.3 Salida Sanitarios							
Salida							
2.3.7	Sanitario para sifón 1/2"	UN	234	234	53.987	12.632.958	12.632.958

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	Salida						
2.3.3	Sanitario para Ducha 1/2"	UN	117	117	28.669	3.354.273	3.354.273
	Salida						
2.3.1	Sanitario para Inodoro 1/2"	UN	117	117	84.433	9.878.661	9.878.661
	Salida						
2.3.5	Sanitario para Lavadero 1/2"	UN	63	63	86.520	5.450.760	5.450.760
	Salida						
2.3.4	Sanitario para Lavadora 1/2"	UN	63	63	65.930	4.153.590	4.153.590
	Salida						
2.3.6	Sanitario para Lavaplatos 1/2"	UN	63	63	42.671	2.688.273	2.688.273
	Salida						
2.3.2	Sanitario para	UN	117	117	57.780	6.760.260	6.760.260

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	Lavamanos						
	1/2"						
<b>Subtotal</b>						<b>44.918.775</b>	<b>44.918.775</b>
<b>total ítem</b>						<b>99.584.648</b>	<b>108.749.11</b>

### 3. RED HIDRAULICA

#### 3.1 Tuberia

3.1.1	PVC-RDE-21 PAVCO 1/2"	M	1064.26	1545.92	2.136	2.273.082	3.301.827
3.1.2	PVC-RDE-21 PAVCO 3/4"	M	233.33	775.86	2.646	617.469	2.053.184
3.1.3	PVC-RDE-21 PAVCO 1"	M	267.17	279.7	3.714	992.180	1.038.713
3.1.4	PVC-RDE-21 PAVCO 1/4"	1 M	36.73	36.73	\$ 6.689	245.687	245.687
3.1.5	PVC-RDE-21 PAVCO 1/2"	1 M	25.77	25.77	8.734	225.075	225.075

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
3.1.6	PVC-RDE-21 PAVCO 2 "	M	35.95	35.95	13.393	481.490	481.490
3.1.7	PVC-RDE-21 PAVCO 2 1/2 "	M	31.53	87.08	21.706	684.390	1.890.158
3.1.8	PVC-RDE-21 PAVCO 4 "	M	18.87	18.87	49.431	932.769	932.769
<b>Subtotal</b>						<b>6.452.143</b>	<b>10.168.904</b>
3.2 Accesorios							
3.2.1	Tee PVC 1/2" PAVCO	UN	165	281	643	106.095	180.683
3.2.2	Tee PVC 3/8" PAVCO	UN	432	549	1.085	468.720	595.665
3.2.3	Tee PVC 3/4" PAVCO	UN	92	144	1.085	99.820	56.240
3.2.4	Tee PVC 1" PAVCO	UN	93	95	2.121	197.253	201.495
3.2.5	Tee PVC	1 UN	12	15	5.475	65.700	82.125

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total		
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva	
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas								
1/4" PAVCO								
3.2.6	Tee PVC 1 1/2" PAVCO	UN	8	8	7.188	57.504	57.504	
3.2.7	Tee PVC 2" PAVCO	UN	16	16	11.444	183.104	83.104	
3.2.8	Tee PVC 2 1/2" PAVCO	UN	8	8	27.147	217.176	217.176	
3.2.9	Tee PVC 4" PAVCO	UN	1	1	94.234	94.234	94.234	
Codos PVC								
3.2.10	90° 1/2" PAVCO	UN	137	185	487	66.719	90.095	
Codos PVC								
3.2.11	90° 3/8" PAVCO	UN	954	1122	779	743.166	874.038	
Codos PVC								
3.2.12	90° 3/4" PAVCO	UN	154	363	779	119.966	282.777	

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	Codos	PVC					
3.2.13	90°	1" UN	208	208	1.523	316.784	316.784
	PAVCO						
	Codos	PVC					
3.2.14	90°	1 1/2" UN	1	1	5.466	5.466	5.466
	PAVCO						
	Codos	PVC					
3.2.15	90°	2" UN	4	4	8.957	35.828	35.828
	PAVCO						
	Codos	PVC					
3.2.16	90°	2 1/2" UN	4	7	25.796	103.184	180.572
	PAVCO						
	Codos	PVC					
3.2.17	90°	4" UN	4	4	72.423	289.692	289.692
	PAVCO						
	cruz	PVC 1"					
3.2.18		UN	0	13	8.048	0	104.624
	PAVCO						
3.2.19	cruz	PVC 2 UN	0	13	9.603	0	124.839

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	1/2" PAVCO						
3.2.20	cruz PVC 3/4" PAVCO	UN	12	12	8.048	96.576	96.576
3.2.21	cruz PVC 3/8" PAVCO	UN	13	13	8.048	104.624	104.624
3.2.22	Tapón PVC 1 1/4" PAVCO	UN	3	3	708	2.124	2.124
3.2.23	Tapón PVC 1 " PAVCO	UN	2	2	708	1.416	1.416
3.2.24	Tapón PVC 1/2" PAVCO	UN	140	140	708	99.120	99.120
3.2.25	Tapón PVC 3/8" PAVCO	UN	26	26	708	18.408	18.408
	Reducción						
3.2.26	PVC 1 1/2"-1 1/4" PAVCO	UN	12	12	2.200	26.400	26.400
3.2.27	Reducción PVC 1 1/2"-1"	UN	25	25	2.200	55.000	55.000

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Reducción							
3.2.28	PVC 1 1/4"-1"	UN	47	47	2.200	103.400	103.400
PAVCO							
Reducción							
3.2.29	PVC 1 5/8"-	UN	11	11	2.200	24.200	24.200
3/8" PAVCO							
Reducción							
3.2.30	PVC 1"-1"	UN	412	425	2.200	906.400	935.000
PAVCO							
Reducción							
3.2.31	PVC 1"-3/4"	UN	66	92	2.200	145.200	202.400
PAVCO							
Reducción							
3.2.32	PVC 1"-3/8"	UN	49	49	2.200	107.800	107.800
PAVCO							
Reducción							
3.2.33	PVC1/2"-3/8"	UN	1925	2320	2.200	4.235.000	5.104.000

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Reducción							
3.2.34	PVC 2 1/2"-1 1/2" PAVCO	UN	1	1	5.400	5.400	5.400
Reducción							
3.2.35	PVC 2 1/2"-1 1/4" PAVCO	UN	2	3	5.400	10.800	16.200
Reducción							
3.2.36	PVC 2 1/2"-1" PAVCO	UN	2	15	5.400	10.800	81.000
Reducción							
3.2.37	PVC 2 1/2"-2" PAVCO	UN	8	21	5.400	43.200	113.400
Reducción							
3.2.38	PVC 2"-1 1/2" PAVCO	UN	5	5	5.400	27.000	27.000
Reducción							
3.2.39	PVC 2 1/2"-	UN	0	13	5.400	0	70.200

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
3/4" PAVCO							
Reducción							
3.2.40	PVC 2"-1 1/4" UN	UN	10	10	5.400	54.000	54.000
PAVCO							
Reducción							
3.2.41	PVC 2"-1" UN	UN	33	33	5.400	178.200	178.200
PAVCO							
Reducción							
3.2.42	PVC 3"-1" UN	UN	104	104	29.600	3.078.400	3.078.400
PAVCO							
Reducción							
3.2.43	PVC 3"-3/4" UN	UN	26	26	29.600	769.600	769.600
PAVCO							
Reducción							
3.2.44	PVC 3/4"-1/2" UN	UN	192	270	2.200	422.400	594.000
PAVCO							
Reducción							
3.2.45	PVC 3/4"-3/8" UN	UN	115	128	2.200	253.000	281.600

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
PAVCO							
Reducción							
3.2.46	PVC 4"-2 1/2"	UN	1	1	29.600	29.600	29.600
PAVCO							
Reducción							
3.2.47	PVC 5/8"-1/2"	UN	299	299	2.200	657.800	657.800
PAVCO							
Reducción							
3.2.48	PVC 5/8"-3/8"	UN	249	263	2.200	547.800	578.600
PAVCO							
<b>Subtotal</b>						<b>15.184.079</b>	<b>17.488.409</b>
3.3 Punto Hidráulico							
Punto							
3.3.1	Hidráulico para Inodoro 1/2"	UN	117	234	22.756	2.662.452	5.324.904
3.3.2	Punto Hidráulico	UN	117	117	46.216	5.407.272	5.407.272

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	para Lavamanos 1/2" Punto Hidráulico						
3.3.3	para Ducha 1/2"	UN	117	117	39.488	4.620.096	4.620.096
	para Lavadora 1/2" Punto Hidráulico						
3.3.4	para Lavadora 1/2"	UN	63	63	65.951	4.154.913	4.154.913
	para Lavadero 1/2" Punto Hidráulico						
3.3.5	para Lavadero 1/2"	UN	63	63	32.147	2.025.261	2.025.261
	para 1/2" Punto Hidráulico						
3.3.6	para 1/2"	UN	63	63	46.216	2.911.608	2.911.608

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
	Lavaplatos						
	1/2"						
	Punto						
	Hidráulico						
3.3.7	para sifón	UN	234	234	62.756	14.684.904	14.684.904
	1/2"						
<b>Subtotal</b>						<b>36.466.506</b>	<b>39.128.958</b>
<b>total ítem</b>						<b>58.102.728</b>	<b>66.786.271</b>

#### 4. Red Pluvial

##### 4.1 Tubería

4.1.1	Tubería PVC 2" PAVCO	M	1.04	1.04	9.307	9.679	9.679
4.1.2	Tubería PVC 3" PAVCO	M	394.24	348.53	13.901	5.480.396	4.844.974
4.1.3	Tubería PVC 4" PAVCO	M	27.48	65.2	19.373	532.365	1.263.109
<b>Subtotal</b>						<b>6.022.441</b>	<b>6.117.761</b>
4.2 Accesorios							

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva	unitario	Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
Reducción							
4.2.1	PVC 2" - 1 UN	UN	12	12	5.400	64.800	64.800
1/4" PAVCO							
Reducción							
4.2.2	PVC 3" - 2" UN	UN	11	12	29.600	325.600	355.200
PAVCO							
Reducción							
4.2.3	PVC 4" - 3" UN	UN	10	10	29.600	296.000	296.000
PAVCO							
4.2.4	Tapón PVC 2" PAVCO	UN	12	12	927	11.124	11.124
4.2.5	Codo PVC 2" PAVCO	UN	2	14	2.998	5.996	41.972
4.2.6	Codo PVC 3" PAVCO	UN	232	232	6.443	1.494.776	1.494.776
4.2.7	Codo PVC 4" PAVCO	UN	13	13	11.243	146.159	146.159
4.2.8	tee PVC 1 UN	UN	12	12	4.457	53.484	53.484

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total		
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva	
<b>1. Pruebas. Supervisión y Acometidas</b>								
<b>1/4" PAVCO</b>								
4.2.9	yee PVC 3" PAVCO	UN	1	4	11.799	11.799	47.196	
4.2.10	yee PVC 4" PAVCO	UN	4	4	20.344	81.376	81.376	
<b>Subtotal</b>						<b>2.491.114</b>	<b>2.592.087</b>	
<b>total del ítem</b>						<b>8.513.555</b>	<b>8.709.848</b>	

<b>5. Aparatos Sanitarios</b>								
5.1	Sifón	UN	234	234	2.019	472.446	472.446	
5.2	Ducha	UN	117	117	75.900	8.880.300	8.880.300	
5.3	Lavamanos	UN	117	117	52.900	6.189.300	6.189.300	
5.4	Sanitarios	UN	117	117	58.900	6.891.300	6.891.300	
5.5	lavaplatos	UN	63	63	102.900	6.482.700	6.482.700	
5.6	lavadero	UN	63	63	108.900	6.860.700	6.860.700	
5.7	llaves	UN	63	189	6.900	434.700	1.304.100	
5.8	Medidor	UN	63	63	107.900	6.797.700	6.797.700	
5.9	juego de Accesorios	UN	117	117	78.860	9.226.620	9.226.620	

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
baño							
<b>total ítem</b>						<b>52.235.766</b>	<b>53.105.166</b>

6. Tratamiento							
Ítem	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
6.1	tanque colempaques 4000 litros	AG UN		1	1.495.900	0	1.495.900
6.2	tanque colempaques 1500 litros	AG UN		3	181.900	0	545.700
6.3	Bomba MT2AME100 0 AG	UN		1	3.092.810	0	3.092.810
6.4	Bomba MT1AME050 0 AG	UN		1	1.825.460	0	1.825.460

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
1. Pruebas. Supervisión y Acometidas							
6.5	Electro bomba sumergible trifasica 10HP	UN	1	1	13.455.00	13.455.000	13.455.000
6.6	Electro bomba sumergible trifasica 7.5HP	Un		1	10.100.00 0	0	10.100.000
6.7	Trampa de grasas	UN		1	2.221.504	0	2.221.504
6.8	tanque AG colempaques 500 litros	UN		3	181.900	0	545.700
6.9	Arena fina (0.2). Arena gruesa (0.02). grava(0.4)	UN		1	26.239	0	26.239
6.10	tanque ALI colempaques 1500 litros	UN		1	545.700	0	545.700

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total	
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva
<b>1. Pruebas. Supervisión y Acometidas</b>							
6.11	Filtro Separador de Hojas para Bajante Cilíndrica-Ecolibera	UN		1	194.900	0	194.900
<b>total ítem</b>						<b>13.455.000</b>	<b>34.048.913</b>

### 7. Pruebas. Supervisión y Acometidas

7.1	Acometida 2 1/2" (incluye caja de Inspección)	UN	4	4	2.455.977	9.823.908	9.823.908
7.2	Prueba de Estanqueidad Hidráulica por piso	UN	14	14	35.932	503.048	503.048
7.3	Prueba de Estanqueidad	UN	13	13	35.932	467.116	467.116

Ítems	Descripción	U.M.	Cantidad		Valor unitario	Valor total		
			Red Existente	Red Nueva		Red Existente	Red Nueva	
			1. Pruebas. Supervisión y Acometidas					
	Hidráulica por							
	piso							
			<b>Total ítem</b>			<b>10.794.072</b>	<b>10.794.072</b>	
<b>8. Diseño redes hidrosanitarios</b>								
8.1	Diseño red hidrosanitaria					20.648.662	20.934.847	
			<b>Total ítem</b>			<b>20.648.662</b>	<b>20.934.847</b>	
			<b>Total</b>			<b>287.895.48</b>	<b>328.197.550</b>	
			IUA (8% del costo total)			23.031.639	26.255.804	
			<b>Total General</b>			<b>310.927.12</b>	<b>354.453.354</b>	
						<b>6</b>		
			<b>Diferencia</b>				<b>\$ 43.526.229</b>	

## Apéndice 33. Depreciación de los sistemas de bombeo y tratamiento.

Depreciación			
No.	Tipo	Valor unitario	Valor total
1	Depreciación de sistema de bombeo ALI ( 15 años)	\$ 13.455.000	\$ 638.561
2	Depreciación de sistema de bombeo AG ( 15 años)	\$ 10.100.000	\$ 479.336
3	Depreciación de sistema de tratamiento AG (10 años)	\$ 2.221.504	\$ 176.525
		<b>Total</b>	<b>\$ 1.294.421.43</b>

## Apéndice 34. Mantenimiento del sistema de reúso de AG y aprovechamiento de ALI.

Mantenimiento y Operación				
No.	Tipo	cantidad al año	Valor unitario	Valor total
1	limpieza de tanque almacenamiento AG 4000 L	1	\$ 20.000.00	\$ 20.000.00
2	limpieza de tanque de sedimentación AG 500 L	1	\$ 30.000.00	\$ 30.000.00
3	limpieza de tanque filtro lento arena	1	\$ 30.000.00	\$ 30.000.00
4	Limpieza de tanque de ALI 1500L	1	\$ 15.000.00	\$ 15.000.00
5	Mantenimiento preventivo sistema de bombeo	2	\$ 100.000.00	\$ 200.000.00
6	Mantenimiento sistema de tratamiento AG	3	\$ 50.000.00	\$ 150.000.00
7	Depreciación Bomba			\$ 519.838.70
8	Limpieza tratamiento ALI	1	\$ 20.000.00	\$ 20.000.00
<b>total</b>				<b>\$ 984.838.70</b>

Apéndice 35. Cotización trampa de grasas.



Mosquera, 22 de noviembre de 2017

Señores  
 Universidad Industrial de Santander  
 Tan. Sr. Jeferson zambrano  
 Mail: jeferson\_dayan@hotmail.com  
 Bucaramanga

Respetados Señores:

En atención a su amable solicitud, COLEMPAQUES S.A.S, tiene el gusto de cotizar lo siguiente:

PRODUCTO	CANT.	VR. UNITARIO	SUBTOTAL
Trampa de grasas Colempaques ovoide de 1.000 lts tapa y acces. Verde	3	594.270	1782.810
		Flete	84.000
		Subtotal	1'866.810
		IVA	354.694
		Total	2'221.504

Pago: contado anticipado  
 Entrega: Bucaramanga  
 Tiempo de entrega: 8 - 10 días

Favor Girar cheque, consignar y /o realizar transferencia en la Cuenta Corriente (Convenio Empresarial) No. 4701-6998-5962 de DAVIVIENDA a nombre de COLEMPAQUES SAS. En la Referencia 1 escribir el NIT del CLIENTE, o Cédula cuando es persona natural.

No efectuar retención sobre ICA. Colempaques presenta declaración de Industria, Comercio y Avisos en el Municipio de Mosquera

Agradecemos su atención y quedamos a la espera de su pronta respuesta, para tener el gusto de atenderlos

Cordialmente,

Gabriel Murcia  
 Asesor Ventas industria  
 Tel.5312222 ext.126

Apéndice 36. Cotización bombas AG.



Nit: 900.826.008-9

Telefono: 6704411

Av. Quebradaseca No 18-24  
BUCARAMANGA

BUCARAMANGA, 23 DE NOVIEMBRE DE 2017

Señor (es)

ING LEONEL MONROY

TEL. 316 807 2138

CIUDAD. BUCARAMANGA

E-MAIL. [angelleonel0@gmail.com](mailto:angelleonel0@gmail.com)  
[taiprosas@gmail.com](mailto:taiprosas@gmail.com)

Agradecemos su solicitud y la atendemos de la siguiente manera :

**COTIZACIÓN**

CANT	DESCRIPCION	UNIDAD	TOTAL
1	ELECTROBOMBA SUMERGIBLE TOTALMENTE EN ACERO INOXIDABLE TRIFASICA POTENCIA: 10 HP DESCARGA: 3" CON MOTOR EN RODAMIENTOS PARA UN CAUDAL DE : 7,57 LPS Y UNA ALTURA DE: 66 METROS	\$ 13.450.000	\$ 13.450.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$</b>	<b>13.450.00</b>

CANT	DESCRIPCION	UNIDAD	TOTAL
1	ELECTROBOMBA SUMERGIBLE TOTALMENTE EN ACERO INOXIDABLE TRIFASICA POTENCIA: 7,5 HP DESCARGA: 3" CON MOTOR EN RODAMIENTOS PARA UN CAUDAL DE : 6 LPS Y UNA ALTURA DE: 55 METROS	\$ 11.100.000	\$ 11.100.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$</b>	<b>11.100.00</b>

Apéndice 37. Cotización bomba.



Santiago de Cali. 17 Noviembre 2017

Bomba Industrial alto flujo y presión media de 5Hp trifásica.



#### FICHA TECNICA

MODELO	HP	TIPO MOTOR	RPM	SUCCION	DESCARGA	FLUJO MAX (LPM)	PRESION MAX (METROS)	PRECIO
MT1AME0500	5	TRIFASICO 220/440V	3450	1.1/2	1.1/4	440	57	1.825.460

**CECILIA MUÑOZ TORRES**

VALSI DE COLOMBIA LTDA

TIENDA EVANS R&R CALI

Tels.: 888 1082 – 888 1091

Cels: 316 874 5641

Emails: [tiendacali@evans.com.co](mailto:tiendacali@evans.com.co) – [cali@evans.com.co](mailto:cali@evans.com.co)

Web: [www.evans.com.co](http://www.evans.com.co) – [www.evans.com.mx](http://www.evans.com.mx)

Dir: Av. 3 Norte # 40 – 07 Vipasa – Cali – Colombia

## Apéndice 38. Cotización bomba.



Santiago de Cali. 17 Noviembre 2017

**BOMBAS INDUSTRIALES MT (SUPER)****FICHA TECNICA**

MODELO	H P	TIPO MOTOR	RP M	SUCCIO N	DESCAR GA	FLUJ O MAX (LPM )	PRESIO N MAX (METRO S)	PRECI O
MT2AME10 00	10	TRIFASIC O 220/440	345 0	2	1	650	66	3.092.8 10

**CECILIA MUÑOZ TORRES**

VALSI DE COLOMBIA LTDA

TIENDA EVANS R&amp;R CALI

Tels: 888 1082 – 888 1091

Cels: 316 874 5641

Emails: [tiendacali@evans.com.co](mailto:tiendacali@evans.com.co) – [cali@evans.com.co](mailto:cali@evans.com.co)Web: [www.evans.com.co](http://www.evans.com.co) – [www.evans.com.mx](http://www.evans.com.mx)

Av. 3 Norte # 40 – 07 Vipasa – Cali – Colombia.

## Apéndice 39. Flujo de caja.

AÑO	Ingresos [COP]		Egresos [COP]		Flujo neto [COP]	Flujo neto acumulado [COP]
	Acueducto	Alcantarillado	Energía	Mantenimiento		
0					43.526.228	
1	2.095.453.4	1.745.841.2	788.390.3	984.838.70	2.068.065.7	\$41.458.163.18
2	2.182.205.2	1.818.119.1	821.029.6	1.025.611.0	2.153.683.6	\$39.304.479.57
3	2.272.548.5	1.893.389.2	855.020.3	1.068.071.3	2.242.846.1	\$37.061.633.46
4	2.366.632.0	1.971.775.5	890.418.1	1.112.289.5	2.335.699.9	\$34.725.933.52
5	2.464.610.6	2.053.407.0	927.281.4	1.158.338.2	2.432.397.9	\$32.293.535.61
6	2.566.645.5	2.138.418.1	965.670.9	1.206.293.5	2.533.099.2	\$29.760.436.42
7	2.672.904.7	2.226.948.6	1.005.649.6	1.256.234.0	2.637.969.5	\$27.122.466.93
8	2.783.562.83	2.319.144.24	1.047.283.5	1.308.242.09	2.747.181.43	\$24.375.285.50
9	2.898.802.33	2.415.156.82	1.090.641.0	1.362.403.32	2.860.914.74	\$21.514.370.75

AÑO	Ingresos [COP]		Egresos [COP]		Flujo neto [COP]	Flujo neto acumulado [COP]
	Acueducto	Alcantarillado	Energía	Mantenimiento		
1			1.135.793.6			-
0	3.018.812.75	2.515.144.31	3	1.418.806.81	2.979.356.61	\$18.535.014.14
1			1.182.815.4			-
1	3.143.791.60	2.619.271.28	9	1.477.545.42	3.102.701.98	\$15.432.312.16
1			1.231.784.0			-
2	3.273.944.57	2.727.709.11	5	1.538.715.80	3.231.153.84	\$12.201.158.33
1			1.282.779.9			-
3	3.409.485.87	2.840.636.27	1	1.602.418.63	3.364.923.61	\$8.836.234.72
1			1.335.887.0			-
4	3.550.638.59	2.958.238.61	0	1.668.758.76	3.504.231.44	\$5.332.003.27
1			1.391.192.7			-
5	3.697.635.03	3.080.709.69	2	1.737.845.37	3.649.306.63	\$1.682.696.65
1			1.448.788.1			-
6	3.850.717.12	3.208.251.07	0	1.809.792.17	3.800.387.92	\$2.117.691.27
1			1.508.767.9			-
7	4.010.136.81	3.341.072.67	3	1.884.717.57	3.957.723.98	\$6.075.415.25
1			1.571.230.9			\$10.196.989.0
8	4.176.156.47	3.479.393.08	2	1.962.744.87	4.121.573.75	1
1			1.636.279.8			\$14.489.195.9
9	4.349.049.35	3.623.439.95	8	2.044.002.51	4.292.206.91	2
2	4.529.099.99	3.773.450.36	1.704.021.8	2.128.624.22	4.469.904.27	\$18.959.100.1

AÑO	Ingresos [COP]		Egresos [COP]		Flujo neto [COP]	Flujo neto acumulado [COP]
	Acueducto	Alcantarillado	Energía	Mantenimiento		
0			6			9
2			1.774.568.3			\$23.614.058.5
1	4.716.604.73	3.929.671.21	7	2.216.749.26	4.654.958.31	0
2			1.848.035.5			\$28.461.732.0
2	4.911.872.17	4.092.359.60	0	2.308.522.68	4.847.673.58	8
2			1.924.544.1			\$33.510.099.3
3	5.115.223.67	4.261.783.28	7	2.404.095.52	5.048.367.27	5
2			2.004.220.3			\$38.767.469.0
4	5.326.993.93	4.438.221.11	0	2.503.625.07	5.257.369.68	3
2			2.087.195.0			\$44.242.493.8
5	5.547.531.48	4.621.963.47	2	2.607.275.15	5.475.024.78	1
2			2.173.604.8			\$49.944.184.6
6	5.777.199.29	4.813.312.75	9	2.715.216.34	5.701.690.81	1
2			2.263.592.1			\$55.881.925.4
7	6.016.375.34	5.012.583.90	4	2.827.626.30	5.937.740.81	2
2			2.357.304.8			\$62.065.488.6
8	6.265.453.28	5.220.104.87	5	2.944.690.03	6.183.563.27	9
2			2.454.897.2			\$68.505.051.4
9	6.524.843.04	5.436.217.22	7	3.066.600.19	6.439.562.79	9
3			2.556.530.0			\$75.211.212.1
0	6.794.971.54	5.661.276.61	2	3.193.557.44	6.706.160.69	8

AÑO	Ingresos [COP]		Egresos [COP]		Flujo neto [COP]	Flujo neto acumulado [COP]
	Acueducto	Alcantarillado	Energía	Mantenimiento		
3			2.662.370.3			\$82.195.007.9
1	7.076.283.37	5.895.653.46	6	3.325.770.72	6.983.795.75	3
3			2.772.592.4			\$89.467.932.8
2	7.369.241.50	6.139.733.51	9	3.463.457.63	7.272.924.89	2
3			2.887.377.8			\$97.041.956.8
3	7.674.328.09	6.393.918.48	2	3.606.844.77	7.574.023.98	0
3			3.006.915.2			\$104.929.545.
4	7.992.045.28	6.658.626.71	6	3.756.168.15	7.887.588.57	37
3			3.131.401.5			\$113.143.680.
5	8.322.915.95	6.934.293.85	6	3.911.673.51	8.214.134.74	11
3			3.261.041.5			\$121.697.880.
6	8.667.484.67	7.221.373.62	8	4.073.616.79	8.554.199.92	03
3			3.396.048.7			\$130.606.223.
7	9.026.318.54	7.520.338.49	0	4.242.264.53	8.908.343.80	83
3			3.536.645.1			\$139.883.373.
8	9.400.008.13	7.831.680.50	2	4.417.894.28	9.277.149.23	05
3			3.683.062.2			\$149.544.596.
9	9.789.168.46	8.155.912.07	3	4.600.795.10	9.661.223.21	26
4	10.194.440.0		3.835.541.0		10.061.197.8	\$159.605.794.
0	4	8.493.566.83	0	4.791.268.02	5	11

## Apéndice 40. Imágenes Revit.

Figura A40.1 3D segundo piso RS y RST

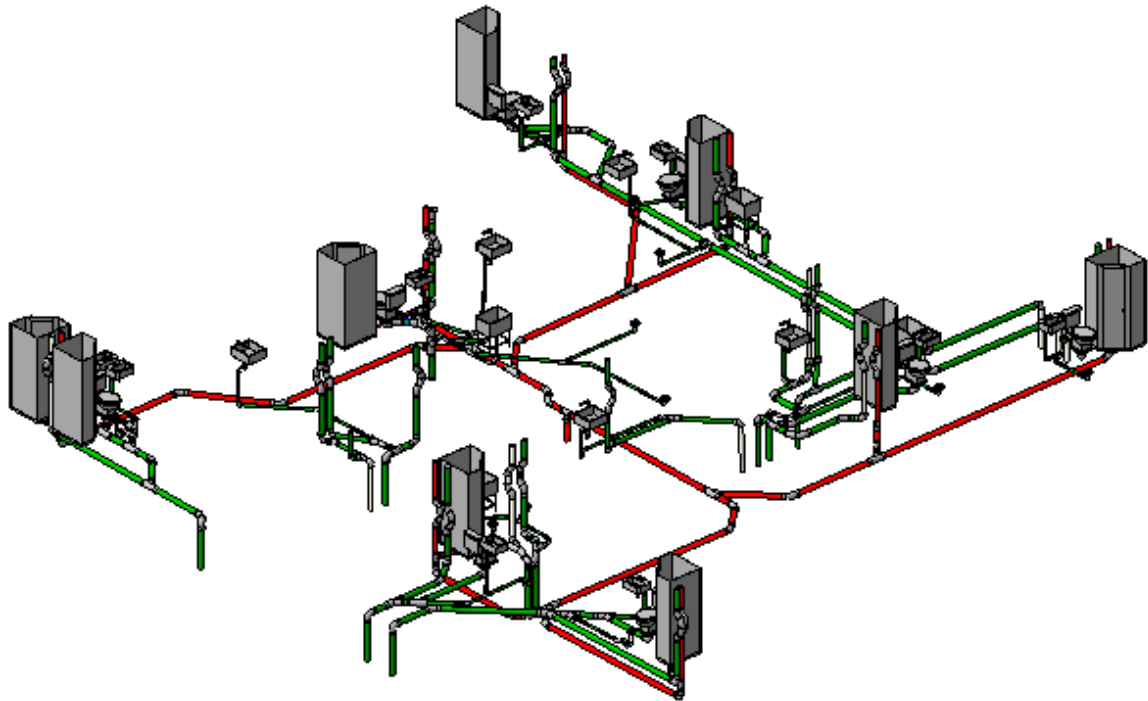


Figura A40.2 3D sistema de tratamiento AG

