



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carolina Castaño Muñoz

Viabilidad técnica y financiera de un sistema hidrosanitario para el aprovechamiento de aguas pluviales. Análisis comparativo entre Colombia y Portugal.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carolina Castaño Muñoz

Viabilidad técnica y financiera de un sistema hidrosanitario para el aprovechamiento de aguas pluviales. Análisis comparativo entre Colombia y Portugal.

Trabajo de grado
Maestría Integrada en Ingeniería Civil

Trabajo efectuado bajo la orientación de la
Profesora Maria Manuela Carvalho de Lemos Lima
Profesor Andrés Almeyda Ortiz.

AGRADECIMENTOS

En primero lugar quiero agradecer a Dios, el cual me guía día tras día con sabiduría y me coloca en el camino las personas indicadas. A mi familia y especialmente a mis padres y hermana los cuales son mi motivación constante, sus enseñanzas, valores y amor, reflejan quien soy en este momento. Gracias por tantas oportunidades.

A Sérgio Fernandes por su compañía, apoyo constante, amor y dedicación en esta difícil pero gratificante experiencia. Siempre estaré agradecida.

A mi orientadora Maria Manuela Carvalho de Lemos Lima por su acompañamiento, disponibilidad, confianza y apoyo en la realización de este proyecto.

A mi co-orientador Andrés Almeyda Ortiz por su orientación en la elaboración del trabajo.

A mis compañeros y amigos gracias por los momentos vividos y las experiencias compartidas.

A Leidy Barón y Andrea Meléndez por un año fueron mi familia y amigas, las cuales hicieron de este intercambio una experiencia diferente, llena de gratos momentos. Gracias por su compañía.

A Rocio Castaño por la preocupación, el tiempo, la información y toda la ayuda brindada en esta etapa.

Al profesor Dinis Leitão y el ingeniero Andrés Uribe por la disponibilidad de información y tiempo para la ejecución adecuada de este trabajo.

RESUMEN

Cada día se evidencia más el efecto o consecuencia del hombre en la naturaleza con relación a la escasez de recursos hídricos y crecimiento de escorrentía superficial, generadas por el crecimiento de áreas urbanas de las ciudades y la sobrepoblación. Esto obliga a la búsqueda de alternativas de soluciones sostenibles, una de ellas es el aprovechamiento de aguas pluviales para abastecimiento, en la cual se basa este proyecto. Se desarrolla una propuesta de diseño hidrosanitario y un estudio de viabilidad técnica y financiera, enfocado en la utilización de aguas pluviales, con el fin de suplir la demanda hídrica en inodoros y riego, para dos casos de estudio, situados en Portugal y Colombia, tomando como aspecto importante para el estudio el volumen del reservatorio, debido a su elevado costo y su relación con la eficiencia del sistema. El sistema propuesto para la ciudad de Porto (Portugal) dio como resultado un tiempo de retorno de 41 años, en contraste con la del municipio de Piedecuesta (Colombia) que dio 29 años. El desarrollo de estos genera ventajas para el usuario y la población en general, como la disminución del consumo de agua potable y una mejoría en la distribución de la carga de agua lluvia en el sistema de drenaje urbano.

Palabras clave: aprovechamiento de aguas pluviales, volumen de almacenamiento, viabilidad financiera.

ABSTRACT

Each day, the effect or the consequence of man in nature is more evident in relation to the scarcity of water resources and growth of surface runoff, generated by the growth of urban areas of the cities and overpopulation. This forces the search for alternative sustainable solutions, one of them is the use of rainwater for supply, on which this project is based. A proposal for hydrosanitary design and a technical and financial feasibility study is developed, focused on the use of rainwater, in order to supply the water demand in toilets and irrigation, for two case studies, located in Portugal and Colombia, taking as an important aspect for the study the volume of the reservoir, due to its high cost and its relation with the efficiency of the system. The proposed system for the city of Porto (Portugal) resulted in a payback period of 41 years, in contrast to the municipality of Piedecuesta (Colombia) that resulted in 29 years. The development of these system generates advantages for the user and the population in general, such as the reduction of drinking water consumption and an improvement in the distribution of the rainwater load in the urban drainage system.

Key words: rainwater harvesting, storage volume, feasibility.

ÍNDICE GERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Interés y encuadramiento del tema.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Estructura de trabajo	3
2. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	5
2.1 Importancia.....	5
2.2 Antecedentes	7
2.3. Situación actual	8
2.3.1 Europa	8
2.3.2 América del Sur.....	9
2.4 Ventajas y desventajas	10
2.5 Características relevantes de los países en estudio.....	12
2.5.1 Portugal	12
2.5.1.1 Consumo de agua	12
2.5.1.2 Precipitación.....	13
2.5.2 Colombia	15
2.5.2.1 Consumo de agua	15
2.5.2.2 Precipitación.....	16
2.5.3 Comparación grafica de promedio detallado de precipitaciones (mm anuales).....	17
2.6 Tratamientos sistema de aprovechamiento aguas pluviales.	18
2.6.1 Componentes del Sistema	20

2.6.2 Mantenimiento de los elementos	21
2.7 Ejemplos de sistemas de utilización de agua lluvia	21
3. METODOLOGÍA	26
3.1 Dimensionamiento de tanques de recolección de agua lluvia.....	26
3.2 Localización de componentes del sistema	30
3.3 Dimensionamiento hidrosanitario de los casos de estudio.....	30
3.3.1 Dimensionamiento del caso de estudio en Portugal.....	30
3.3.1.1 Dimensionamiento de abastecimiento de agua.	31
3.3.1.2 Dimensionamiento drenaje del agua pluvial.	33
3.3.2 Dimensionamiento del caso de estudio en Colombia.....	35
3.3.2.1 Dimensionamiento de abastecimiento de agua.	35
3.3.2.2 Dimensionamiento drenaje del agua pluvial.	36
3.4 Determinación del consumo energético.	37
3.5 Viabilidad técnica.....	39
3.6 Viabilidad financiera.....	39
4. CASO DE ESTUDIO.....	41
4.1 Breve descripción.....	41
4.2. Datos de precipitación.....	42
4.3 Datos de consumo	45
4.4 Tratamiento	46
4.5 Dimensionamiento hidrosanitario	52
4.6 Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales	55
4.7 Calculo de Presupuesto	55
4.8 Viabilidad técnica.....	55
4.9 Viabilidad financiera.....	55
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	57

5.1 Dimensionamiento del reservatorio	57
5.1.1 Método Simplificado alemán	57
5.1.1.1 Portugal	57
5.1.1.2 Colombia	59
5.1.2 Método de Rippl.....	61
5.1.2.1 Portugal	61
5.1.2.2 Colombia	62
5.1.2.3 Comparación resultados diarios y mensuales.....	63
5.2 Determinación del reservatorio según costo	63
5.3 Dimensionamiento hidrosanitario de los casos de estudio.....	68
5.4 Determinación del consumo energético del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales para cada caso	68
5.5 Viabilidad técnica.....	69
5.6 Viabilidad financiera	70
6. CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍAS Y REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	81
Anexo 1. Contaminantes comunes en sistemas de recolección de aguas lluvias.	81
Anexo 2. Estudios con promedios de parámetros fisicoquímicos de agua lluvia en diferentes países.	82
Anexo 3. Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán.....	83
Anexo 4. Análisis de capacidad del reservatorio por el método Rippl.	90
Anexo 5. Dimensionamiento hidrosanitario y drenaje Pluvial del caso de estudio en Portugal.	
127	
Anexo 6. Dimensionamiento hidrosanitario y drenaje Pluvial del caso de estudio en Colombia.....	135
Anexo 7. Presupuesto de costo de construcción, mantenimiento y depreciación por año para el caso de estudio en Portugal.	141

Anexo 8. Presupuesto de costo de construcción, mantenimiento y depreciación por año para el caso de estudio en Colombia.	145
Anexo 9. Viabilidad financiera de caso de estudio en Portugal.	148
Anexo 10. Viabilidad financiera de caso de estudio en Colombia.....	151
Anexo 11. Planos casos de estudio.....	147

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Porcentaje de recursos hídricos renovables retirados.....	6
Figura 2 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en Portugal.....	13
Figura 3 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en el consumo de las viviendas en Portugal.	13
Figura 4 - Precipitaciones en Portugal. Valores normales de 1961/1990.	14
Figura 5 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en Colombia 2012.....	15
Figura 6 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en el consumo de las viviendas en Colombia.	16
Figura 7 - Cantidad de precipitación en mm para Colombia.	17
Figura 8- Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales).	18
Figura 9 - Caminos de contaminantes en el sistema de recolección de agua de lluvia en el tejado	19
Figura 10 - Componentes de distribución..	20
Figura 11 - Planos en planta, proyecto localizado en la Rua do Marco de Canaveses, no 75. Porto	41
Figura 12 - Planos en planta proyecto localizado en el lote no. 25, en el municipio de Piedecuesta.	42
Figura 13 - Metodología a desarrollar en el proyecto.	42
Figura 14 – Representación de la ubicación de las estaciones con respecto a la vivienda para el caso de Portugal.	43
Figura 15- Representación de la ubicación de las estaciones con respecto a la vivienda para el caso de Colombia.	44
Figura 16 - Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH..	47
Figura 17 – Detalle del Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH.	47
Figura 18 – Esquema de funcionamiento de consumo.....	51
Figura 19 - Esquema bomba utilizada.....	52
Figura 20 – Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Amarante.	58
Figura 21 - Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Lordelo.	58
Figura 22 - Grafico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Club campestre.	60

Figura 23 - Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Limoncito.	60
Figura 24 - Proyección financiera caso de estudio Portugal	71
Figura 25 - Proyección financiera caso de estudio Colombia.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Ventajas y desventajas de la utilización de aguas lluvias.	11
Tabla 2 – Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales.....	21
Tabla 3 - Ejemplos de proyectos con sistemas de utilización de agua lluvia.....	22
Tabla 4 - Dimensionamiento de canales.	36
Tabla 5 - Dimensionamiento de bajantes de aguas lluvias.....	36
Tabla 6 - Dimensionamiento tubería horizontal de agua lluvia.).....	37
Tabla 7 – Intervalo de tiempo para cada estación.	45
Tabla 8 – Datos de consumo para los dos países.	45
Tabla 9 – Elementos del Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH.	48
Tabla 10 – Elementos tratamiento para el caso de estudio en Colombia.	50
Tabla 11 – Equipos de abastecimiento, con cantidad y caudales, para vivienda de Portugal. .	53
Tabla 12– Equipos de abastecimiento, con cantidad y caudales, para vivienda de Portugal. .	54
Tabla 13 – Valores relevantes para caso de estudio en Portugal.	57
Tabla 14 - Valores relevantes para caso de estudio en Colombia.	57
Tabla 15 – Valores determinantes por estación en Portugal para método alemán.....	59
Tabla 16 - Valores determinantes por estación en Colombia para método alemán.	61
Tabla 17 - Valores determinantes mensuales por estación en Portugal para método de Rippl.	62
Tabla 18 - Valores determinantes diarios por estación en Portugal para método de Rippl.	62
Tabla 19 - Valores determinantes mensuales por estación en Colombia para método Rippl. .	62
Tabla 20 - Valores determinantes diarios por estación en Colombia para método Rippl.	62
Tabla 21 – Comparación volúmenes diarios y mensuales	63
Tabla 22 – Eficiencia según el volumen del tanque en Portugal	65
Tabla 23 – Valores obtenidos para un volumen de 4.8 m ³	66
Tabla 24 - Valores obtenidos para un volumen de 6.5 m ³	66
Tabla 25 – Eficiencia según el volumen del tanque en Colombia	67
Tabla 26 - Valores obtenidos para un volumen de 5 m ³	67

Tabla 27 - Valores obtenidos para un volumen de 10 m ³	68
Tabla 28 – Potencia necesaria según el caso de estudio.	69
Tabla 29 – Comparación de indicadores financieros	71
Tabla 30 – Comparación de proyectos con relación al salario mínimo	73
Tabla 31 - Tipos de contaminantes comúnmente encontrados en los sistemas de recolección de agua de lluvia	81
Tabla 32 – Estudios con parámetros fisicoquímicos de agua lluvia.	82
Tabla 33 - Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán para el caso de estudio en Portugal.	83
Tabla 34 - Análisis de eficiencia del sistema y grado de aprovechamiento para el caso de estudio en Portugal.....	85
Tabla 35 – Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán para el caso de estudio en Colombia.	87
Tabla 36 – Análisis de eficiencia del sistema y grado de aprovechamiento para el caso de estudio en Colombia.	88
Tabla 37 - Análisis de la capacidad del reservatorio por el método Rippl, con datos mensuales para el caso de estudio en Portugal.	90
Tabla 38 - Análisis de la capacidad del reservatorio por el método Rippl, con datos mensuales para el caso de estudio en Colombia.	117
Tabla 39 – Cálculos del diseño hidrosanitario del caso de estudio en Portugal.....	127
Tabla 40 – Dimensionamiento de Canales.	134
Tabla 41 – Dimensionamiento Bajantes y colectores.	134
Tabla 42 - Cálculos del diseño hidrosanitario del caso de estudio en Colombia.	135
Tabla 43 – Dimensionamiento Canales.....	139
Tabla 44 – Dimensionamiento Bajantes.....	140
Tabla 45 – Dimensionamiento colectores.	140
Tabla 46 – Mantenimiento y depreciación anual para el caso de estudio en Portugal.....	141
Tabla 47 – Presupuesto de costo de construcción para el caso de estudio en Portugal.	142
Tabla 48 - Mantenimiento y depreciación anual para el caso de estudio en Colombia.	145
Tabla 49 - Presupuesto de costo de construcción para el caso de estudio en Colombia.....	145
Tabla 50 – Proyección económico para el caso de estudio en Portugal.....	148
Tabla 51 – Proyección económico para el caso de estudio en Colombia.	151

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Interés y encuadramiento del tema.

Ninguna forma de vida es posible sin agua, por esta razón el agua es considerada un recurso de primera necesidad. Esta misma es denominada como uno de los factores más relevantes para el progreso de las sociedades, y que contribuye para el desarrollo de su economía, lo que explica porqué desde los inicios las comunidades se establecían en los alrededores de los cursos de agua (Ojeda & Sánchez, 1985). Pero, es evidente que, por causa de la sobrepoblación y consecuente expansión urbana en las últimas décadas, se fueron creando grandes modificaciones en el ciclo hidrológico natural, generando situaciones amenazadoras para el desarrollo equilibrado y sostenible del hábitat humano. Estas alteraciones del ciclo hidrológico son el resultado del aumento de la impermeabilización del suelo, del crecimiento de la escorrentía superficial, de la creación de obstáculos para escorrentía natural y de la canalización de cursos de agua (Bertolo, 2006), generando una reducción de la disponibilidad de agua para las comunidades.

En el mundo, el 97.5% del agua es salada. El agua dulce únicamente corresponde al 2.5% restante. Sin embargo 68.9% del agua dulce está congelada en los casquetes polares del Ártico, de la Antártida y en las regiones montañosas. De esta, comprende 29.9% de agua subterránea. Lo que quiere decir que solamente cerca de 0.266% representa los lagos, ríos y depósitos (Tomaz, 2010). Esta cantidad genera preocupación ya que por otro lado se encontró en Tushaar *et al.* (2007) *apud* UNESCO (2016) que a nivel mundial casi la mitad de la población depende de las aguas subterráneas para el consumo humano y a su vez se muestra en Sieber *et al.* (2013) *apud* UNESCO (2016) que cerca de 40% de aguas de riego dependen de las aguas subterráneas, las mismas que han ayudado a aumentar diez veces la extracción de agua subterránea para riego agrícola en los últimos 50 años. Consecuentemente las tasas de crecimiento actuales de agricultura por recursos de agua dulce son insostenibles (UNESCO, 2016). Conjuntamente al abastecimiento en cantidad

suficiente, es fundamental que el agua sea pura, o sea, es necesario considerar su salubridad, pues evidentemente este es el vehículo más común de la transmisión de enfermedades. Así, relativamente a la salubridad del agua debe considerarse una de las principales preocupaciones de los ingenieros, con miras a la seguridad de la salud pública.

Dando solución sostenible a lo anteriormente referido, se presenta como fuente alternativa de agua el aprovechamiento local de las aguas lluvias, surgiendo el SAAP (sistema de aprovechamiento de aguas pluviales). Esta práctica no es reciente, ya que fue utilizada por múltiples civilizaciones hace miles de años, dentro de las cuales cabe resaltar a los Mayas, Aztecas e Incas (Gnadlinger, 2000), pero fue abandonada a lo largo del tiempo, a medida que los sistemas de abastecimiento público de agua se fueron expandiendo (Almeida, 2008). Actualmente, se presenta un retorno de la valorización de esta aplicación, por parte de algunos países de forma significativa, como lo Japón, Alemania, Singapur, EE.UU. y Australia (Sacadura, 2011).

Las ventajas fundamentales que esta fuente alternativa de aprovechamiento suministra son: la disminución del consumo de agua potable y una mejoría en la distribución de la carga de agua lluvia en el sistema de drenaje urbano, lo que contribuirá para el control de inundaciones. Pero no es simplemente una medida de conservación de agua, es también una forma de conservación de energía, de disminución de la erosión local y de inundaciones provocadas por la escorrentía (Bertolo, 2006). Debido a su buena calidad, es posible utilizar tecnologías simples y de fácil utilización, para la captación y almacenamiento de agua pluvial, lo que representa mayor cantidad de usos, en los cuales se encuentran: el riego de jardines, la descarga de sanitarios, el lavado de vehículos y pavimentos, entre otras.

De esta forma se concluye la relevancia de este proyecto, enfocado en sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales en dos zonas distintas del globo: Colombia y Portugal. Siendo el propósito de este proyecto de grado el diseño hidrosanitario para un sistema de aprovechamiento de aguas lluvia, para dos viviendas unifamiliares, localizadas en dichos países: Colombia (país en vías de desarrollo) y Portugal (país con un alto índice de desarrollo humano), permitiendo substituir una parte del agua de uso doméstico, sin exigencia de potabilidad, por agua pluvial debidamente recogida e tratada. Tiene como resultado potencial el ahorro de agua potable y la evaluación de la viabilidad financiera en

relación con el costo-beneficio para la instalación de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, en cada una de las estructuras y posteriormente generar una comparación entre ellas, teniendo claro la legislación y las diferentes condiciones en cada uno de los escenarios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general de este proyecto de grado es proponer un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias de bajo costo, como opción para el ahorro de agua potable, en una estructura unifamiliar de dos pisos de Colombia y una en Portugal, y de esta manera poder comparar estos dos sistemas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este trabajo de grado son:

- Desarrollar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa para usos no potables, para cada estructura, teniendo en cuenta la legislación respectiva de cada país y las diferencias de cantidad de lluvia en las dos regiones (Europa del Sur y América del Sur).
- Mostrar el potencial ahorro de agua potable al implementar un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.
- Evaluar la relación financiera relativa al costo-beneficio, valor presente neto y TIR para la instalación de los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, en cada una de las estructuras y efectuar una comparación entre ellas.

1.3 Estructura de trabajo

Este documento se encuentra dividido en 6 capítulos y está desarrollado bajo la siguiente estructura temática.

Consecutivamente a este capítulo en el cual se encuentra la introducción y los objetivos del trabajo de grado, se observa el segundo capítulo, el cual describe la revisión del estado del

arte necesaria para la realización adecuada del proyecto, comenzando con un abordaje sobre la importancia, los antecedentes, ventajas y desventajas de la recuperación y el manejo del agua de lluvia. Por otro lado, expone la situación actual de cada uno de los países estudiados con respecto al tema y finaliza con una breve ilustración del tratamiento y recopilación de ejemplos.

En el tercer capítulo se presenta la metodología para la implementación de un sistema hidrosanitario, el cual se enfoca en la utilización de aguas pluviales, con el fin de suplir la demanda de inodoros y riego en cada vivienda y a su vez la realización de un estudio de viabilidad financiera.

El cuarto capítulo se centra en la exposición de los casos de estudio, con los aspectos relevantes de cada uno, relacionados al capítulo anterior, como lo son: el consumo, precipitación, tipo de tratamiento, y cálculo de presupuesto.

En el capítulo cinco se realiza el análisis de los resultados obtenidos al ejecutar la metodología en los respectivos casos de estudios adquiriendo los diseños y las viabilidades financieras, teniendo en cuenta los valores del equipamiento, de mantenimiento, gastos energéticos y sus componentes. Para concluir, se realiza el capítulo de conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado, conjunto a posibles desenvolvimientos futuros en de este tema.

2. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

2.1 Importancia

El agua es esencial para el sostenimiento de la vida humana, animal y vegetal, es por ello que se considera un recurso de primera necesidad. El agua es un elemento fundamental para la economía, la creación y sostenimiento de empleo en todos los sectores, pues ocho sectores económicos (bosques, energía, pesca, agricultura, reciclaje, transporte, construcción, producción) es decir, la mitad de mano de obra mundial, depende de este bien (UNESCO, 2016). Los análisis que se realizaron en el Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo de 2016, estiman que más de 1400 millones de puestos de trabajo, equivalente al 42% de la población activa mundial, dependen en gran medida del agua. Adicionalmente, las extracciones de agua dulce se están aumentando a nivel mundial en un 1% anual desde los años 80, debido en gran parte a los países desarrollados. Del mismo modo se espera que la amenaza climática, frecuencia, intensidad y gravedad de los fenómenos meteorológicos aumenten con el tiempo y generen una menor calidad de agua y mayores escases de la misma (UNESCO, 2016).

Existen diferentes formas de medir y definir la escasez de agua y/o el estrés hídrico. El indicador nacional de escasez de agua que es más determinante en Colombia, es el agua renovable per cápita al año, este es “el volumen de agua anual disponible por individuo y se obtiene al dividir el volumen total de agua dulce superficial anual disponible por el tamaño de la población”(GWP SAMTAC, 2000).

En este indicador se utilizan los valores máximos para distinguir entre diferentes niveles de estrés hídrico (Falkenmark & Widstrand, 1992). Cuando los suministros hídricos renovables caen por debajo de 1700 m³ per cápita al año, se puede considerar que un área o país está bajo estrés hídrico, mientras que cuando el suministro de agua cae por debajo de 1000 m³ per cápita al año sufren de escasez de agua crónica. Por último, la escasez absoluta solamente es considerada cuando cae por debajo de 500 m³ per cápita al año

UNESCO (2016). UNSD (s.f.) *apud* UNESCO (2016) expone que el indicador de agua de los ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio) intenta medir el nivel de presión humana sobre los recursos hídricos con base a la relación existente entre la captación de agua (agricultura, municipal e industrial) y el total de recursos hídricos renovable, con el fin de encontrar la relación existente entre la oferta y la demanda, de tal manera que cuando menor sea la proporción entre la cantidad de agua disponible y el uso, se obtendrá mayor estrés en el sistema de suministro (UNESCO, 2016).

En Portugal se utiliza el índice anual de escases WEI+, la razón entre los recursos hídricos disponibles a largo plazo y su demanda, permitiendo encontrar el nivel de estrés hídrico. Cuando un país consume menos de 10% de sus recursos renovables se encuentra sin escasez, cuando consume de 10% a 20% es una escasez reducida, pasa a ser moderada cuando llega de 20% a 40% y severa cuando es consumido más del 40% (Aguas superficiales y subterráneas. Estado de ambiente en Portugal, 2017).

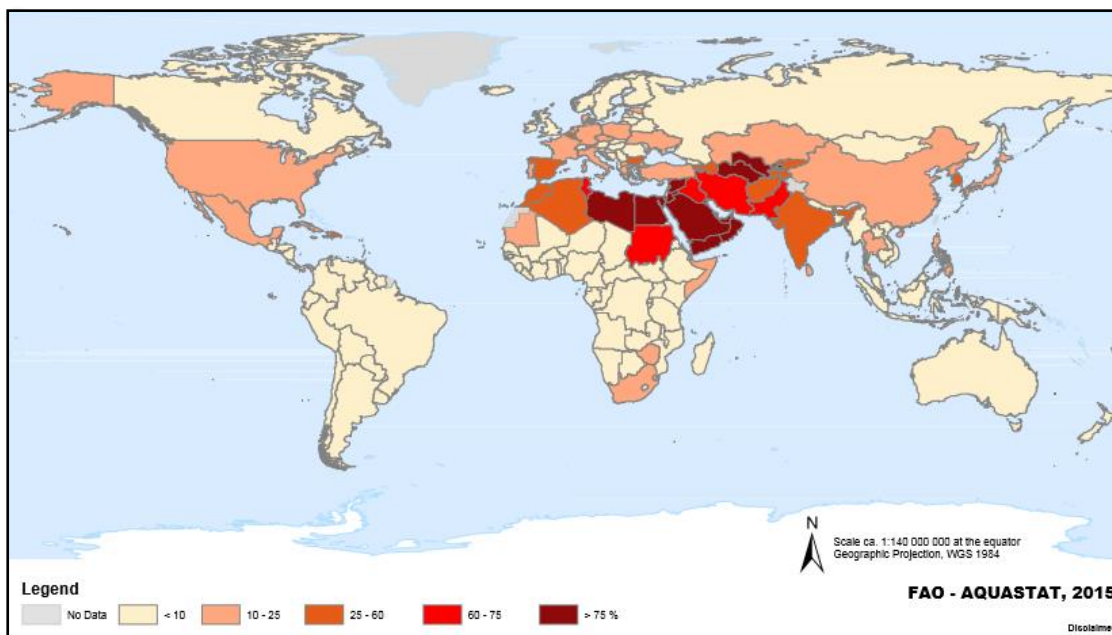


Figura 1 - Porcentaje de recursos hídricos renovables retirados. Fuente: FAO – AQUASTAT (2015)

Como se muestra en la Figura 1 el porcentaje de recursos hídricos retirados en Portugal es superior al de Colombia, siendo el primero un porcentaje entre el 10 y 25 por ciento, y el segundo inferior al 10%.

2.2 Antecedentes

Desde los comienzos de la humanidad, el hombre aprovecha el agua superficial y especialmente el agua lluvia para suplir las necesidades básicas, tales como: el abastecimiento, el consumo y como vía de transporte, por esa razón las comunidades se establecían en los alrededores de los cursos de agua. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y consecuente a ello se generó la expansión urbana algunos pueblos fueron obligados a ocupar zonas áridas o de difícil acceso a este recurso natural (Notaro et al., 2016), por esto surgió el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, cuyo principio es el mismo que se utiliza en la actualidad, captar aguas lluvias en las zonas altas, ser transportada posteriormente por medio de redes municipales a los centros urbanos y de ahí a los puntos de consumo (Reyes & Rubio, 2014).

Con relación a lo mostrado anteriormente, se presentarán los ejemplos más significativos en la historia. El primero se encuentra en el Desierto de Negey, en Israel y Jordania, en el cual se muestran sistemas de captación de lluvia, dirigidos a los predios agrícolas en las zonas bajas y algunos sistemas para templos y sitios de oración que fueron construidos antes del año 1000 A.C. Por otro lado, un segundo ejemplo se sitúa en la República Romana (siglos III y IV A.C.), para esta época las viviendas unifamiliares presentaban un estanque central para recoger el agua lluvia. Asimismo, en Centroamérica se reconoce el caso del Imperio Maya donde sus reyes realizaban para sus pueblos construcción de obras públicas. El abastecimiento de agua para la población y el riego de los cultivos en la ciudad Oxkutzcab al lado de las montañas, en el siglo X A.C. se realizaba por medio de tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia, la cual era recogida y almacenada en cisternas de un diámetro aproximado de 5 m, excavadas en el subsuelo e impermeabilizadas con yeso. En zonas de las tierras bajas, como en Edzná, en Campeche, los habitantes precolombinos construyeron un canal de 1 m de profundidad y aproximadamente 50 m de ancho, este canal proporcionaba agua para beber y regar los cultivos. Posteriormente se generó una disminución de este tipo de métodos debido a las colonizaciones de territorios e implementación de metodologías para la utilización del agua superficial y subterránea (presas, acueductos y pozos de extracción) (Ballén et al., 2006).

Es evidente que día a día las personas interactúan con el medio ambiente, de una o de cierta forma, intervienen y manipulan los diferentes sistemas naturales, lo cual genera una

modificación del equilibrio natural, es decir, una transformación de las condiciones ambientales y calidad de recursos naturales. Pero hasta solo pocos años atrás la humanidad ha dado razón y mostrando preocupación por la degradación del ecosistema. Despertando un interés de regresar a los sistemas iniciales de captación de agua en sitios de consumo, no solo en pequeñas casas rurales sino en edificaciones modernas de mayor imponencia.

La idea principal de estas construcciones sostenibles es generar desarrollo y satisfacer las necesidades de vivienda sin comprometer el ambiente y las generaciones futuras (Brooks & Rich, 2016). Teniendo en cuenta el tema de las instalaciones hidrosanitarias en una edificación convencional y una que opta por el aprovechamiento de aguas lluvias, no se logran encontrar muchas diferencias ya que las dos tienen un sistema de captación, de drenajes independiente entre aguas residuales y pluviales y en las redes de suministro, algunas destinan las aguas lluvias en usos como el riego, lavado o sanitarios que no requieren la potabilización para su uso, u otras para su utilización en la totalidad de los servicios (Reyes & Rubio (2014), Australian Rainwater Industry Development (2008)).

2.3. Situación actual

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años se generó un renacer con relación al tema. Dando como resultado un interés en crear e invertir en nuevas tecnologías por parte de los países desarrollados e industrializados como Japón, Alemania y Estados Unidos. Generando un avance significativo y a su vez influencia a nivel mundial.

2.3.1 Europa

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia se implantaron en Berlín, Alemania en el año de 1998 con el fin de utilizar racionalmente el agua de la ciudad, controlar las inundaciones y crear un mejor micro clima, como parte de un redesarrollo urbano a gran escala. El agua lluvia cae en las cubiertas de 19 edificios (32000 m²), se recoge y almacena en un tanque subterráneo de 3500 m³. Esta agua es usada para la descarga de inodoros, el riego de zonas verdes (incluyendo techos verdes) y llenar un estanque artificial (Ballén et al., 2006).

Portugal

Portugal ha tenido un gran avance en este sentido, ya que en la actualidad se pueden encontrar proyectos de gran dimensión, un ejemplo de esto es el proyecto piloto en Leça do Balio (Matosinhos), este emprendimiento posee 101 casas ecológicamente optimizadas que aprovechan el agua lluvia para descarga de sanitarios y para riego de jardines. Del mismo modo en la torre de control del aeródromo de Castelo Branco, se abastece los baños del piso cero y uno con agua lluvia. Este reservatorio se encuentra ubicado en el cuarto piso y recibe aproximadamente 120 m² de agua de la superficie, en el caso de que el reservatorio llegue al nivel mínimo, se activa el sistema de abastecimiento de red pública (Antunes, 2012). Por último en Ílhavo, Aveiro se proyectó las instalaciones de Bomberos Voluntarios la cual prevé tener un sistema de aprovechamiento de agua pluvial, el reservatorio será cavado en la tierra con una capacidad de 1300 m³ (Bertolo, 2006).

2.3.2 América del Sur

En cuanto a esta zona, Brasil ha sido uno de los países más reconocido por el enfoque de suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamientos de agua lluvia. Gran cantidad de la ONG (Organización no gubernamental) y organizaciones ambientales se han enfocado en esta alternativa de abastecimiento, incluso generaron un proyecto en Brasil para beneficiar a cinco millones de personas, el cual consiste en la construcción de un millón de tanques de recolección de agua lluvia, elaborados con concreto prefabricado y reforzado con mallas de alambre (Ballén et al., 2006).

Colombia

En Colombia el tema de incluir en las construcciones sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias es relativamente nuevo, ya que como es conocido este país posee gran cantidad de riquezas naturales, de variedad geográfica y de diversidad. Teniendo una riqueza hídrica de gran magnitud, pues poseen numerosas fuentes de agua como lo son las quebradas, los ríos, lagos y ciénagas.

Por ello la gran mayoría de poblaciones se suministran de fuentes superficiales, pero se presentan casos en los que las comunidades son obligadas a utilizar tecnologías alternativas para el suministro de agua, entre ellas el aprovechamiento de agua lluvia, ya que su posición geográfica (línea ecuatorial) le permite recoger hasta 5000 litros por metro cuadrado cada

año de agua lluvia (Reyes & Rubio, 2014) aunque en muchos casos es poco tecnificado generando poca eficiencia del sistema y baja calidad del producto. Algunos ejemplos de lo anteriormente expuesto son la vereda Casuarito del municipio de Puerto Carreño, el asentamiento subnormal de Altos de Menga en la ciudad de Cali y algunos asentamientos de la isla de San Andrés.

En industrias e instituciones también se está generando esta misma tecnología, diseñando instalaciones hidráulicas en almacenes de gran dimensión como lo es el almacén de Alkosto en las ciudades de Bogotá y Villavicencio, en el primero se aprovecha una cantidad de 4820 m³ de agua lluvia al año, satisfaciendo 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación, por otro lado, la segunda posee una cubierta de 1061 m², con un tanque de 150 m³, el cual transporta el agua a un proceso de floculación, filtrado y cloración, otorgando la calidad necesaria del agua para su potabilización garantizando las necesidades de la edificación (Ballén *et al.*, 2006).

2.4 Ventajas y desventajas

A continuación, se presenta un cuadro en el cual se resumen los principales beneficios y desventajas, que una implementación de este sistema puede traer.

Tabla 1 - Ventajas y desventajas de la utilización de aguas lluvias. Adaptado de: Bertolo, (2006), Palacio (2010), Reyes & Rubio (2014), Environment Agency (2010)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Según la zona se puede presentar una alta calidad fisicoquímica del agua, pues no está en contacto con el suelo y las rocas, evitando disolución de sales y minerales. Generando un agua suave, lo cual ocasiona reducción significativa en el consumo de jabones y detergentes. • Mantenimiento fácil y de baja frecuencia. • Reducción de costo a largo plazo (disminución de consumo de red pública) • Disminución total o parcial de la energía necesaria para operar. • Utilización de un sistema independiente. • Sistema amigable con el medio ambiente y sostenible. Ayudando a mantener los medios acuáticos. • Utilización de materiales y mano de obra de zona. • Disminución de erosión local e inundaciones generadas por escorrentía superficial. • Mejor distribución de carga de agua lluvia, reduciendo la presión de los sistemas de drenajes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta inversión inicial en la construcción del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias. • Independización de las redes de agua potable, en caso de que esta se utilice solo para riego y sanitarios. • Necesidad de una determinada área de captación de agua lluvia, con el fin de obtener los volúmenes necesarios y así generar rentabilidad. • Incerteza de la precipitación del lugar, es decir, la cantidad de agua que puede llegar a ser captada.

Se puede ratificar en el cuadro anterior que la cantidad de ventajas son superiores que las desventajas, obteniendo como beneficio primario una disminución del consumo de red pública y secundario una contribución con el medio ambiente, eso se obtiene a cambio de

una inversión elevada en cuanto al costo de implementación del sistema, siendo este el principal desmotivador para su aceptación.

2.5 Características relevantes de los países en estudio.

2.5.1 Portugal

Portugal continental está situado en la costa oeste de Europa, en la Península Ibérica, limita al norte y al este con España, y al oeste y al sur con el océano Atlántico. Adicionalmente posee las Regiones Autónomas de Azores y Madeira, archipiélagos situados en el océano Atlántico. Su área es de 92 212 km² y una población de 10.3 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente un 50% se considera población activa. Su distribución poblacional se encuentra principalmente concentrada junto al litoral y en las ciudades se Lisboa y Porto (Aicep Portugal Global, 2016).

2.5.1.1 Consumo de agua

El consumo de agua per cápita en Portugal ha ido aumentando en los últimos años, la mayoría del consumo del sector urbano es destinado a uso doméstico. La mayoría de población portuguesa utiliza el agua potable para todos los usos domésticos. Este puede ser para usos interiores o exteriores, el primero es utilizado en la preparación de alimentos, sanitarios, la higiene personal, lavado de ropa y loza, y el exterior es destinado a riego, lavado de automóviles lavado de pavimentos y jardines (Saraiva, 2015).

En la Figura 2 se identifica la distribución de usos del agua para el sector urbano según Saraiva (2015).

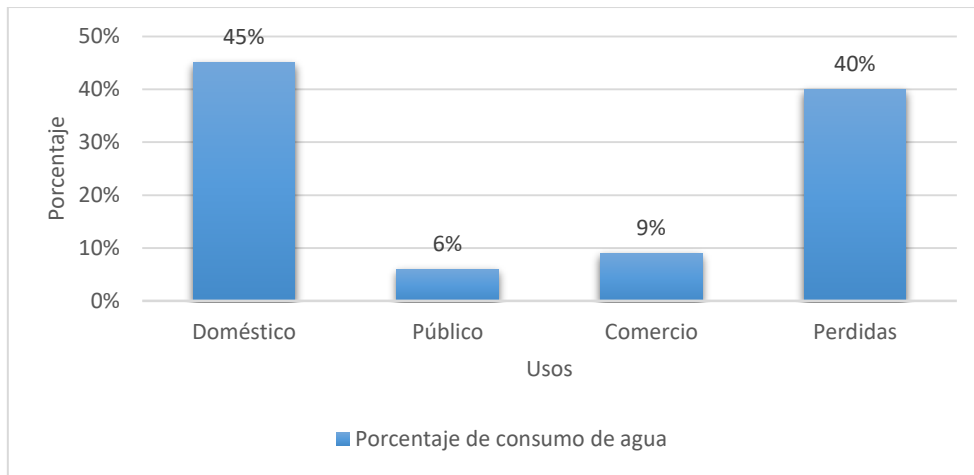


Figura 2 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en Portugal.

Adaptado de: Saraiva (2015)

En la figura 3 se muestra de forma porcentual la utilización de agua de consumo de red pública para el sector doméstico, dando un valor elevado de participación a las duchas (32%) y los sanitarios (28%).

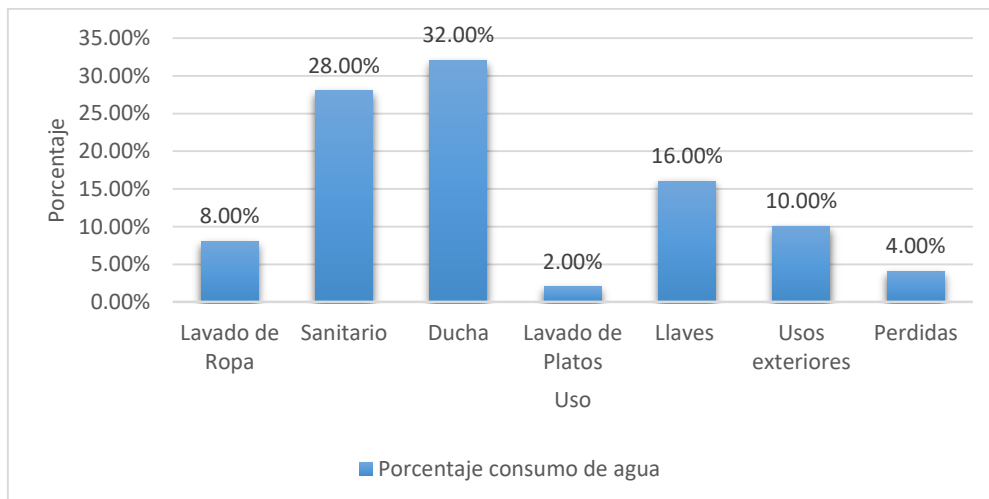


Figura 3 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en el consumo de las viviendas en Portugal. Adaptado de: Vieira et al. (2002)

2.5.1.2 Precipitación

En Portugal se presenta una disminución de la precipitación anual, por causa de la circulación atmosférica y la simetría orográfica. Presentando menor precipitación en el interior, teniendo en cuenta que el país posee estaciones climáticas. Los meses finales y principio de año presentan alta cantidad de lluvia, mientras que, en los meses de junio, julio, agosto, septiembre e incluso octubre se disminuye notoriamente.

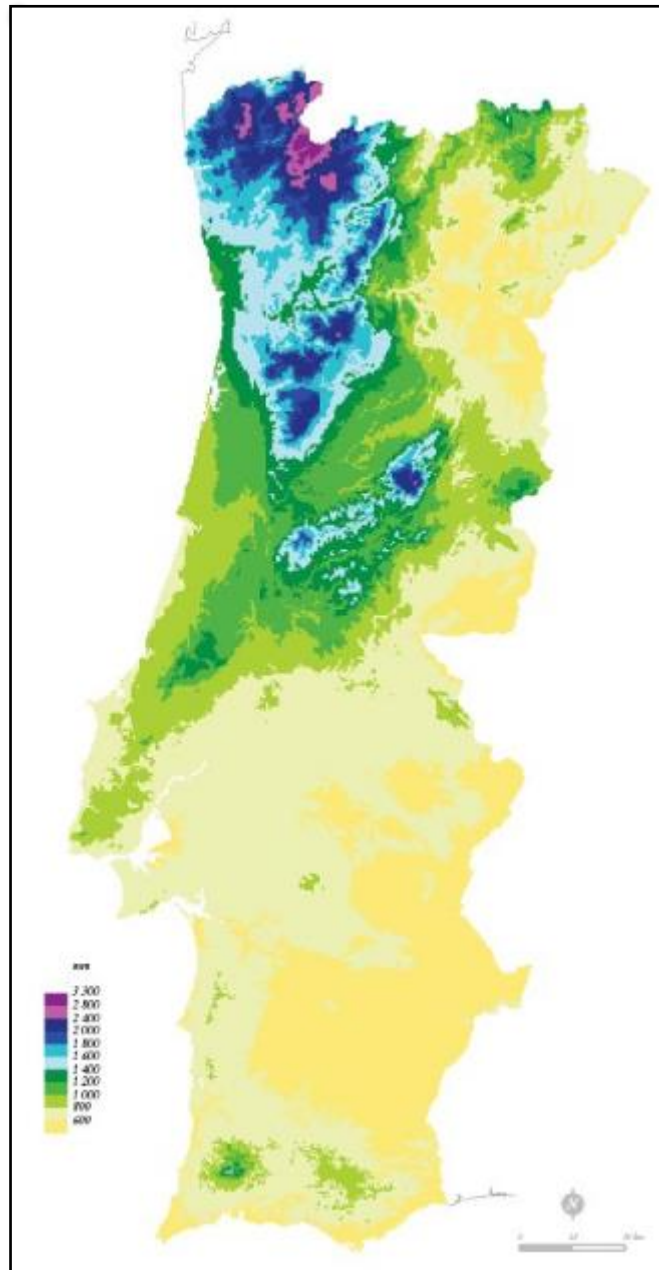


Figura 4 - Precipitaciones en Portugal. Valores normales de 1961/1990. Fuente: Dev.igeo.pt (2017)

En la figura 4, se muestra el mapa de Portugal con su respectiva distribución de precipitaciones, en el cual se puede observar en efecto que, aunque el país sea relativamente pequeño, presenta una variabilidad elevada da cantidad de lluvia según la zona.

2.5.2 Colombia

Colombia está situada en América del Sur, limita con Panamá en el noroeste, al este con Venezuela y Brasil y al sur con Perú y Ecuador. Adicionalmente posee tres islas del Caribe: San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Asimismo, en el Pacífico las islas de Gorgona, Gorgonilla y Malpelo. Su área es de 1147748 km², por ello es el cuarto país más extenso de Sudamérica (Oficina Económica y Comercial de España en Bogotá, 2012) y consta de una población de 47,6 millones de habitantes (OECD & Ministerio de Educación Nacional, 2016).

2.5.2.1 Consumo de agua

En figura 5, se presentan la demanda de agua en Colombia por sectores para el año 2012, según el estudio nacional del agua 2014 (IDEAM, 2014), el cual muestra una alta cantidad de uso de agua en los sectores agrícola y de energía. En este mismo año la demanda hídrica alcanzó 35987 millones de m³ (IDEAM, 2014).

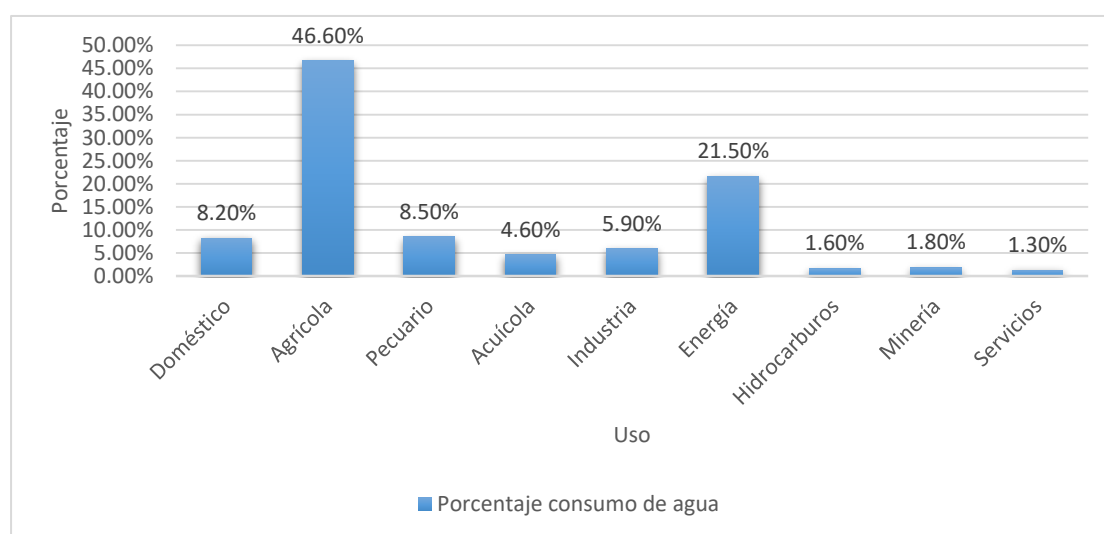


Figura 5 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en Colombia 2012.
Adaptado de: IDEAM (2014)

En la Figura 6, se muestra de forma porcentual la utilización de agua de la red pública para el sector doméstico, dando un valor elevado de participación a el lavado de ropa (27.1%), duchas (20.9%) y sanitarios (19.9%).

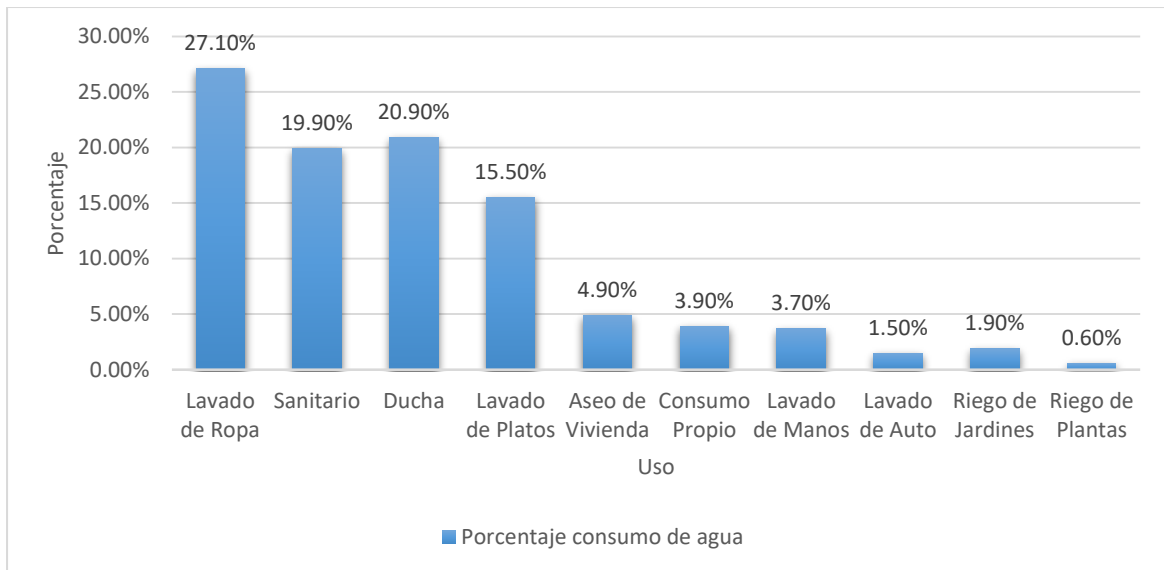


Figura 6 - Distribución de porcentajes para los usos de agua en el consumo de las viviendas en Colombia. Adaptado de Ballén et al. (2006)

2.5.2.2 Precipitación

Colombia posee una distribución del régimen de lluvias bimodal, las cuales se presenta cada tres meses de forma no uniforme en todo el país (Oficina Económica y Comercial de España en Bogotá, 2012). Según los estudios citados en Jaramillo & Chaves (2000) “la causa de las corrientes de aire húmedo originados de los océanos Atlántico, Pacífico y de la región Amazónica, generan la mayor parte de la lluvia que cae sobre el país. Siendo afectadas a su vez por la zona de confluencia intertropical (ZCIT)”.

En la figura 7, se muestra el mapa de Colombia con el escenario de precipitación para Colombia en el periodo de 1976-2005, mostrando que gran cantidad de territorio colombiano posee una precipitación entre 3001 a 4000 mm y tan solo poca parte de este posee una precipitación inferior a 500 mm.

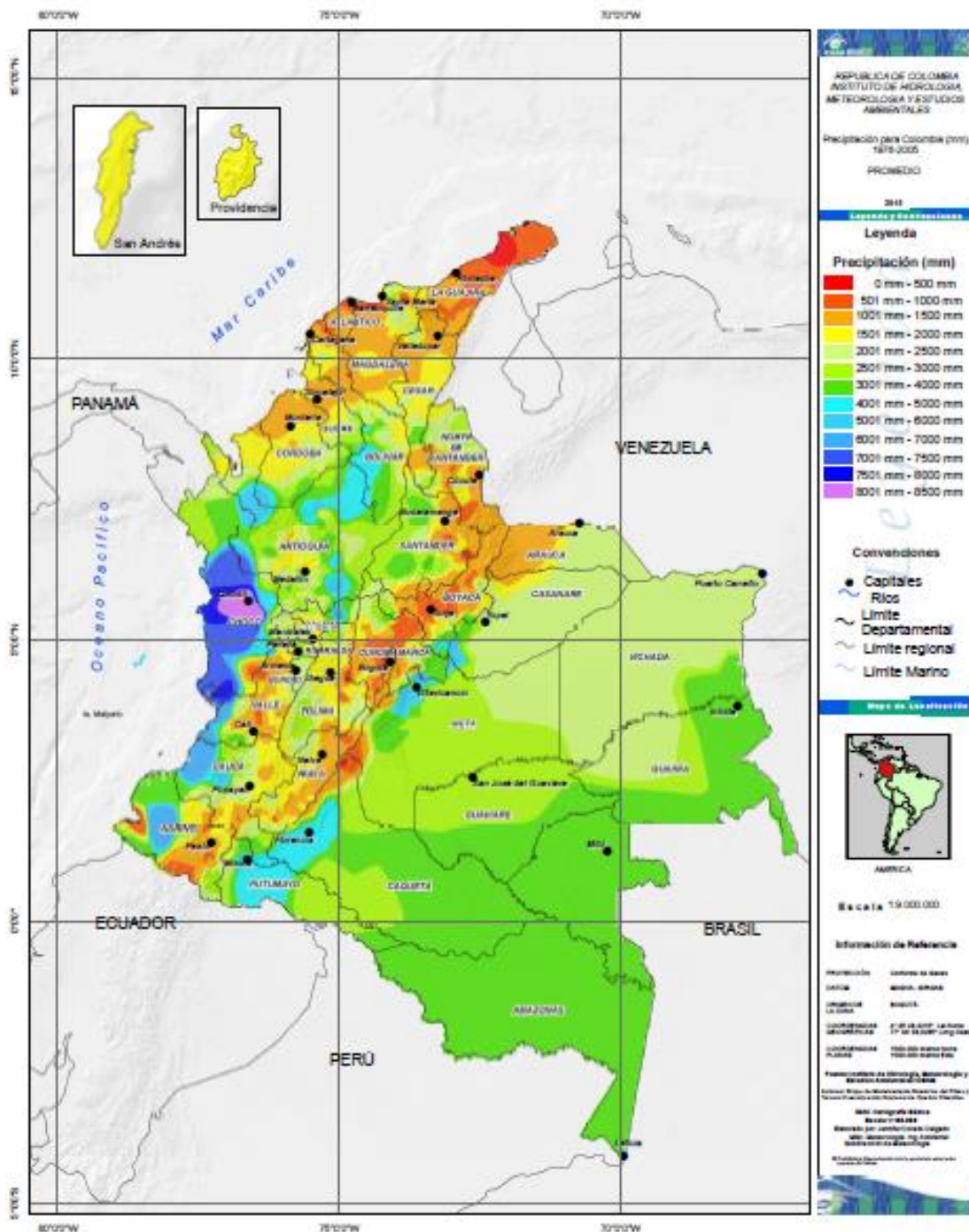


Figura 7 - Cantidad de precipitación en mm para Colombia. Fuente: (Siac.gov.co, 2017)

2.5.3 Comparación grafica de promedio detallado de precipitaciones (mm anuales)

Según la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, la precipitación se define como “cualquier tipo de agua que cae de las nubes, en forma líquida

o sólida”, por lo tanto, la precipitación media la definen como “el promedio a lo largo en profundidad para tiempo y espacio de precipitación anual en el país” (Datos.bancomundial.org, 2017).

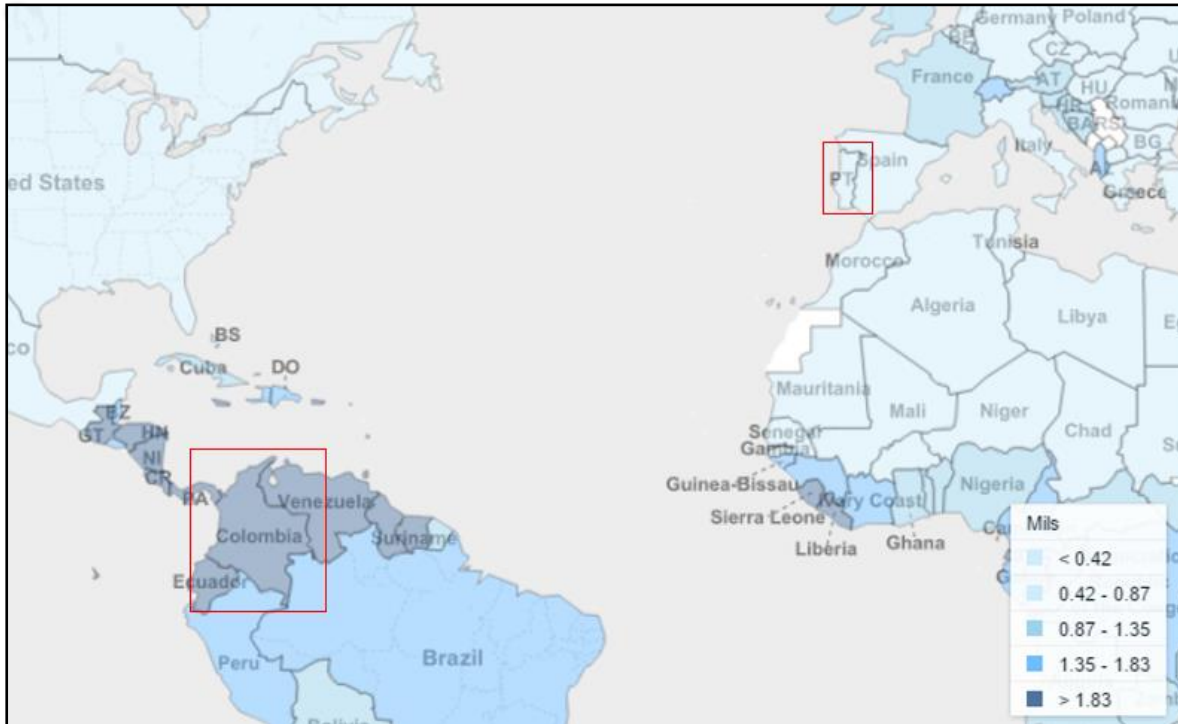


Figura 8- Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales). Adaptado de: (Datos.bancomundial.org, 2017)

Se puede observar en la figura 8 que, el promedio de precipitaciones anuales en mm en Colombia es notablemente superior al de Portugal, pues el primero presenta un clima tropical y posee una distribución del régimen de lluvias bimodal.

2.6 Tratamientos sistema de aprovechamiento aguas pluviales.

La Figura 9 muestra el recorrido del agua pluvial, en el caso de que la forma de captación sea únicamente por medio del tejado, la cual es la forma más ventajosa, para garantizar la calidad de agua.

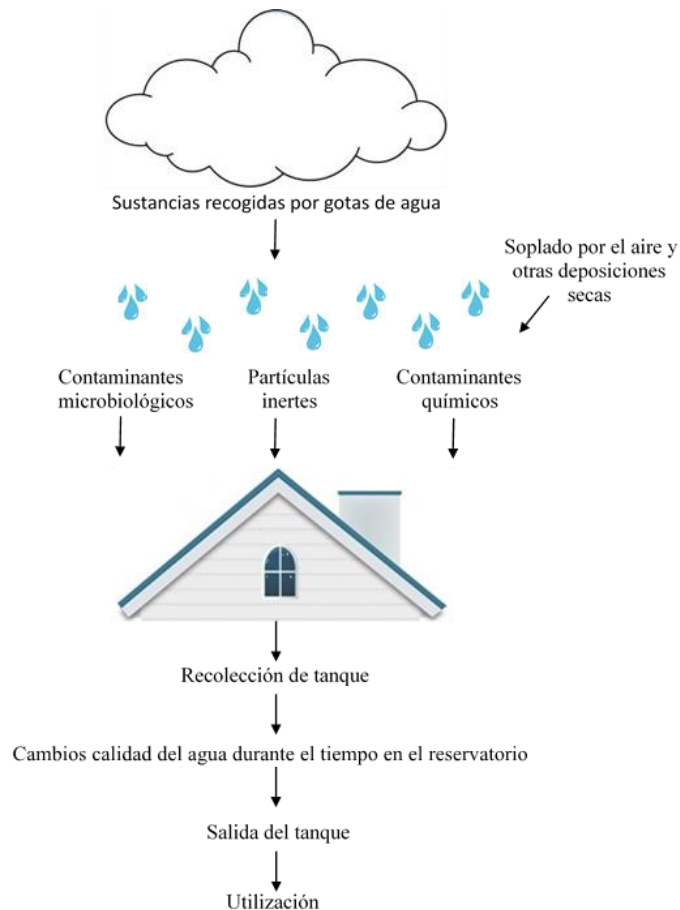


Figura 9 - Caminos de contaminantes en el sistema de recolección de agua de lluvia en el tejado. Adaptado de: Abbasi & Abbasi (2011)

Las principales fuentes de contaminación relacionadas con el agua lluvia son: las hojas, los insectos, microorganismos transportados por el aire, animales pequeños muertos, material fecal de aves, ratas, insectos y aerosoles. En el anexo A1, se muestra mejor la relación entre las principales contaminantes y su fuente. Diferentes estudios realizados en diversos países se contradicen en cuanto si esta fuente de agua alternativa es recomendable o no para su consumo, ya que en algunos estudios las muestras de parámetros físicos-químicos y microbiológicos estaban por debajo de los estándares válidos de consumo de agua con calidad, mientras que en otros se considera aceptable. Lo anteriormente referido tiene relación con un grupo de factores como la temperatura, radiación ultravioleta, días secos de precipitación, localización de proyecto, o sistema de recolección, ya que no todos los tipos de contaminantes son capaces de resistir a diferentes condiciones ni se presentan en todos los ambientes (Dobrowksy (2014), Abbasi & Abbasi (2011)). En el anexoA2, se

muestra una tabla con los resultados de investigaciones de calidad de agua en entornos urbanos en diferentes países.

2.6.1 Componentes del Sistema

En la siguiente figura se presentan y se explican brevemente los componentes esenciales para el buen funcionamiento de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.

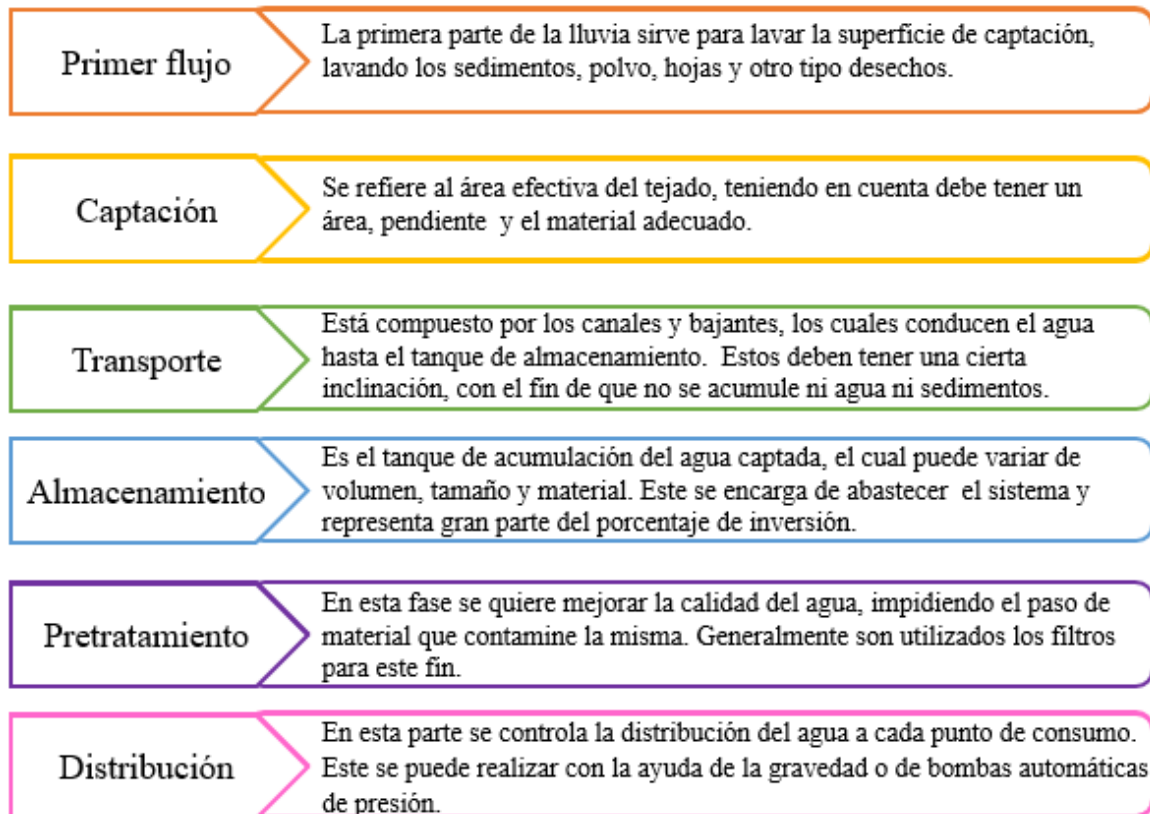


Figura 10 - Componentes de distribución. Adaptado de: Reyes & Rubio (2014), Environment Agency (2010), ETA 0701 (2009).

Como consecuencia a lo referido anteriormente la elección del tipo de sistema y sus componentes no son estándares, mudan con el proyecto, con la intención de realizar el sistema que mejor se adapte a las condiciones y que se ajuste a la capacidad económica del propietario (Reyes & Rubio, 2014). Sin embargo, la filtración es un componente que es necesario en la parte del pretratamiento, por esto se debe tener claro el tamaño del contaminante presente, así como los virus (20 - 80 nm), protozoarios (4 - 20 μ m), bacterias (0,5 - 2 μ m), y helmintos (0,03 - 2 Mm) (Dobrowksy, 2014). Un filtro debe ser fácil de limpiar y reemplazar, además de que su pantalla debe ser durable (Mosley, 2005).

2.6.2 Mantenimiento de los elementos

La poca capacitación, educación y baja conciencia de los propietarios, generan problemas en el buen funcionamiento del proyecto mientras que por el contrario la ejecución de un mantenimiento adecuado garantiza buenos resultados (Achadu *et al*, 2013) y a su vez durabilidad del sistema. Esta se debe ejecutar con las frecuencias respectivas que necesita cada elemento, ayudando la preservación de la calidad del agua y evitando la contaminación de la misma (Bertolo, 2006).

Enseguida se muestra una tabla con las frecuencias sugeridas por Sacadura (2011), sin embargo, pueden ser modificadas las periodicidades según recomendaciones del fabricante.

Tabla 2 – Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales. Adaptado de: Sacadura (2011)

Componente del sistema	Frecuencia de mantenimiento
Filtros	Inspección y mantenimiento semestral
Canales y bajantes	Inspección y mantenimiento semestral
Sistema de bombeo	De acuerdo con indicaciones fabricante
Canalizaciones y accesorios	Inspección anual
Reservatorio	Inspección anual, limpieza e higienización cada 10 años

Es recomendado que antes de comenzar el proyecto sean recortadas las ramas de árboles que sobresalgan con relación al tejado para disminuir la probabilidad de aparición de hojas y excremento de aves, además remover si son posibles los caminos de llegada de roedores y animales a este.

2.7 Ejemplos de sistemas de utilización de agua lluvia

Como ya se mencionó anteriormente la utilización de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia cada vez se vuelve más popular, ya sea por el costo de la misma o de la energía utilizada, o incluso la misma concientización con el medio ambiente. (Environment

Agency, 2010). En la siguiente tabla se muestran algunos proyectos desarrollados con relación al tema.

Tabla 3 - Ejemplos de proyectos con sistemas de utilización de agua lluvia.

Nombre	Descripción	Características
<p>Evaluación de sistemas de recolección de lluvia en Jordania. Adaptado de: Abu-Zreig <i>et al.</i> (2012)</p>	<p>Estudio en Jordan, para determinar el volumen más pequeño del tanque y la capacidad de ahorro de consumo, con la recolección de agua lluvia.</p>	<p>Se realizó con diferentes tipos de viviendas, con su cantidad y tasas de suministro de agua potable, teniendo en cuenta las precipitaciones medias anuales efectivas. Dando como resultado:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Un aumento del volumen del tanque, al aumentar la profundidad y la demanda de lluvia; -Solo el 6 % del volumen potencial de recolección de agua llega al suministro; - Se necesita más colaboración por parte del estado, en este tema.
<p>Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá). Adaptado de: Lara <i>et al.</i> (2007)</p>	<p>Realización de un análisis de viabilidad económica y técnica de aprovechamiento de agua lluvia, tomando en cuenta la cantidad y calidad de recolección de agua en diferentes puntos, elaborando cálculos de costos de la construcción.</p>	<p>Los resultados revelan que:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El agua lluvia es suficiente para el uso requerido, con volúmenes de almacenamiento de 51 m³ y de 73 m³ (en diferentes puntos); -Se necesitan de 16 millones de pesos inicialmente y el ahorro se podría llegar a 12 millones de pesos anuales.

Tabla 3 – Continuación Ejemplos de proyectos con sistemas de utilización de agua lluvia.

Nombre	Descripción	Características
<p>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. Adaptado de: Palacio, (2010)</p>	<p>Se realiza un estudio con el fin de determinar de estimar la factibilidad de la implementación de este tipo de sistemas, desarrollando el cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia y la estimación de su presupuesto.</p>	<p>Para los cálculos del proyecto se toman en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Un área de captación de tejado de 1667 m²; -Utilización del agua para 29 baños (sanitarios y lava escobas); <p>Este estudio arrojo los siguientes resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se logra abastecer el 90% de la necesidad anual. -Viabilidad por la cantidad de ahorro de agua, pero se encuentra una inversión inicial elevada, lo daría una solución inaccesible.
<p>Radian Homes - Proyecto de eficiencia de agua. Adaptado de: Radian Group - Home" (2017) <i>apud</i> Environment Agency (2010)</p>	<p>Proyecto entre la Agencia de Medio Ambiente y Radian Homes en el cual, realizaron una comparación (periodo de 1 año) entre una casa que posee un sistema de utilización de agua lluvia y una que no lo posee, teniendo en cuenta que tienen los mismos dispositivos. El segundo ensayo se realizó el estudio de dos casas con SAAP en las cuales se abastecían los baños de los dos pisos.</p>	<p>Las siguientes son los resultados que se obtuvieron:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Para el primer estudio y la primera un costo de instalación de 3,600 £s, y consumo de 58 l/día, mientras que para la segunda se obtiene un menor costo de instalación 500 £s, pero una mayor cantidad de consumo (86 l/día); -Se logró con estos reducir entre 40 a 50 %, de consumo de la red pública con la implementación de SAAP; -Es mejor realizar desde el comienzo la instalación de este tipo de sistema con el fin de prever los espacios suficientes para el equipo necesario; -Factores como la cantidad de lluvia y área del techo son esenciales en cuanto al colmen de captación.

Tabla 3 – Continuación Ejemplos de proyectos con sistemas de utilización de agua lluvia.

Nombre	Descripción	Características
<p>Análisis de fiabilidad de sistemas de recolección de agua de lluvia en el sur de Italia. Adaptado de: Notaro et al., (2016)</p>	<p>Sistema de recolección de aguas lluvias, considerado para uso de lavado de inodoros en casa unifamiliar con cuatro habitantes.</p>	<p>-La recolección de agua lluvia se realiza en el techo, el patio y áreas peatonales.</p> <p>-La simulación del balance hídrico se desarrolló con un modelo basado en el algoritmo Yield-After-Spillage (YAS).</p> <p>- Análisis de efecto de la capacidad del tanque (1 a 30 m³) con la proporción de ahorro de agua, para captaciones: 100, 200 y 300 m².</p> <p>-Los resultados obtenidos fueron: un ahorro para 100 m² de 38% a 72%, la siguiente área de 44% a 96% y la última de 46% a 99%. Además, se evaluó el tiempo de amortización en el cual se encontró que es entre 20 y 30 años para áreas de 200 y 300 m² Para ahorros de 75%. En otros casos dio hasta de 60 años.</p>

3. METODOLOGÍA

3.1 Dimensionamiento de tanques de recolección de agua lluvia.

Según Rodrigues (2010) el componente de mayor costo para este tipo de sistemas es el tanque de almacenamiento, es necesario realizar un análisis de este según su relación costo-beneficio, con el fin de obtener el volumen más óptimo. Ghisi (2010) plantea que esto solo se logra haciendo un estudio específico para cada caso, ya que la variación de algún parámetro (lluvia, techo, número de residentes, demanda de agua potable y agua de lluvia), puede generar que se convierta en un uso inapropiado.

Para este tema se encuentra gran diversidad de métodos y autores, los cuales se puede clasificar en cuatro tipos : en primer lugar están los métodos simplificados basados en relaciones, siendo sencillos de utilizar debido a la poca información de datos aplicados, teniendo un enfoque por el lado de la demanda y/o de la oferta; el segundo tipo son las simulaciones continuas de balance de masas, debido a que es sencillo la utilización de herramientas matemáticas, permite incorporar alteraciones en la demanda o cantidad de precipitación (Fewkes & Butler, 2000); luego están los enfoques no paramétricos basados en métodos de matriz de probabilidad, lo que genera mayor confianza, la cual está ligada a los registros disponibles y por último lugar se encuentran los métodos estadísticos que intenta dar mayor fiabilidad resolviendo el problema anterior (Raimondi & Becciu, 2014). Con la intención de encontrar el volumen de reservatorio más eficiente y partiendo de la existencia de gran diversidad de métodos, para este estudio se va a realizar el dimensionamiento del reservatorio de dos métodos diferentes, los cuales son el Método práctico alemán y el Método de Rippl, que se explicaran a continuación: Fueron tomados en especial estos dos métodos puesto que, por el lado de la normatividad colombiana, no tienen sugerencias sobre el tema y en la normatividad portuguesa se encuentran entre los métodos sugeridos. A su vez conforme a la bibliografía estudiada, son utilizados con frecuencia y podrían dar un resultado satisfactorio.

Por una parte, el primer método (Método práctico alemán) es recomendado por la ETA 0701 (2009) para viviendas unifamiliares y con consumos domésticos. Este método

empírico toma el seis por ciento del valor mínimo entre el volumen anual de consumo y el volumen anual de precipitación (ETA 0701, 2009) (Verdade, 2008).

El volumen anual de agua lluvia aprovechada se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_a = c \times P \times A \times \eta \quad (1)$$

Donde:

- V_a = Volumen anual del agua lluvia aprovechada (L)
- c = Coeficiente de escorrentía (-)
- P = Precipitación media acumulada anual (mm)
- A = Área de captación (m²)
- η = Eficiencia de filtración (-)

La eficiencia de filtración es la relación existente entre la cantidad de agua filtrada que llega al reservatorio y la cantidad de agua lluvia que llega a los filtros. Para el cálculo de este, se puede tomar como referencia el tiempo, la altura de precipitación pre-establecida o la eficiencia del equipo utilizado (ETA 0701, 2009).

El coeficiente de escorrentía se define como “la razón entre la precipitación efectiva y la precipitación útil” (RGA, 1995). El anterior término tiene en cuenta las pérdidas por evaporación y características del material. El rango de valores para el coeficiente de escorrentía utilizado para los tejados oscila entre 0.75 y 0.95 (Martínez, 2006).

El volumen útil del reservatorio en litros de reserva corresponde al resultado de la ecuación (2):

$$V_u = \text{Min}(V_a; D) \times 0.06 \quad (2)$$

En esta ecuación se toma el menor valor entre volumen anual del agua lluvia aprovechada y D en mm, la cual se está refiriendo a la demanda que genera cada proyecto, anualmente en mm. Ese valor se multiplica por 0.06.

El segundo método (Método de Rippl) es un método más complejo, el cual es recomendado utilizar en estructuras de consumo no uniformes, o países con temporadas de lluvias y sequías. Este optimiza el volumen de reservatorio a partir de precipitaciones diarias o mensuales correlacionando este valor con el consumo de la vivienda. En este se logra aumentar la eficiencia del dimensionamiento con una mayor cantidad de datos históricos. Los datos que se necesitan para implementar este método son: consumo mensual o diario, precipitaciones históricas mensuales o diarias, el área de captación, eficiencia de filtración y el coeficiente de escorrentía superficial (Sacadura (2011), ETA 0701 (2009)).

Para empezar, se calcula el volumen aprovechado (Volumen máximo que logra recolectar por periodo de tiempo), con la ecuación (1) mostrada anteriormente, teniendo en cuenta que las precipitaciones utilizadas para este método son las mensuales y las diarias respectivamente y no las anuales.

Luego se realiza la diferencia entre el volumen de agua consumido y el volumen de agua pluvial aprovechada. Al tener este dato se puede encontrar la diferencia acumulada, restando la sumatoria de las diferencias negativas del volumen de agua aprovechada y el consumo. Al final el volumen del reservorio será el mayor valor absoluto obtenido en las diferencias acumuladas, para la serie de tiempo estudiado.

Posteriormente a la realización de los métodos descritos, se realiza un estudio de la eficiencia del sistema de aprovechamiento y el grado de aprovechamiento, teniendo en cuenta las ecuaciones propuestas por Bertolo (2006). La primera (ecuación 3) muestra la capacidad del volumen del reservatorio calculado para suplir con las necesidades y la segunda (ecuación 4) es una relación entre el volumen de agua lluvia consumido y el captado.

$$Eficiencia\ del\ sistema = \frac{Volumen\ de\ agua\ lluvia\ consumida}{Volumen\ consumido\ total} \quad (3)$$

$$Grado\ de\ aprovechamiento = \frac{Volumen\ de\ agua\ lluvia\ consumida}{Volumen\ de\ agua\ lluvia\ captada} \quad (4)$$

Al tener los valores más óptimos según los métodos descritos anteriormente, se procede a realizar un estudio de estos con el método de simulación. El cual da una idea del comportamiento del tanque mensualmente, la cantidad de ahorro en cuanto al costo y su eficiencia (Verdade, 2008), se realiza con la siguiente ecuación:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (5)$$

Donde:

- $S(t)$ = Volumen de agua del reservatorio (m^3)
- $Q(t)$ = Volumen agua lluvia captada (m^3)
- $S(t - 1)$ = Volumen de agua del reservatorio mes anterior (m^3)
- $D(t)$ = Demanda de consumo mensual (m^3)

Al tener estos resultados se observa la eficiencia del sistema de cada volumen analizado, teniendo en cuenta la cantidad de meses estudiados y los meses que consigue cumplir con la totalidad de abastecimiento. Por medio de la siguiente ecuación (6), se halla la eficiencia del sistema, para de esta forma encontrar el volumen más adecuado,

$$Eficiencia\ del\ sistema = \frac{Numero\ de\ meses\ sin\ suministro\ de\ red\ publica\ s}{Numero\ de\ meses\ estudiado} \quad (6)$$

Conjuntamente a la ecuación anterior, se realiza un cálculo simple, para comparar los dos volúmenes respectivamente al valor ahorrado en cada caso. Por el hecho de que se realiza simplemente para dar una idea de cuál podría generar mayor beneficio, no se toma en cuenta ni el monto a invertir, ni es trasladado el valor actual a valor futuro, por consiguiente, no demostraría un valor real de ahorro en el futuro. Lo anterior descrito se realiza con la fórmula (7).

$$Valor\ ahorrado = Valor\ agua\ si\ sistema - Valor\ agua\ con\ sistema \quad (7)$$

Cuando se refiere a sistema, es con el sistema de aprovechamiento de agua lluvia. El valor de agua dependerá del costo según el lugar y la cantidad de consumo.

3.2 Localización de componentes del sistema

Al obtener el volumen más apropiado para el proyecto, por ende, las dimensiones y el tamaño de este, se puede definir la mejor ubicación para todos los componentes que forman el sistema. El lugar seleccionado debe intentar no modificar ni la construcción, ni la arquitectura inicial de la vivienda, con el fin de minimizar los costos y a su vez que no se encuentre próxima a fuentes de contaminación (Dobrowksy, 2014).

En lo que se refiere a la localización del reservatorio se puede ubicar tanto debajo del suelo como encima. El primero favorece las bajas temperatura lo cual evita el crecimiento de bacterias y algas. La segunda alternativa es beneficiosa en cuanto al costo de excavación y facilidad de mantenimiento (Bertolo, 2006). La distribución de agua puede ser efectuada por gravedad o por bombas, la primera como su nombre lo dice transporta el agua hasta su punto final por medio de la gravedad, esto se puede realizar cuando el tanque se encuentra en una cota superior a los elementos a abastecer y el según siendo el más utilizado para viviendas unifamiliares bombea el agua desde el reservatorio inferior, generalmente comandado por un dispositivo automático (Neves & Afonso, 2010) (Silva, 2014).

3.3 Dimensionamiento hidrosanitario de los casos de estudio

3.3.1 Dimensionamiento del caso de estudio en Portugal

Esta parte consiste en el dimensionamiento de trazado de la red de abastecimiento de agua y de drenaje del agua pluvial, en los dos casos, el inicial es un trazado abastecido por su totalidad por la red pública y el segundo tiene en cuenta el aprovechamiento del agua lluvia.

Para el país de Portugal se tuvieron en cuenta las respectivas normativas nacionales nombradas a continuación:

- Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas Residuais – Decreto Regulamentar n.º 23/95;
- Regras de dimensionamento dos Sistemas Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais domésticas e Pluviais – LNEC ITE 31.

3.3.1.1 Dimensionamiento de abastecimiento de agua.

Inicialmente se observa que la red pública cumpla con la presión mínima según el número de pisos, según la formula (8) Posteriormente esta presión mínima es comparada con la encontrada en el dimensionamiento.

$$P_{\min} = 100 + 40 n \quad (8)$$

Donde:

- P_{\min} = presión mínima (kPa)
- n = número de pisos encima del suelo.

Se procede a identificar los dispositivos a abastecer, teniendo esto se realiza las redes de abastecimiento en planta, con la intención de elaborar posteriormente el trazado isométrico, teniendo en cuenta las alturas que van a poseer los dispositivos. Adquiriendo lo descrito anteriormente se puede comenzarse a dimensionar.

Para iniciar con el dimensionamiento se calculan los caudales instantáneos o caudales acumulados por tramo según el caso, si se requiere se realiza el cálculo del caudal corregido, ya que es poco probable que se utilicen todos los elementos posibles al mismo tiempo. Para esto se toman las ecuaciones de caudales de cálculo del Método de Reglamento de Portugal, a continuación, se muestran las tres fórmulas posibles a utilizar, según el valor del caudal acumulado:

$$Q_a < 3.5 \rightarrow Q_c = 0.5469 \times Q_a^{0.5137} \quad (9)$$

$$3.5 < Q_a \leq 25 \rightarrow Q_c = 0.5226 \times Q_a^{0.5364} \quad (10)$$

$$25 < Q_a \leq 500 \rightarrow Q_c = 0.2525 \times Q_a^{0.7587} \quad (11)$$

Donde:

- Q_a = Caudal acumulado (L/s);
- Q_c = Caudal corregido (L/s).

Teniendo ya el caudal de cálculo corregido, se pasa a calcular el diámetro interno de la tubería necesario con la siguiente ecuación.

$$\phi \geq \sqrt{\frac{1.274 Q}{v}} \quad (12)$$

Donde:

- Q = Caudal corregido (m^3/s);
- \emptyset = diámetro interior (m);
- v = Velocidad de flujo (m/s).

Este diámetro no será el elegido ya que se debe tomar un diámetro comercial el cual se encuentre por encima o igual de este valor. Para garantizar que la velocidad este entre los límites aceptados, se vuelve a calcular con el nuevo diámetro y con la ayuda de la ecuación anteriormente mostrada. Por otro lado, con la fórmula de Flamant se calcula las pérdidas de carga de cada trazo.

$$J = 4 \times b \times \sqrt[4]{\frac{v^7}{\emptyset^5}} \quad (13)$$

Donde:

- \emptyset = diámetro comercial interior (m);
- v = Velocidad de escorrentía (m/s);
- J = Pérdida de carga de (m/m);
- b = Rugosidad del material (m).

Conociendo este valor se determinan las pérdidas de carga continuas mediante la siguiente ecuación (14):

$$\Delta H = J \times L \times 1.2 \quad (14)$$

Donde:

- ΔH = Pérdidas de carga continuas (m);
- J = Perdidas de carga por trazo (m/m);
- L = Longitud del trazo (m).

Fue agregado el 1.2 respectivamente ya que se toma un valor adicional del 20%, lo cual quiere decir que las pérdidas localizadas en los accesorios son el 20% de las cargas por longitud, pues no existen aparatos que introduzcan valores significativas de perdida de carga localizada además de este 20%.

Dado que se debe garantizar que las presiones se encuentren en un rango se dimensiona a partir del aparato que se pretende que posea superior presión con una altura y distanciamiento mayor a la entrada de la red pública. Con la siguiente ecuación se determina la presión en cada punto.

$$P_f = P_i \mp \Delta H \mp Z \quad (15)$$

Donde:

- P_f = Presión final (mca);
- P_i = Presión inicial (mca);
- ΔH = Pérdidas de carga continuas (m);
- Z = Diferencia de cotas en el trazo vertical (m).

El signo de ΔH y Z dependen del sentido del agua.

Para el dimensionamiento se tiene que tener en cuenta que la presión mínima general es de 5 mca, las recomendadas son de 15 a 30 mca y la máxima de 60 mca. Por otro lado, se deben garantizar a su vez las velocidades en la tubería, para esto la velocidad de mínima 0.5 m/s, la recomendada es 1.0 m/s y la máxima es 2.0 m/s.

3.3.1.2 Dimensionamiento drenaje del agua pluvial.

Esta parte del dimensionamiento se inicia con el cálculo de los caudales, estos son encontrados con la ayuda de las curvas de intensidad, frecuencia y duración, las cuales proporcionan las intensidades máximas de precipitación para un determinado periodo de retorno y región pluviométrica. Teniendo este valor se procede a realizar el cálculo con la siguiente ecuación:

$$Q = C \times I \times A \quad (16)$$

Donde:

- Q = Caudal de cálculo (L/ min);
- C = Coeficiente de escorrentía;
- I = Intensidad de precipitación (L/min x m²);
- A = área a drenar (m²).

Teniendo el dato del caudal de cálculo se procede al dimensionamiento de canales, los cuales soporten el valor obtenido anteriormente. Esto se realiza con la ecuación (17) de Manning-Stricler mostrada a continuación.

$$Q = K \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

Donde:

- Q = Caudal de cálculo (m^3/s)
- K = Rugosidad de la tubería ($\text{m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$)
- A = Área de tubería ocupada por el fluido (m^2)
- R = Radio hidráulico (m)
- i = Inclinación (m/m)

Luego se realiza el dimensionamiento de los bajantes de agua lluvia, en condiciones normales se ejecuta con la siguiente fórmula:

$$Q = \left(\alpha + \beta \frac{H}{\phi}\right) \pi \times \phi \times H \times \sqrt{2gH} \quad (18)$$

Donde:

- Q = Caudal del bajante (m^3/s);
- α = Valor según la entrada del bajante;
- β = Valor constante de 0.35;
- H = Carga en el bajante (m);
- ϕ = Diámetro interior del bajante (m);
- g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

En el caso en el que las condiciones sean accidentales, es decir, por medio de un orificio, se realizan los cálculos con la siguiente ecuación:

$$Q = C \times S \times \sqrt{2gH} \quad (19)$$

Donde:

- Q = Caudal del bajante (m^3/s);
- C = Coeficiente de escorrentía;
- S = Sección del bajante (m^2);
- H = Carga en el bajante (m);

- g = Aceleración de gravedad (m/s^2).

Posteriormente se realiza los cálculos con relación a los colectores prediales, que deben poseer cada 15 m una caja de inspección. Este diámetro tiene que ser llevado a un diámetro comercial, el cual se calcula partiendo de la fórmula de Manning-Strickler:

$$\emptyset = \frac{Q^{\frac{3}{8}}}{0.6459 \times K^{\frac{3}{8}} \times i^{\frac{3}{16}}} \quad (20)$$

Donde:

- \emptyset = Diámetro calculado (m);
- Q = Caudal de cálculo (m^3/s);
- K = Rugosidad de la tubería ($m^{1/3}/s^{-1}$);
- i = Inclinación (m/m).

3.3.2 Dimensionamiento del caso de estudio en Colombia

Igualmente, en este caso se realiza el dimensionamiento de trazado de la red de abastecimiento de agua y de drenaje del agua pluvial, en dos partes, el inicial es un trazado abastecido por su totalidad por la red pública y el segundo tiene en cuenta el aprovechamiento del agua lluvia.

Para el país de Colombia se tuvo en cuenta la NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 1500, referente al código colombiano de fontanería y el libro Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones de Rafael Pérez Carmona.

3.3.2.1 Dimensionamiento de abastecimiento de agua.

El caudal respectivo para cada tramo es tomado con respecto a sus unidades de Hunter y cumpliendo los caudales mínimos establecidos en la normativa nombrada anteriormente. El diámetro elegido en cada trayecto es aquel que cumple con los límites de velocidad aceptadas y a su vez el que se encuentra en el mercado. Posteriormente se realiza el mismo procedimiento que se mostró en el dimensionamiento de Portugal, referente a las fórmulas 13, 14, 15.

3.3.2.2 Dimensionamiento drenaje del agua pluvial.

Esta parte del dimensionamiento se inicia con el cálculo de los caudales, estos son encontrados con la ayuda de las curvas de intensidad, duración y frecuencia, las cuales proporcionan las intensidades máximas de precipitación para un determinado periodo de retorno y región pluviométrica. El caudal de cálculo es encontrado de la misma forma que en el estudio en Portugal, es decir por medio de la ecuación (16).

Teniendo el dato del caudal que soportara cada área del tejado se procede al dimensionamiento de canales, por medio de la siguiente tabla:

Tabla 4 - Dimensionamiento de canales. Fuente: ICONTEC (2004)

Diámetro de la canal en mm	Máximas áreas permitidas (m ²) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones				
	51	76	102	127	152
Pendiente del 0,5 %					
76	31,6	21,0	15,8	12,6	10,5
102	66,9	44,6	33,4	26,8	22,3
127	116,1	77,5	58,1	46,5	38,7
152	178,4	119,1	89,2	71,4	59,5
178	256,4	170,9	128,2	102,2	85,3
203	369,7	246,7	184,9	147,7	123,1
254	668,9	445,9	334,4	267,6	223,0
Pendiente del 1,0 %					
76	44,6	29,7	22,3	17,8	14,9
102	94,8	63,3	47,4	37,9	31,6
127	163,5	108,9	81,8	65,4	54,5
152	252,7	168,6	126,3	100,8	84,1
178	362,3	241,5	181,2	144,9	120,8
203	520,2	347,5	260,1	208,1	173,7
254	947,6	631,7	473,8	379	315,9
Pendiente del 2,1 %					
76	63,2	42,2	31,6	25,3	21,0
102	133,8	89,2	66,9	53,5	44,6
127	232,3	155,0	116,1	92,9	77,5
152	356,7	237,8	178,4	142,7	118,9
178	512,8	341,9	256,4	204,9	170,9
203	739,5	493,3	369,7	295,4	246,7
254	133,8	891,8	668,9	534,2	445,9

Posteriormente con los caudales de los canales se obtienen los caudales que deben resistir los bajantes de agua lluvia, con la ayuda de la tabla número 5.

Tabla 5 - Dimensionamiento de bajantes de aguas lluvias. Fuente: ICONTEC (2004)

Diámetro nominal mm	Caudal, máximo L/s	Áreas máximas permitidas proyectadas horizontalmente en m ² para diferentes intensidades de lluvia					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
75	4,2	600	300	200	150	120	100
100	9,1	1 286	643	429	321	257	214
125	16,5	2 334	1 117	778	583	467	389
150	26,8	3 790	1 895	1 263	948	758	632
200	57,6	8 175	4 088	2 725	2 044	1 635	1 363

Los dimensionamientos relacionados con los colectores es decir la tubería horizontal de agua lluvia se obtienen por medio de la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 6 - Dimensionamiento tubería horizontal de agua lluvia. Fuente: ICONTEC (2004)

Diámetro nominal, mm	Caudal (L/s) pendiente del 1,0 %	Máximas áreas permitidas (m ²) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
100	4,9	700	350	233	175	140	116
125	8,8	1 241	621	414	310	248	207
150	14,0	1 988	994	663	497	398	331
200	30,2	4 273	2 137	1 424	1 068	855	713
250	54,3	7 692	3 846	2 564	1 923	1 540	1 282
300	87,3	12 375	6 187	4 125	3 094	2 476	2 062
375	156,0	22 110	11 055	7 370	5 528	4 422	3 683
Diámetro nominal, mm	Caudal (L/s) pendiente del 2,0 %	Máximas áreas permitidas (m ²) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
80	3,0	431	216	144	108	86	72
100	6,9	985	4921	328	246	197	164
125	12,4	1 754	877	585	438	351	292
150	19,8	2 806	1 403	935	701	361	468
200	42,7	6 057	3 029	2 019	1 514	1 211	1 009
250	76,6	10 851	5 425	3 618	2 713	2 169	1 807
300	123,2	17 465	8 733	5 816	4 366	3 493	2 912
375	220,2	31 214	15 607	10 405	7 804	6 248	5 202
Diámetro nominal, mm	Caudal (L/s) pendiente del 4,0 %	Máximas áreas permitidas (m ²) de cubiertas proyectadas horizontales para diferentes precipitaciones					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
80	4,3	611	305	204	153	122	102
100	9,8	1 400	700	465	350	280	232
125	17,5	2 482	1 241	827	621	494	413
150	28,1	3 976	1 988	1 325	994	797	663
200	60,3	8 547	4 273	2 847	2 137	1 709	1 423
250	108,6	15 390	7 695	5 128	3 846	3 080	2 564
300	174,6	24 749	12 374	8 250	6 187	4 942	4 125
375	312,0	44 220	22 110	14 753	11 055	8 853	7 367

3.4 Determinación del consumo energético.

Las utilidades de bombas generan un consumo energético, reflejado en un gasto económico anual. Por ello primero debe calcularse la potencia mínima que debe tener la bomba con el fin de cumplir los requerimientos de servicio. Esto se calcula por medio de la ecuación

$$P = \frac{Q \times \rho \times H_T \times g}{n \times 1000} \quad (21)$$

Donde:

- P = Potencia mínima requerida [Kw];
- Q = Caudal de diseño, para aparatos involucrados en el sistema de aprovechamiento [m³/s];
- ρ = Densidad del agua [1000 kg/m³];
- H_T = Altura dinámica total (succión + impulsión) [m];
- g = Aceleración de la gravedad [m/s²];
- n = eficiencia de la bomba [%].

Conjuntamente a lo anterior se calcula un volumen total de tanque hidroneumático mínimo, que va junto a la bomba, por medio de la ecuación 22.

$$V_T = \frac{V_U \times P_1 \times P_2}{P_{pc}(P_1 - P_2)} \quad (22)$$

Donde:

- V_T = Volumen total de tanque hidroneumático calculado[L];
- V_U = Volumen útil [L];
- P_1 = Presión máxima de corte [Bar];
- P_2 = Presión mínima (encendido)[Bar];
- P_{pc} = Presión de Precarga [Bar].

Teniendo lo anterior y garantizando que los elementos cumplan, se procede a calcular el gasto energético, con las formulas presentadas a continuación descrita en Rivera & Zaraza (2015) y el costo de electricidad según la zona y país, se encuentra el valor a pagar anualmente.

$$t [h] = \frac{Vol [m^3]}{Q_{bomba} [m^3/h]} \quad (23)$$

$$Gasto\ energetico [kWh] = P[kW] \times t[h] \quad (24)$$

Siendo t, el tiempo en horas de trabajo necesarias, este dependerá del volumen necesario de agua y el caudal de la bomba. El gasto energético se calcula con la potencia que posee la bomba (P) y el tiempo de horas de trabajo.

Así mismo los elementos electromecánicos y eléctricos poseen una depreciación es decir pérdida de valor debido a su desgaste de utilización en la vida útil. Este valor se encuentra por medio de la siguiente fórmula:

$$Depreciación = \frac{Valor\ del\ elemento}{Vida\ util} \quad (25)$$

3.5 Viabilidad técnica

El análisis de la viabilidad técnica se ejecuta cualitativamente, observando factores como el personal necesario para su ejecución, la posibilidad de implementación, funcionalidad, disponibilidad de espacio, tecnologías utilizadas (Galvis, 2013).

3.6 Viabilidad financiera

El análisis financiero de un proyecto es una forma sencilla y real de calcular la rentabilidad del mismo, determinando el inicio de su viabilidad de ejecución, mediante un flujo de caja.

Este se realiza tomando en cuenta las siguientes variables:

1. Inversión inicial: corresponde al presupuesto de construcción de la infraestructura necesaria para la implementación del sistema, basada en los diseños;
2. Ingresos: corresponden al ahorro en el volumen de agua que se deja de cancelar de acueducto y alcantarillado, determinado por el promedio de ahorro;
3. Egresos: están representados por los valores de mantenimiento, depreciación económica, y gasto de energía, requeridos para la operación del sistema.

Los índices financieros más utilizados para la evaluación de proyectos son: Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto (VPN). La primera es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto de una inversión sea igual a cero, permite calcular el valor presente de una inversión a su valor presente actual, partiendo de la inversión inicial y la diferencia entre los ingresos y costos futuros los cuales generan el flujo de caja neto para un proyecto. Estos son calculados por medio de las ecuaciones 26 y 27:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \quad (26)$$

$$TIR = \frac{i_2 - VPN_2(i_2 - i_1)}{(VPN_2 - VPN_1)} \quad (27)$$

En donde el n son los años de proyección, r tasa de descuento y C_t el flujo neto en un periodo t (Sturm, et al., 2009). Para la segunda ecuación, se toman dos tasas i_1 que produce el VPN1 y i_2 que produce el VPN2 (Ramos, 2004).

Al igual que la Tasa Interna de Retorno y el Valor Presente Neto, los indicadores de tiempo de retorno de la recuperación y costo-beneficio ayudan a optimizar la toma de decisión del proyecto, ya que el primero permite medir el periodo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de una inversión recuperen su costo y el segundo determina por medio de un número la conveniencia de un proyecto, para tomar decisiones objetivas del mismo y es encontrada con la ecuación 28.

$$\text{Costo} - \text{beneficio} = \frac{\text{Ingresos totales (año presente)}}{\text{Egresos totales (año presente)}} \quad (28)$$

4. CASO DE ESTUDIO

Con el fin de realizar una comparación adecuada, se buscaron dos viviendas unifamiliares que tuvieran relativamente semejanzas en cuanto al área, material del tejado, cantidad de sanitarios, área de riego, número de pisos y cantidad de habitantes.

4.1 Breve descripción

Una de las viviendas se localiza en la Rua do Marco de Canaveses, no. 75, en la ciudad de Porto, Portugal (Figura 11). La vivienda cuenta con dos plantas, cubierta (155 m²), jardín (98 m²), área construida (212 m²) y 4 baños. El material de la cubierta es de teja portuguesa o marcella.

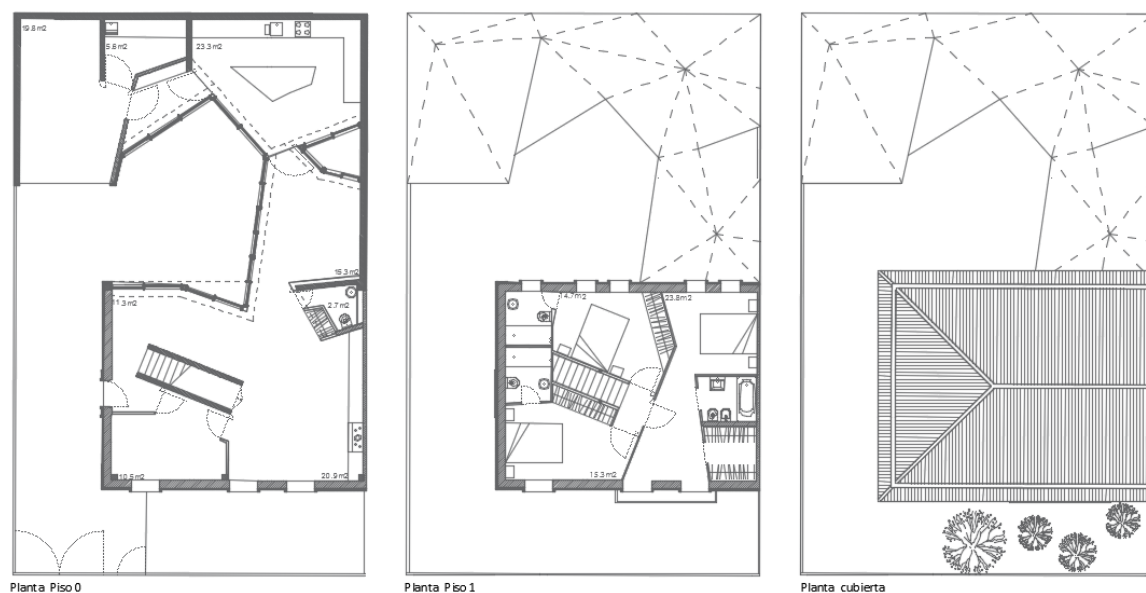


Figura 11 - Planos en planta, proyecto localizado en la Rua do Marco de Canaveses, no 75. Porto

El otro caso de estudio se localiza en el lote no. 25, en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander, Colombia (Figura 12). La vivienda cuenta con dos plantas, cubierta (168 m²), jardín (360 m²), área construida (342 m²) y 5 baños. El material de la cubierta es de teja española.

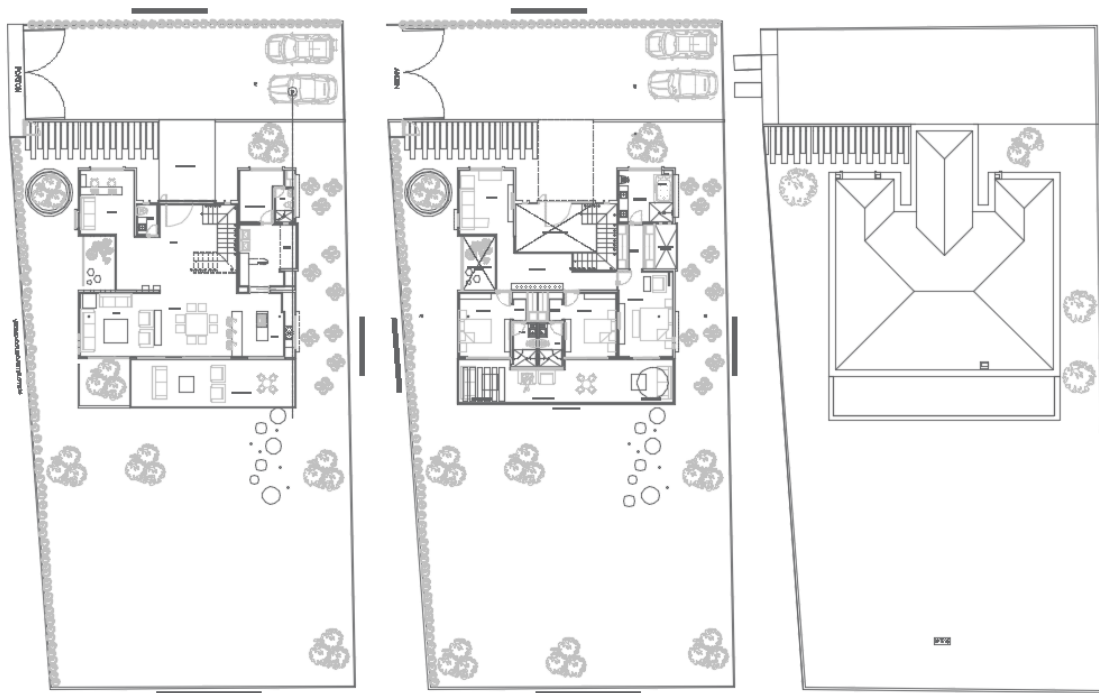


Figura 12 - Planos en planta proyecto localizado en el lote no. 25, en el municipio de Piedecuesta.

El proceso que se realizó en este proyecto para determinar la viabilidad técnica y financiera de un sistema hidrosanitario para el aprovechamiento de aguas pluvial, en los países de Portugal y Colombia, se muestra en el siguiente gráfico, mostrando sus respectivas etapas.

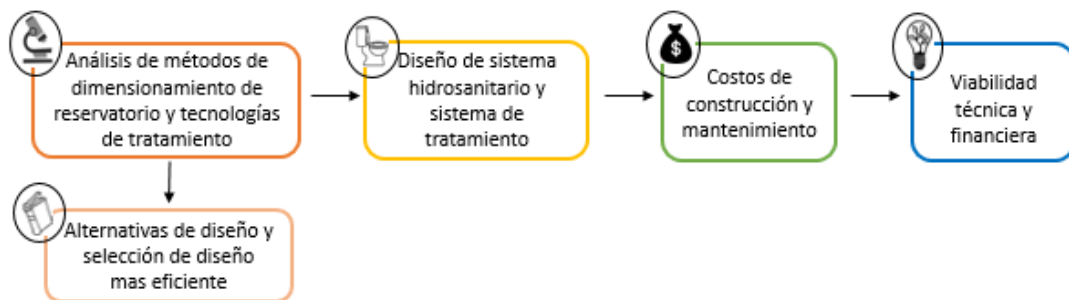


Figura 13 - Metodología a desarrollar en el proyecto.

4.2. Datos de precipitación

Los datos de precipitación para el dimensionamiento del reservatorio fueron tomados de diferentes fuentes bibliográficas según el país. En cada uno de los países se tomaron dos estaciones cercanas para el estudio, con el fin de obtener mayor cantidad de datos,

generando mayor confiabilidad. En el país de Portugal se tomaron los datos del SNIRH (Servicio nacional de información de recursos hídricos). La primera estación es Amarante (06I/01G) ubicada a una altitud de 146 m, una latitud de 41.264062 N y una longitud de -8.069487 W y la segunda Lordelo (05G/06UG) situada a una altitud de 110m, una latitud de 41.374 N y una longitud de -8.362 W.

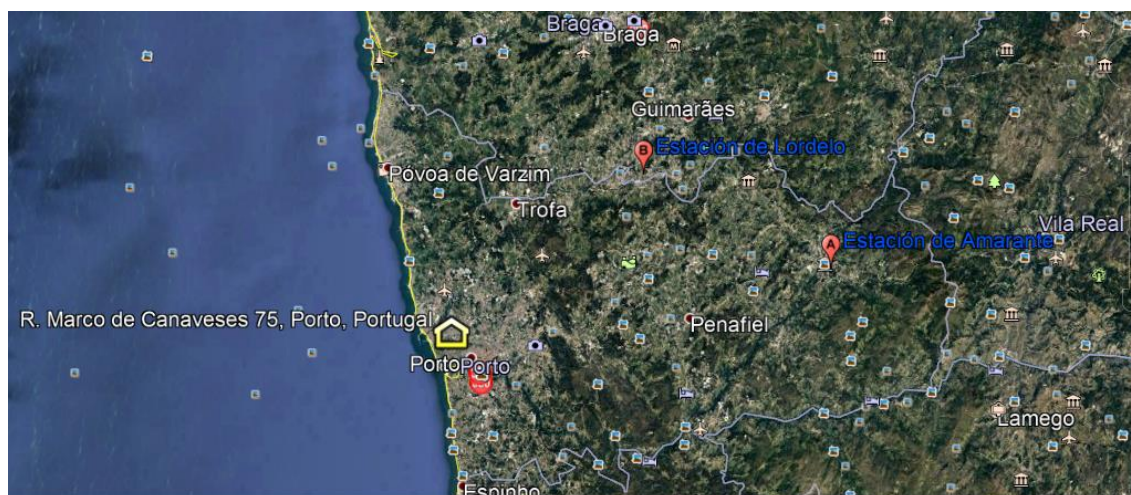


Figura 14 – Representación de la ubicación de las estaciones con respecto a la vivienda para el caso de Portugal.

La distancia a la que se encuentra la vivienda con relación a la estación de Amarante, según datos obtenidos por google earth es de 50.7 km y a la estación de Lordelo según la misma fuente es de 33.61 Km.

En el caso de Colombia se obtuvo la información de la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), para la estación del Club campestre localizada a una elevación de 940 m.s.n.m, una latitud de 7.00 N y una longitud de 73.00 W. Se tomaron los datos de la segunda estación Limoncito, del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Esta estación se encuentra localizada a una elevación de 820 m.s.n.m, una latitud de 703 N y una longitud de 7306 W.

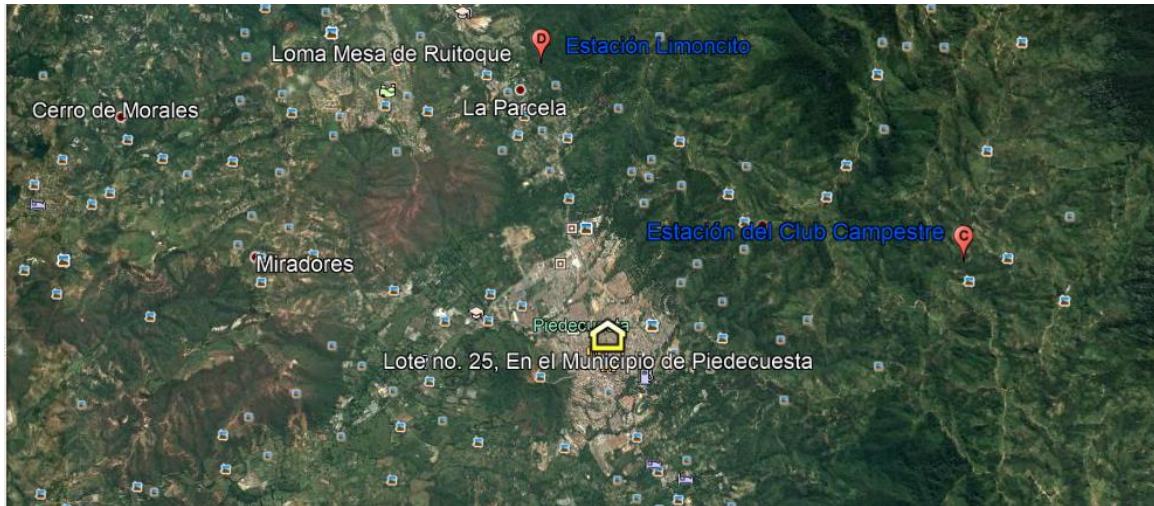


Figura 15- Representación de la ubicación de las estaciones con respecto a la vivienda para el caso de Colombia.

La distancia a la que se encuentra la vivienda con relación a la estación del Club Campestre, según datos obtenidos por google earth es de 5.7 km y a la estación de Limoncito según la misma fuente es de 4.85 Km.

Las anteriores estaciones nombradas y utilizadas para el proyecto en los dos casos de estudio son las estaciones existentes que suministran mayor cantidad de datos, sin embargo, no son necesariamente las más próximas a las viviendas. Esto es una dificultad usual que se encuentra en este tipo de estudios en los cuales se necesitan gran cantidad de datos de precipitación ya que la cantidad de información suministrada puede variar según el año de colocación, tiempos de mantenimiento y daños de la misma. A continuación, se presentan los diferentes intervalos de tiempo, para cada estación según el tipo de precipitaciones. Se debe tener en cuenta que los datos en todas las estaciones no son consecutivos, ya que en ocasiones la estación estuvo fuera de operación por mantenimiento o por daño de los sensores. Tomando como válidos, solo los que presentan una cantidad de datos superior al 70% de los esperados.

Tabla 7 – Intervalo de tiempo para cada estación.

Estación	País	Precipitación anual		Precipitación mensual		Precipitación diaria	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Amarante	Portugal	1915	2014	01/10/1915	01/10/2014	01/07/2015	09/05/2017
Lordelo	Portugal	1980	2005	01/10/1980	01/10/2005	01/05/1980	21/10/2015
Club Campestre	Colombia	1982	2016	03/03/1982	07/07/2016	07/02/2011	30/11/2016
Limoncito	Colombia	1967	1973	23/05/1967	31/09/1973	23/05/1967	31/09/1973

Esta última estación, es decir, la estación de Limoncito posee un intervalo de datos limitado y a su vez antiguos. Lo cual, desafortunadamente no genera una alta confiabilidad para la realización de cálculos y estudios.

Para este estudio se tendrá en cuenta la eficiencia de filtración con un valor de 10% de agua direccionada directamente al drenaje público, es decir una eficiencia de 0.9 y un valor de coeficiente de escorrentía de 0.9 siendo el común para tejas de arcilla.

4.3 Datos de consumo

Es fundamental tener en cuenta el consumo de agua residencial para el dimensionamiento de este tipo de sistemas. Este consumo cambia con diferentes factores como lo son, los dispositivos utilizados, las características de las viviendas, el nivel socioeconómico, la cultura y su localización como se mostró en el capítulo 2 parte 2.5.

En este estudio en específico no se tendrá en cuenta el consumo total de la vivienda, ya que se determinó la utilización de agua lluvia solo para abastecimiento de riego y de sanitarios.

Tabla 8 – Datos de consumo para los dos países. Adaptado de: Baptista et al. (2001), RGA(1995), Ministerio de Vivienda y Territorio (2010), ICONTEC (2004).

Datos de consumo					
País	Número de habitantes por vivienda	Consumo Persona (L/hab×día)	Consumo Sanitario (m ³ /día)	Área de jardín (m ²)	Consumo riego (m ³ / día)
Portugal	4	175	0.20	98	0.65
Colombia	4	140	0.11	360	0.72

El consumo por persona, es decir, el per cápita para la ciudad de Porto es de 175 L/hab-día según el Reglamento General de sistemas públicos y prediales de distribución de drenaje de aguas residuales (1995), del cual como se muestra en la figura número 3 de porcentajes de participación de usos de agua en el consumo de viviendas el 28 % de este es destinado a la utilización diaria de sanitarios. En cuanto a los consumos de riego no se encuentran datos específicos, por lo cual se tomará en cuenta lo referido en Baptista *et al.* (2001), que toma una necesidad de agua de $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{mes}$, los cuales solo se utilizaran en los 5 meses de menor precipitación, mayor radiación y mayor temperatura, es decir los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre.

Para el caso de Piedecuesta, Colombia los datos varían, ya que la dotación según la complejidad del sistema alto y climas templados es 140 L/hab-día (Ministerio de Vivienda y Territorio, 2010). De la misma forma se muestra la figura número 6 que el porcentaje de consumo de sanitarios es inferior con un 19.9%, en cuanto al promedio diario estimado específicos de riego consumo se toma un valor de $2 \text{ L}/\text{m}^2$, los cuales se consideran constante a lo largo del año (ICONTEC, 2004).

El consumo total es decir la demanda de cada vivienda se determinó realizando con la sumatoria de las necesidades de consumo sanitario y consumo de riego mostradas en la tabla 8.

4.4 Tratamiento

Teniendo en cuenta que el agua captada no será utilizada para fines potables y que a su vez la calidad de la misma se mejorara con el almacenamiento (excluyendo luz, microorganismos, agitación y acumulación de sedimentos en el reservorio) (Bertolo, 2006) se determina un tratamiento sencillo el cual se basa en la remoción de partículas. Permitiendo la instalación del equipo en fase de construcción del proyecto o instalarlos posteriormente cuando este se encuentre en funcionamiento. Este sistema será ubicado en los dos casos enterrados, con el fin de no modificar la dinámica de las viviendas, ni incomodar a los residentes.

Para el caso de Portugal se tomó un Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH de Portugal (Figuras 16 y 17). Se optó por este sistema de aprovechamiento, ya que cumple

con los requerimientos de la vivienda en cuanto al volumen del tanque, además es un kit muy completo debido a sus componentes y la relación entre ellos, garantizando un grado de eficiencia mayor. El cual posee: un depósito Carat de 4.8 m³, Cubierta telescópica, tapa de PE transitable de hierro para paso de coches, un Pack de filtración Optimax-Pro: Filtro interno auto limpiante Optimax-Pro, Zapata de entrada tranquila, Rebosadero, Sistema de fijación rápida tubo-filtro, "Spannfix", un Pack de bombeo Eco Plus compuesto por: Kit de extracción flotante, guía de conducciones DN 100, etiquetas de agua no potable, tubo de captación de agua (12 m).



Figura 16 - Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH. Fuente: "Pack Carat Eco Plus GRAF para recuperar agua de lluvia", (2017).

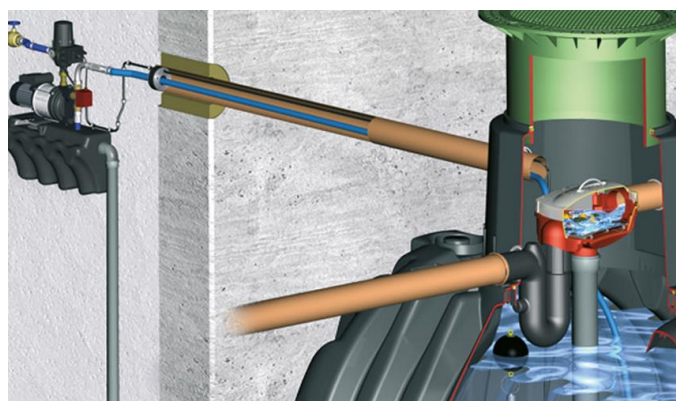


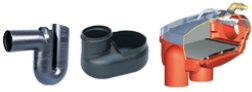



Figura 17 – Detalle del Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH. Fuente: "Pack Carat Eco Plus GRAF para recuperar agua de lluvia", (2017).

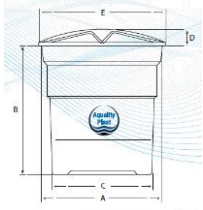
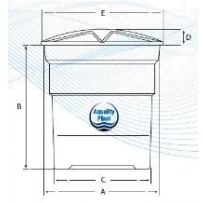


A continuación, se muestra la tabla 9 resumiendo los elementos con sus dimensiones y características.

Tabla 9 – Elementos del Pack Carat Eco Plus de la empresa Otto Graf GmbH. Fuente: "Pack Carat Eco Plus GRAF para recuperar agua de lluvia", (2017).

Elemento	Características	Dimensiones
 <p>Depósito Carat de 4.8 m³.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Alta estabilidad y encaje perfecto de los componentes; -Carga máxima soportada 8 t; -Volumen: 4800 l. 	<p>Longitud (mm):2280, Ancho (mm): 1985, Altura (mm): 2430, Ø interior cúpula del depósito (mm): 650.</p>
 <p>Tapa de PE transitable de hierro para paso de coches.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Cubierta para el depósito soterrado; -Permite una inclinación máxima de 5°. 	<p>Ø interior= 600[mm], Ø exterior= 780[mm], Alto = 360 [mm].</p>
 <p>Pack de filtración Optimax-Pro</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Filtro Optimax-Pro interno (Bajo mantenimiento-autolimpiante, Función first-flush); -Zapata de entrada tranquila; -Rebosadero con reja anti-animales 	<ul style="list-style-type: none"> -Filtro: Grosor de la malla 0.35 mm, 165 mm de desnivel entre la conexión de entrada y de salida del agua; - Zapata: y entrada de agua DN 100; -Rebosadero.
 <p>Pack de bombeo Eco Plus</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Control bomba KSB-Superinox 15/4; -Kit de extracción flotante: boya, válvula antiretorno con filtro de succión en acero inoxidable, manguera de succión, filtro fino, filtro ultrafino. -Set de etiquetas de agua no potable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Control bomba: 680 x 760 x 210 mm; -Kit de extracción: filtro fino con malla de 1.2 mm, filtro ultrafino con malla de 0.23 mm, manguera de succión con rosca de 1".

Para el caso de Colombia no se optó por un kit, ya que no se encontró en el mercado la posibilidad de adquirir los costos de uno que cumpliera con las necesidades de la vivienda. Se realizó el tratamiento por un conjunto de componentes que se van a describir en la tabla 10. En los que se encuentran dos tanques de almacenamiento, dos filtros y bomba.

Tabla 10 – Elementos tratamiento para el caso de estudio en Colombia. Adaptado de AqualityPlast, Tanques de agua – Tanques de agua, rotomoldeo, Bogotá, Colombia (2017):

Elemento	Características	Dimensiones
<p>Tanque cónico de 5000L de AQUALITY PLAST SAS</p> 	<p>Material Polietileno de Máxima calidad, con cierre hermético del tanque.</p>	<p>Sus dimensiones son a=199 cm, b=202 cm, c=171 cm, d=26 cm, e=206 cm. Con capacidad de 5000L.</p>
<p>Tanque cónico de 1000L de AQUALITY PLAST SAS</p> 	<p>Material Polietileno de Máxima calidad, con cierre hermético del tanque.</p>	<p>Sus dimensiones son a=118 cm, b=127 cm, c=97 cm, d=16 cm, e=123 cm. Con capacidad de 1000L.</p>
<p>Plantas de tratamiento de aguas lluvias (PTALL).</p> 	<p>Compuesto por: 2 Filtros polyglass marca Global Water Solutions, lecho litro arena, lecho litro carbón, válvulas y tubería PVC presión. Peso: 70 kg</p>	<p>Dimensiones (Al x An x P) m: 1,50 x 1,50 x 0,6 Caudal de tratamiento: 1000a 2000 L al día.</p>
<p>Control bomba KSB-Superinox 15/4</p> 	<p>Control bomba KSB-Superinox 15/4 (Potencia 0.66 kW, Máxima altura suministro 35 m);</p>	<p>Dimensiones: 680 x 760 x 210 mm;</p>

Como se muestra en la tabla (10), el filtro utilizado es diferente al establecido para el caso de estudio de Portugal, esto se debe a que según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS- TÍTULO B, establece que en una captación directa de aguas lluvias, debe ir acompañado por filtros de arena cuyo objetivo será retener los sólidos en suspensión (Ministerio de Vivienda, 2010).

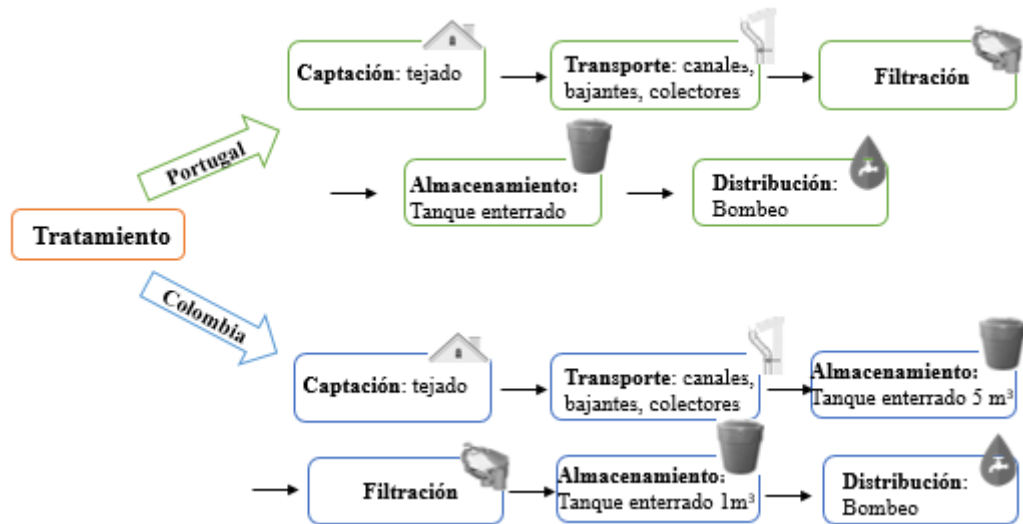


Figura 18 – Esquema de funcionamiento de consumo.

En los dos casos de estudio el sistema comenzará en el tejado el cual es la superficie de captación, seguidamente pasara por el sistema de transporte, es decir los componentes que direccionan el agua al reservatorio (canales, bajantes y colectores). Posteriormente para el proyecto de Porto el agua pasa por el sistema de filtrado y es depositada en el tanque para la conservación, seguidamente será dirigida a la red de distribución con la ayuda de una bomba. En el caso de Piedecuesta el agua llegará primero a un tanque de 5000 litros en el cual se conservará el agua y hará proceso de decantación, sucesivamente pasará a los filtros para su filtración de lecho arena y carbón, se guardará la misma en un tanque que estará al lado más pequeño de 1000 litros hasta su utilización, la distribución será realizada por bombeo. En los dos casos, si el agua pluvial recogida excedente el volumen permitido en el tanque, será dirigida a la red de saneamiento y en caso de que la demanda sea superior que la oferta del sistema, se activara automáticamente el suministro de la red pública.

Detalles de la Bomba

Para los dos casos de estudio, tanto el de Portugal como el de Colombia, se optó por el Control-bomba Eco Plus (Figura 19), el cual controla y regula el suministro de agua, en caso de que el agua del reservatorio se encuentre muy baja, se conecta automáticamente el suministro de agua potable. Posee dispositivo de arranque y paro automático, equipo silencioso, con motores permanentemente lubricados y protegidos. Con potencia de 0.66 Kw y caudal máximo de extracción de 3.6 m³ /h.

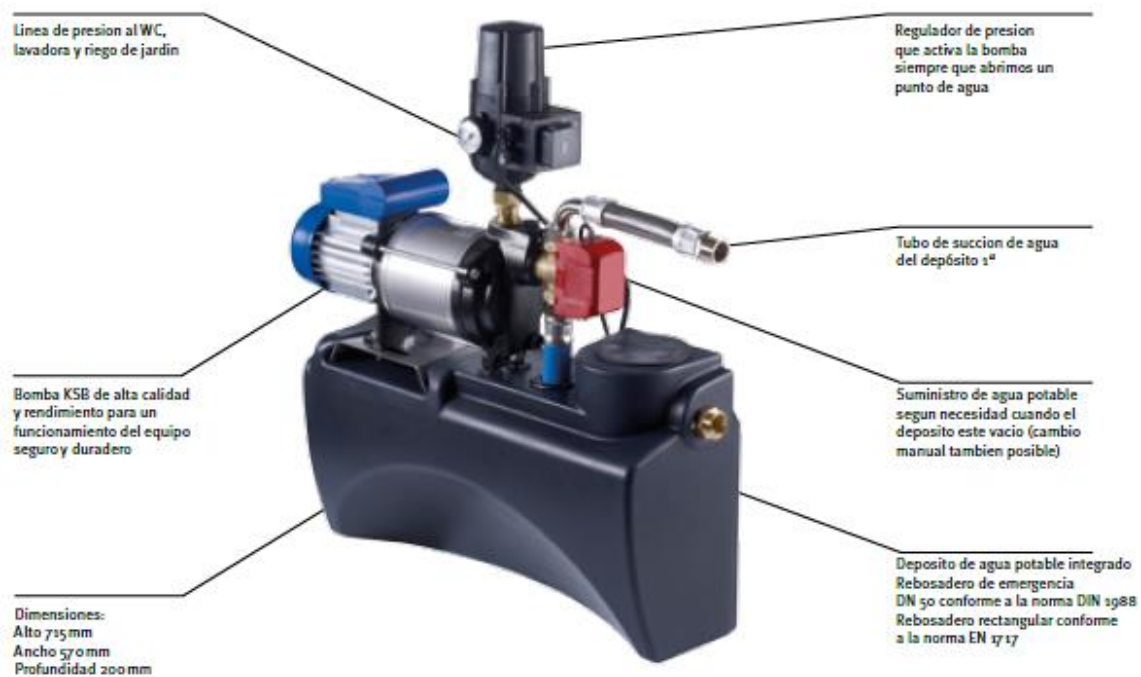


Figura 19 - Esquema bomba utilizada. Fuente: "Pack Carat Eco Plus GRAF para recuperar agua de lluvia", (2017).

Esta bomba fue escogida ya que garantiza los niveles de presiones necesarios en las dos viviendas y así la potencia. Lo cual se mostrará en la presentación de análisis y resultados.

4.5 Dimensionamiento hidrosanitario

Para la elaboración adecuada de los dimensionamientos, se realizaron según lo referido en el capítulo 2, respectivamente para cada país. Teniendo en cuenta las siguientes dos tablas, que indican la cantidad de elementos que se necesitan abastecer y su caudal mínimo. De estos dispositivos en el diseño nuevo solo se abastecerán con agua lluvia la totalidad de inodoros y llaves de riego presentes en cada vivienda.

Tabla 11 – Equipos de abastecimiento, con cantidad y caudales, para vivienda de Portugal. Adaptado de: RGA (1995)

Vivienda Portugal				
Piso	Cantidad	Equipos abastecimiento agua fría	Caudales mínimos (L/s)	Fuente
PISO 0	3	Llave de riego	0.45	Agua lluvia
	1	Máquina de lavar ropa	0.2	Agua red publica
	1	Máquina de lavar loza	0.15	Agua red publica
	1	Lavaplatos	0.2	Agua red publica
	1	Refrigerador	0.2	Agua red publica
	1	Inodoro	0.1	Agua lluvia
	1	Lavamanos	0.1	Agua red publica
	1	Pila de lavar ropa	0.2	Agua red publica
PISO 1	1	Bañera	0.25	Agua red publica
	3	Inodoro	0.1	Agua lluvia
	1	Bidé	0.1	Agua red publica
	3	Lavamanos	0.1	Agua red publica
	2	Ducha	0.15	Agua red publica
Piso	Cantidad	Equipos abastecimiento agua caliente	Caudales mínimos (L/s)	Fuente
PISO 0	1	Máquina de lavar ropa	0.2	Agua red publica
	1	Máquina de lavar loza	0.15	Agua red publica
	1	Lavamanos	0.2	Agua red publica
	1	Lavamanos	0.1	Agua red publica
	1	Pila de lavar ropa	0.2	Agua red publica
	1	Calentador	-	Agua red publica
PISO 1	1	Bañera	0.25	Agua red publica
	1	Bidé	0.1	Agua red publica
	3	Lavamanos	0.1	Agua red publica
	2	Ducha	0.15	Agua red publica

Tabla 12– Equipos de abastecimiento, con cantidad y caudales, para vivienda de Portugal.
Adaptado de: ICONTEC (2004)

Vivienda Colombia				
Piso	Cantidad	Equipos abastecimiento agua fría	Caudales mínimos (L/s)	Fuente
PISO 0	2	Llave de riego	0.32	Agua lluvia
	1	Máquina de lavar ropa	0.32	Agua red publica
	1	Lavaplatos	0.28	Agua red publica
	2	Inodoro	0.19	Agua lluvia
	2	Lavamanos	0.19	Agua red publica
	1	Ducha	0.32	Agua red publica
PISO 1	1	Bañera	0.32	Agua red publica
	3	Ducha	0.32	Agua red publica
	4	Lavamanos	0.19	Agua red publica
	3	Inodoro	0.19	Agua lluvia
Piso	Cantidad	Equipos abastecimiento agua caliente	Caudales mínimos (L/s)	Fuente
PISO 0	1	Máquina de lavar ropa	0.32	Agua red publica
	1	Lavaplatos	0.28	Agua red publica
	2	Lavamanos	0.19	Agua red publica
	1	Ducha	0.32	Agua red publica
	1	Calentador	-	-
PISO 1	1	Bañera	0.32	Agua red publica
	3	Ducha	0.32	Agua red publica
	4	Lavamanos	0.19	Agua lluvia

Ya que en el momento del cálculo no era posible obtener los valores específicos de presión de agua suministrada por la red pública, se realizaron los cálculos con las presiones mínimas y sugeridas en cada normativa. Posteriormente se obtuvo la información de las empresas nombradas anteriormente, siendo para el caso de Portugal 20 m.c.a y para Colombia 14 mca (Ministerio de Vivienda, 2010), comprobando así que se encuentran correctos los datos y que no es necesario un grupo de bombeo para suministro de red pública.

Para los dos casos, el bombeo de la red de abastecimiento con aprovechamiento de aguas lluvias, va a efectuarse por medio de bombeo, pues los tanques se ubicarán enterrados en los lugares que se muestran en los respectivos planos, encontrados en el último anexo.

4.6 Frecuencia de mantenimiento de los componentes del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

Las frecuencias de mantenimiento e inspección tomadas para los dos casos de estudio son los mostrados en el capítulo 2, es decir en los filtros, canales, bajantes será semestralmente, el reservatorio será lavado cada dos años y el sistema de bombeo solo será cambiado o reparado en caso de presentar problemas, sin embargo, será inspeccionado cada seis meses.

El mantenimiento, puede ser realizado por el propietario si este estudia los manuales del fabricante adecuadamente. A pesar de esto, este proyecto será realizado por un técnico en ingeniería civil con el fin de garantizar una buena inspección y manutención de los componentes, el cual trabajará por horas, según la necesidad.

4.7 Cálculo de Presupuesto

Los presupuestos elaborados se realizaron por medio del generador de precios para construcción civil CYPE Ingenieros, S.A. el cual está disponible para los dos países. En este software se toma en cuenta tanto el valor del material, como el de sus accesorios, su mano de obra, costos indirectos y su mantenimiento. Se efectuó un presupuesto sin sistema de aprovechamiento y otro con este, en cada caso de estudio, teniendo en cuenta que el segundo presupuesto poseerá un valor más elevado ya que se le agrega el valor del sistema de aprovechamiento, la tubería, accesorios, sistema de bombeo, almacenamiento entre otros que necesite de adicionales.

4.8 Viabilidad técnica

La viabilidad técnica se realizó tomando como referencia lo expuesto en la parte 3.5 de metodologías, analizando la disponibilidad del espacio, la posibilidad de implementación y las tecnologías utilizadas.

4.9 Viabilidad financiera

El flujo de caja fue proyectado a 50 años en los dos casos de estudio. Considerándose la tasa de interés el porcentaje del promedio de inflación de los últimos 10 años en los dos

casos, siendo para Portugal de 1.3% (Media, T, 2017) y Colombia de 3.7% (Dane.gov, 2017). Las tasas de descuento trabajadas fueron de 3.5 % para Portugal (Florio, 2006) y 3.51% para Colombia (Correa, 2017).

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Dimensionamiento del reservatorio

5.1.1 Método Simplificado alemán

Se realizó el cálculo de los volúmenes útiles con sus respectivas eficiencias y grados de aprovechamiento para cada una de las estaciones, utilizando las precipitaciones anuales. En las siguientes dos tablas (tabla 13 y 14) se muestran valores representativos del estudio realizado para los dos casos. A pesar de que los valores de precipitación difieran significativamente de estación en estación, se tomó la opción de realizar los cálculos para cada una de las estaciones en cada caso de estudio, para mostrar la variabilidad entre estas.

Tabla 13 – Valores relevantes para caso de estudio en Portugal.

Valor	Demanda (m ³ /año)	Precipitación (mm)		Volumen aprovechado (m ³ /año)	
		Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
Mínimo	171.5	552.2	190.6	69.33	23.93
Máximo	171.5	2339.2	1594.5	293.69	200.19

Tabla 14 - Valores relevantes para caso de estudio en Colombia.

Valor	Demanda (m ³ /año)	Precipitación (mm)		Volumen aprovechado (m ³ /año)	
		Est. Club Campestre	Est. Limoncito	Est. Club Campestre	Est. Limoncito
Mínimo	279.14	51.8	475.4	50.34	64.69
Máximo	279.147	1492.3	1572	203.07	213.92

5.1.1.1 Portugal

Seguidamente se presentan las gráficas 20 y 21 para Portugal, en las cuales se muestra la relación entre el volumen útil y la eficiencia del sistema, para la totalidad de los datos. El volumen útil cambia con relación al volumen aprovechado y la demanda, es decir si el

volumen aprovechado aumenta el volumen útil también aumentara, sin sobrepasar 0.06 veces a la demanda.

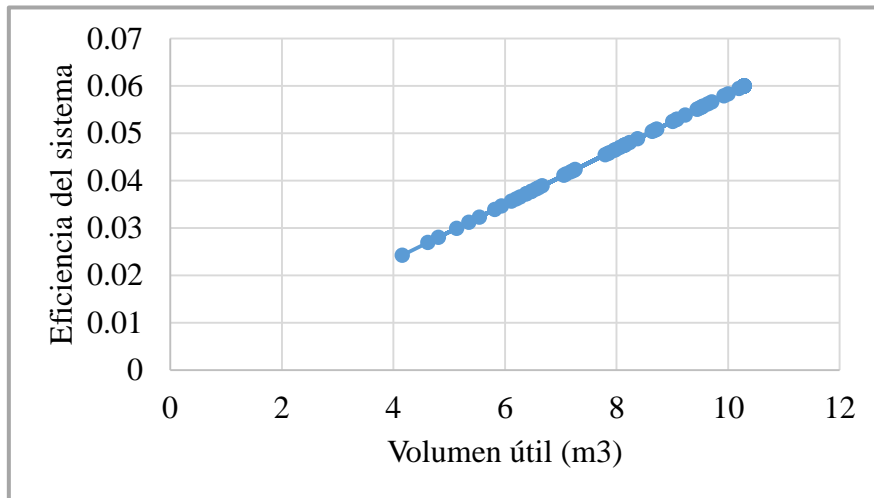


Figura 20 – Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Amarante.

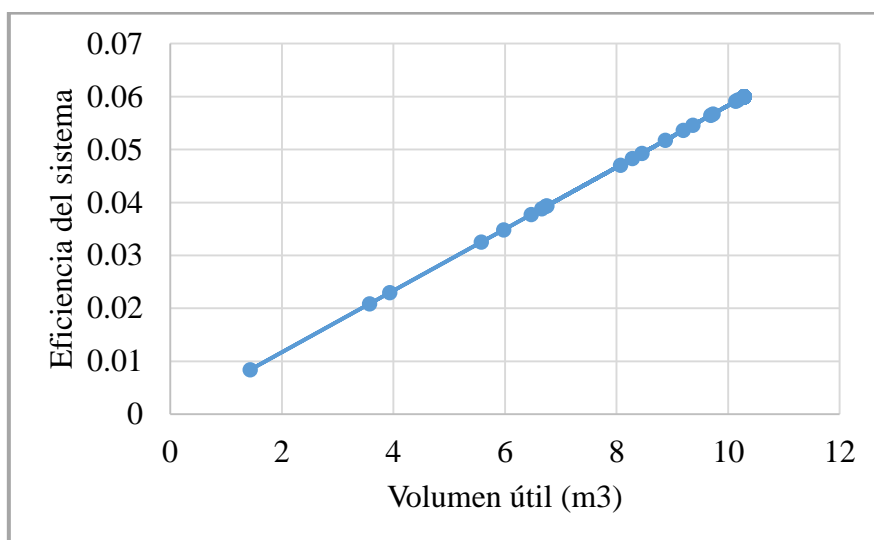


Figura 21 - Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Lordelo.

Como se muestran en las gráficas anteriores, la eficiencia del sistema va aumentando proporcionalmente con el volumen útil, garantizando mayor cobertura de abastecimiento de agua. Por el contrario, con el grado de aprovechamiento se encuentra en los resultados un valor constante de 0.06 hasta un volumen de 10 m³, a partir de este número disminuye, dando a entender que existe un porcentaje de desperdicio de agua lluvia relacionado con la capacidad del tanque y el nivel de consumo de la vivienda, estos análisis dejan de lado el factor financiero.

Tabla 15 – Valores determinantes por estación en Portugal para método alemán.

Valor	Volumen útil (m ³)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
Máximo	10.29	10.29	0.06	0.06	0.03	0.05
Medio	8.46	9.55	0.05	0.06	0.06	0.06
Mínimo	4.16	1.44	0.02	0.01	0.06	0.06

La tabla número 15, muestra los valores extremos y medios del volumen útil, para la serie de precipitación anual con su respectiva eficiencia y aprovechamiento. Mostrando que el valor más adecuado a utilizar sería el volumen medio siendo 8.46 y 9.55 m³, ya que en comparación con los valores extremos no representa un beneficio mayor en cuanto al grado de aprovechamiento y eficiencia. Estos valores extremos y medios fueron encontrados en el periodo de tiempo de datos obtenidos según la estación, los cuales se pueden observar en la tabla 7 parte 4.2 y en el anexo 3 de mejor manera.

5.1.1.2 Colombia

A continuación, se presentan las gráficas 22 y 23 por estación para Colombia, en las cuales se muestra la relación entre el volumen útil y la eficiencia del sistema, para la totalidad de los datos.

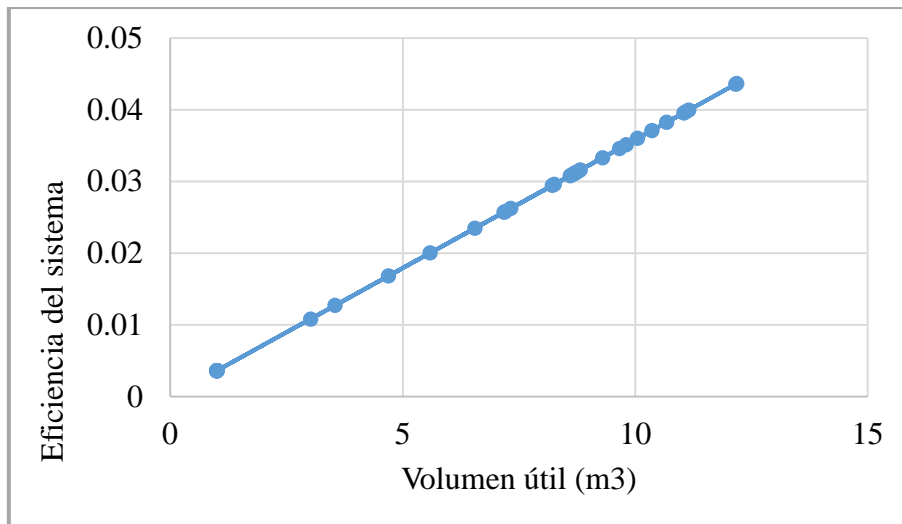


Figura 22 - Grafico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Club campestre.

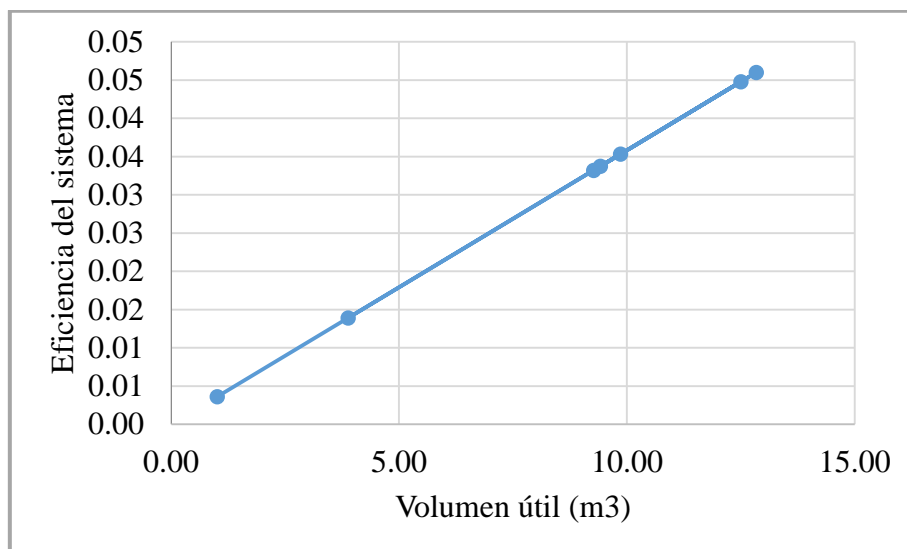


Figura 23 - Gráfico Volumen útil vs eficiencia del sistema para la estación Limoncito.

De la misma forma como se mostró en el caso de Portugal la eficiencia del sistema va aumentando proporcionalmente con el volumen útil. Por el contrario, con el grado de aprovechamiento se encuentra en los resultados un valor constante de 0.06, sin disminución posterior. Se muestra un comportamiento parecido para los dos casos en los países ya que la serie de datos analizados es anual, por lo cual no tienen en cuenta las épocas de sequía o de máxima precipitación.

Tabla 16 - Valores determinantes por estación en Colombia para método alemán.

Valor	Volumen útil (m ³)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Club Campestre	Est. Limoncito	Est. Club Campestre	Est. Limoncito	Est. Club Campestre	Est. Limoncito
Máximo	12.18	12.84	0.04	0.05	0.06	0.06
Medio	7.39	8.39	0.03	0.03	0.06	0.06
Mínimo	1.00	1.00	0.01	0.01	0.06	0.06

La tabla número 16, muestra los valores extremos y medios del volumen útil, para la serie de precipitación anual con su respectiva eficiencia y aprovechamiento. Mostrando que el valor más adecuado sería el máximo, ya que genera mayor beneficio en cuanto al grado de aprovechamiento y eficiencia. A su vez se denota que su volumen es considerablemente mayor al medio, pero que no proporciona un aumento significativo de beneficio. Por esta razón será considerado el valor medio como la mejor elección siendo 7.39 y 8.39 m³. Estos valores extremos y medios fueron encontrados en el periodo de tiempo de datos obtenidos según la estación, los cuales se pueden observar en la tabla 7 parte 4.2 y en anexo 3 de mejor manera.

5.1.2 Método de Rippl

Para este método se realizó el cálculo de los volúmenes útiles, utilizando las precipitaciones mensuales y diarias, obtenidas en el periodo de tiempo según la estación mostrada en la tabla 7 parte 4.2. Se obtuvieron valores de volumen de reservatorio bastante elevados, ya que la idea de este método es abastecer en su totalidad las necesidades del consumidor, sin necesidad de recurrir a la red pública, partiendo de un tanque lleno. Ya que es un estudio más detallado se logra tener en cuenta las épocas de lluvia y sequía. La totalidad de estos cálculos se pueden observar en el Anexo 4.

5.1.2.1 Portugal

A continuación, se presenta la tabulación de los valores máximos y medios para precipitaciones mensuales y diarias. En los cuales el valor absoluto del mínimo es el volumen necesario para abastecer en su totalidad las necesidades del usuario

Tabla 17 - Valores determinantes mensuales por estación en Portugal para método de Rippl.

Valor	Diferencia acumulada (m ³)	
	Est. Amarante	Est. Lordelo
Máximo	0.00	0.00
Medio	-28.76	-29.08
Mínimo	-289.54	-148.26

Tabla 18 - Valores determinantes diarios por estación en Portugal para método de Rippl.

Valor	Diferencia acumulada (m ³)	
	Est. Amarante	Est. Lordelo
Máximo	0.00	0.00
Medio	-8.31	-10.85
Mínimo	-107.39	-128.16

Para este método se toma como el valor valido el valor absoluto del dato mínimo, siendo para los datos mensuales 289.54 m³ y 148.26 m³, en la serie diaria se tienen 107.39 m³ y 128.16 m³.

5.1.2.2 Colombia

Tabla 19 - Valores determinantes mensuales por estación en Colombia para método Rippl.

Valor	Diferencia acumulada (m ³)	
	Est. Club Campestre	Est. Limoncito
Maximo	0.00	0.00
Medio	-18.43	-90.77
Minimo	-46.79	-322.93

Tabla 20 - Valores determinantes diarios por estación en Colombia para método Rippl.

Valor	Diferencia acumulada (m ³)	
	Est. Club Campestre	Est. Limoncito
Máximo	0	0
Medio	-0.71	-4.12
Mínimo	-1.66	-26.08

Para este método se toma como el valor válido, el valor absoluto del dato mínimo, siendo para los datos mensuales 46.79 m³ y 322.93 m³, en la serie diaria se tienen 1.66 m³ y 26.07 m³.

5.1.2.3 Comparación resultados diarios y mensuales

Como se mostró anteriormente y como se observa en la siguiente tabla, existe una variación significativa en cuanto a los resultados obtenidos con las precipitaciones diarias y las mensuales, siendo siempre superiores las cifras mensuales. Esto se debe a la dependencia que poseen los datos con el espacio temporal de análisis, entre menor sea este, mejor serán los resultados, ya que se tendrán en cuenta la precipitaciones, consumos y desaprovechamiento diarios, es decir valores en tiempos más exactos.

Tabla 21 – Comparación volúmenes diarios y mensuales

Datos de precipitación	Portugal		Colombia	
	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Club Campestre	Est. Limoncito
Diaria(m ³)	107.39	128.16	1.66	26.07
Mensual(m ³)	289.54	148.26	46.78	322.92
Variación (%)	169.62	15.68	2713.58	1138.36

En la tabla se muestra un alto cambio entre los resultados obtenidos con la estación del Club Campestre y la de Limoncito en la parte de Colombia, esto se debe de cierta forma a la poca cantidad de datos obtenidos en la última estación y a la antigüedad de estos, por ello no se pueden considerar datos confiables, debido a que las precipitaciones no se consideran constantes en el tiempo. Sin embargo, se optó por presentar estos resultados para alertar de la necesidad de hacer un análisis profundizado de esta temática, ya que la selección de la estación puede influenciar significativamente el volumen estimado para el depósito. Para este método no se realizan los cálculos de eficiencia y grado de aprovechamiento, ya que los resultados encontrados son valores poco viables en cuanto a la financiación, debido al costo del tanque.

5.2 Determinación del reservatorio según costo

Teniendo en cuenta los volúmenes obtenidos anteriormente, son descartados los valores entregados por el método Rippl ya que son de una dimensión superior al espacio destinado

para tal fin y a su vez se necesitaría un capital de inversión inicial mayor, que con el otro método. Este método, aunque garantiza un nivel de ahorro superior a largo plazo en cuanto al ahorrado de consumo de agua, no garantiza un llenado total durante todo el año, generando pérdida de espacio y de dinero en cuanto a la inversión inicial.

Como se mencionado en Sacadura (2011) , las bajas precipitaciones y el consumo de las viviendas, generan que un reservatorio de baja capacidad se torne más viable que uno con capacidad superior.

Dejando como opción los datos obtenidos por el método alemán que se muestran a continuación:

- Portugal: 8.46 m³ y 9.55 m³.
- Colombia: 7.39 m³ y 8.39 m³.

Estos volúmenes son llevados a volúmenes comerciales, que se encuentran en el mercado según el país. Adoptándose los siguientes valores:

- Portugal: 4.8 m³ y 6.5 m³.
- Colombia: 5 m³ y 10 m³.

Posteriormente se realiza el estudio por el método de simulación, con el fin de determinar el volumen más viable económicamente, tomando el factor ahorro. Los costos del agua se determinaron según el país, en el caso de Portugal se obtuvieron del tarifario Porto 2017 de la Empresa de Águas do Município do Porto y el de Colombia del tarifario de la empresa Ruitoque S.A ESP valida desde marzo de 2017. Estos valores se tomaron en el año actual sin tener en cuenta la mudanza de precios en los años anteriores ya que solo se utiliza para una comparación entre volúmenes, siendo una comparación simplificada de precios.

El estudio de simulación fue efectuado en los dos casos con las estaciones que presentaban mayor cantidad de datos, desde el año 2010 hasta el último año registrado. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la eficiencia y el valor ahorrado para cada tipo de tanque. Para los cálculos anteriores la demanda no se considera constante, en el caso de Portugal esta varia con la época del año y la cantidad de días siendo el mínimo valor 3.12 (m³/mes) y el máximo 24.94 (m³/mes). En el segundo caso de estudio solamente varia

con la cantidad de días al mes siendo el mínimo valor 25.65 (m³/mes) y el máximo 28.39 (m³/mes).

Iniciando con Portugal:

La eficiencia del tanque según el volumen se efectúa conforme a la ecuación 7 de la parte de metodología, en la cual N es el número de datos de precipitación mensual tomados en cuenta y Nr la cantidad de meses que fue posible abastecer con el sistema y no se necesitó recurrir al abastecimiento de agua público.

Tabla 22 – Eficiencia según el volumen del tanque en Portugal

Volumen tanque	4.8 m ³	6.5 m ³
N	111	111
Nr	63	63
Eficiencia	0.57	0.57

La tabla 22 muestra que la eficiencia es de igual magnitud tanto para el volumen de 4.8 m³ como para 6.5 m³, es decir en cualquiera de los dos casos se va a lograr abastecer en su totalidad 63 meses de los 111 estudiados en su totalidad.

Las tablas 23 y 24 se realizaron con fines comparativos por medio de la ecuación 8 que se encuentra en metodología. En donde el agua abastecida de red pública es la cantidad de agua que se necesita abastecer por parte del acueducto, ya que el sistema de aprovechamiento de agua lluvia no consigue suministrar y el valor de ahorro se refiere el dinero ahorrado en la totalidad de meses estudiados.

Tabla 23 – Valores obtenidos para un volumen de 4.8 m³

Volumen del reservatorio de 4.8 m ³				
Tipo de abastecimiento	Tipo de agua	Cantidad (m ³)	Valor a pagar (€)	Valor ahorrado (€)
Sin sistema	Agua de consumo	1276.62	1574.37	0
Con sistema	Agua abastecida de red publica	637.81	651.86	922.51
	Agua abastecida con el sistema	638.81		

Tabla 24 - Valores obtenidos para un volumen de 6.5 m³

Volumen del reservatorio de 6.5 m ³				
Tipo de abastecimiento	Tipo de agua	Cantidad(m3)	Valor a pagar (€)	Valor ahorrado (€)
Sin sistema	Agua de consumo	1276.62	1574.37	0
Con sistema	Agua abastecida de red publica	612.41	623.11	951.26
	Agua abastecida con el sistema	664.21		

La diferencia en valor son 28.75 €, al aumentar 1.7 m³ de capacidad, este valor fue obtenido en la totalidad de los 111 meses estudiados, con los cuales se realizaron los cálculos de eficiencia. Es decir, la diferencia de ahorro es relativamente pequeña, comparado con la diferencia de costo de un sistema a otro son de 445 €, es decir aumentar el volumen, además de esto se produciría un aumento de costo referente a la excavación y las dimensiones necesarias de ubicación, de manera que se escoge como mejor opción el volumen de 4.8 m³.

En el caso de Colombia:

De la misma forma como se ejecutó en Portugal, la eficiencia del tanque según el volumen se efectúa según la ecuación 7 de la parte de metodología, en la cual N es el número de

datos de precipitación mensual tomados en cuenta y Nr la cantidad de meses que fue posible abastecer con el sistema y se necesitó recurrir al abastecimiento de agua público.

Tabla 25 – Eficiencia según el volumen del tanque en Colombia

Volumen tanque	10 m ³	5 m ³
N	90	90
Nr	11	08
Eficiencia	0.1	0.13

La tabla 25 muestra que las eficiencias no proporcionan las mismas dimensiones, ya que en el volumen de 10 m³ se logra proporcionar 11 y para 5 m³ se suministran 08, de los 90 meses estudiados en su totalidad.

Las tablas 24 y 25 se realizaron con fines comparativos por medio de la ecuación 8 que se encuentra en metodología.

Tabla 26 - Valores obtenidos para un volumen de 5 m³

Volumen del reservatorio de 5 m ³				
Tipo de abastecimiento	Tipo de agua	Cantidad(m ³)	Valor a pagar (\$)	Valor ahorrado (\$)
Sin sistema	Agua de consumo	2,534.57	149,65,573.25	0
Con sistema	Agua abastecida de red publica	1,300.57	8.970.115.974	5,995,457.27
	Agua abastecida con el sistema	1,234.00		

Tabla 27 - Valores obtenidos para un volumen de 10 m³

Volumen del reservatorio de 10 m ³				
Tipo de abastecimiento	Tipo de agua	Cantidad(m ³)	Valor a pagar (\$)	Valor ahorrado (\$)
Sin sistema	Agua de consumo	2,534.57	14,965,573.25	0
Con sistema	Agua abastecida de red publica	1,286.97	8.902.482.1	6,063,091.15
	Agua abastecida con el sistema	1247.60		

La diferencia en valor son 67,633.88 pesos colombianos, al duplicar la capacidad del tanque, este valor fue obtenido en la totalidad de los 90 meses estudiados, con los cuales se realizaron los cálculos de eficiencia. Es decir, la diferencia de ahorro es relativamente pequeña, comparado con la diferencia de costo, además de esto se produciría un aumento de costo referente a la excavación y las dimensiones necesarias, de manera que se escoge como mejor opción el volumen de 5 m³.

5.3 Dimensionamiento hidrosanitario de los casos de estudio

Para la elaboración adecuando de los dimensionamientos, se realizaron según lo referido en el capítulo 3 parte 3, respectivamente para cada país. Los resultados de los cálculos se pueden observar en el anexo 5 para Portugal y el anexo 6 para Colombia, posterior a ellos se encuentra los planos de las plantas, cubiertas y en isometría, de cada caso.

5.4 Determinación del consumo energético del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales para cada caso

Tanto en Portugal como en Colombia, los cálculos se realizaron de acuerdo con las formulas mostradas en la sección 3.4., primero se realizó el cálculo de la potencia mínima que requiere la bomba, lo cual se muestra en la tabla 28, además se garantizó que el tanque

hidroneumático, cumpla con el de diseño siendo de 10 litros en los dos casos. Mostrando que la bomba seleccionada es ideal para los casos de estudio, obteniéndose los valores anuales de gasto energético y valor a pagar.

Tabla 28 – Potencia necesaria según el caso de estudio.

País	Q diseño (L/s)	Eficiencia	HT (m)	Potencia [w]
Portugal	0.72	75%	20.38	191.9
Colombia	0.43	75%	19.72	110.9

En el caso de Portugal el gasto energético anual es de 31.44 kWh. La empresa que proporciona la energía a esta zona es ERSE (Entidad reguladora de servicios energéticos), la cual asume un cobro de 0.1652 €/kWh. Generando un costo anual de energía de 5.19 €, por el bombeo.

En el caso de Colombia el gasto energético será de 55.63 kWh, ya sé que se va a utilizar la misma bomba que en el caso anterior. La empresa que proporciona la energía a esta zona es ESSA (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P), la cual asume un cobro de \$166.1673 \$/kWh. Generando un Costo anual de energía de \$ 9244.91, por el bombeo.

5.5 Viabilidad técnica

Considerando los factores descritos en el 4.8 la viabilidad técnica de los proyectos es favorable ya que se consigue realizar estos con personal de la zona, sin modificar en gran escala el diseño de la casa, con tecnologías de calidad con un costo relativamente bajo. El sistema será ubicado, según lo mostrado, en los respectivos planos de cada caso en el último anexo y podrán ser implantados en tan solo un día.

Las cajas de inspección de aguas lluvias, se intentaron colocar todas en el exterior del área construida, con el fin de no generar modificaciones arquitectónicas, lo cual se consiguió casi en su totalidad.

Para el caso de Portugal la primera caja de inspección no se logró ubicar en el exterior, ya que ese bajante se encontraba muy cercano al lote vecino. En este caso se necesita menor cantidad de espacio ya que su sistema es más compacto, es decir favorece en cuanto a la

cantidad espacio necesario, tiempo requerido de instalación y mantenimiento con relación al segundo caso.

5.6 Viabilidad financiera

A continuación, se muestran los gráficos de las proyecciones realizadas para los proyectos para un periodo de tiempo de 50 años. En los cuales se tienen en cuenta, la inversión inicial, los egresos que son el mantenimiento y el gasto de energía anual y los ingresos es decir el ahorro de alcantarillado y acueducto. Todo esto es mostrado con mayor detenimiento en los anexos 7, 8, 9 y 10.

A continuación, se muestran los valores obtenidos para cada estudio, en la moneda oficial de cada país y en dólares estadounidenses (USD), esta conversión fue realizada según los valores registrados en "Monedas disponibles" Banco de la república (2017), para la fecha del 01 de agosto de 2017.

Para el caso de Portugal, la inversión inicial fue de 2905.28 euros (3431.14 USD), los egresos anuales al año presente de 84.97 euros (100.35 USD) y los ingresos de 139.51 euros (164.76 USD). Estos valores se encuentran mejor explicados en el anexo 7.

Para el caso de Colombia, la inversión inicial fue de 17,131,397.14 pesos colombianos (5762.26 USD), los egresos anuales al año presente de 446,536.58 pesos colombianos (150.20 USD) y los ingresos de 799,394.00 pesos colombianos (268.88 USD). Estos valores se encuentran mejor explicados en el anexo 8.

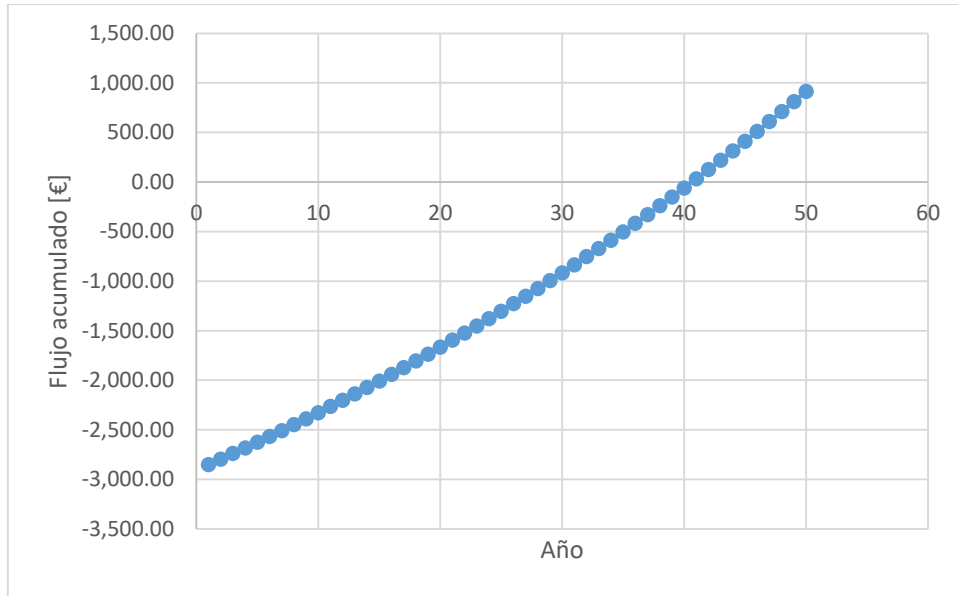


Figura 24 - Proyección financiera caso de estudio Portugal

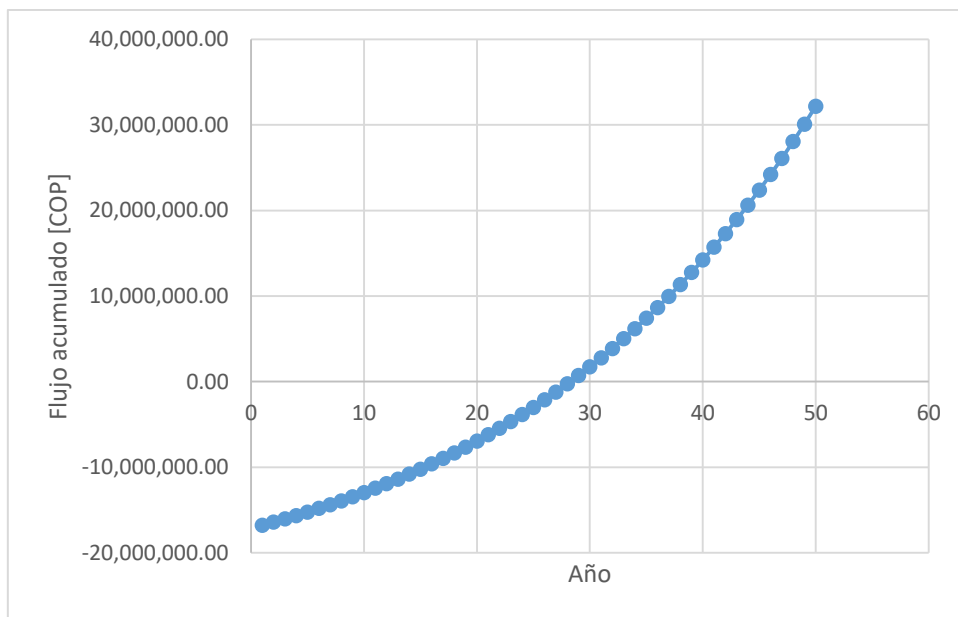


Figura 25 - Proyección financiera caso de estudio Colombia

En la siguiente tabla se muestran los indicadores financieros obtenidos según el caso de estudio.

Tabla 29 – Comparación de indicadores financieros

Proyectos	VPN	TIR	B/C
Proyecto en Portugal	-€ 1,268.70	1,014%	0.77
Proyecto en Colombia	\$758,476.98	3.684%	1.02

Para el proyecto de Portugal el punto de equilibrio se logra en el año 41 y para Colombia en el año 29.

Como consecuencia de la aplicación de los indicadores financieros a cada uno de los proyectos, los resultados obtenidos se observa que es rentable el proyecto de Colombia, pero el proyecto para Portugal no lo es por cuanto el valor presente neto es negativo, la tasa interna de retorno no supera la tasa de descuento y el Costo/beneficio no alcanzó a uno, mientras que el proyecto de Colombia el valor presente neto fue positivo, la tasa interna de retorno supera la tasa de colocación y el indicador costo/beneficio supera a uno.

A pesar de que las viviendas no son idénticas y que solo poseen características similares, se puede observar la influencia de varios factores según el país y el caso, para el resultado del análisis financiero, como por ejemplo el costo del agua y saneamiento, este costo es superior en Colombia que, en Portugal, lo que genera una recuperación del dinero más rápida y que es influenciada por el área de terreno regado que en el caso de estudio de Colombia es casi cuatro veces el de Portugal, siendo realizado en todo el año. Otro factor que es de relevancia es el área de captación y las precipitaciones de cada proyecto, la primera es superior en Colombia y la segunda muestra un comportamiento bimodal para este país y unimodal en el caso de Portugal. Por último, la realidad de cada país influye de gran manera para este estudio, partiendo por los valores de porcentaje de inflación y tasa de descuento, que como se muestran en el trabajo se encuentran bastante distantes de país a país, por otro lado, cada uno de ellos se encuentra familiarizado con este tipo de soluciones alternativas en diferente nivel facilitando o dificultando, la adquisición de los componentes y de cierta forma su precio.

Para concluir se realizó una comparación en cuanto a la inversión inicial de cada caso, según el salario mínimo vigente para el año 2017 según el país, teniendo en cuenta que el de Portugal, es de 557,0 euros ("PORDATA - Salario mínimo nacional - Portugal", 2017) y el de Colombia de \$737,717 según decreto 2209 del 30 de diciembre del 2016 de la presidencia de la república de Colombia (tabla 30).

Tabla 30 – Comparación de proyectos con relación al salario mínimo

País	Salario mínimo mensual vigente	Moneda	Cantidad de veces		
			Inversión inicial	Egresos	Ingresos
Portugal	557	Euros	5.22	0.15	0.25
Colombia	737,717	Pesos colombianos	23.22	0.61	1.08

La tabla 30 deja ver que la inversión inicial en Portugal es bastante inferior que la de Colombia, una alternativa para solucionar esta desigualdad sería, una búsqueda de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en el segundo nombrado que posea un valor de precio inferior al encontrado por medio de este estudio, especialmente en la componente de filtración pero que cumpliera con los requerimientos del caso de estudio.

Igualmente se logra ver que en primer caso los egresos inferiores, lo que, es contrarrestado con el bajo valor de los ingresos, esto será contrario para el segundo caso.

Los resultados obtenidos en cuanto al tiempo de retorno de la inversión son satisfactorios para el caso de Colombia y un poco demorado para el caso de Portugal pero a su vez razonable teniendo en cuenta los casos mostrados en la parte 2.7 y la literatura estudiada. Ya que el sistema se encuentra en pequeña escala pues solo es beneficiada una vivienda y el tiempo de retorno para viviendas unifamiliares pueden variar entre 20 y 30 años e incluso pueden superar los 60 años (Bertolo, 2006)(Notaro et al., 2016)(Sacadura, 2011)(Lara et al., 2007)(Rivera & Zaraza, 2015).

6. CONCLUSIONES

- El análisis financiero determinó que los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son viables financieramente para el caso de estudio de Colombia, con un tiempo de retorno del dinero de 29 años, a diferencia del resultado del caso de Portugal el cual no es viable, con un tiempo de retorno de 41 años. Lo anterior demuestra la variedad de factores que influyen los resultados de un análisis financiero los cuales son: Cantidad de consumo de agua, precipitación de la zona, indicadores financieros de cada país y costo de acueducto y alcantarillado.
- Independientemente del resultado positivo o negativo en cuanto a la inversión de este tipo de tecnologías, se debe tener en cuenta la importancia de las mismas ya que representan una forma alternativa de suministro de agua potable, ayudando al ecosistema generando un desarrollo sostenible y dejando de lado la idea de que el agua de lluvia es un desecho. Es por ello que una evaluación meramente financiera es insuficiente para valorar este tipo de proyectos.
- Los volúmenes obtenidos por el método simplificado alemán conducen a capacidades de reservorio razonables según los proyectos, mayormente eficientes y a su vez más económicos que el método de Rippl, el cual genera un sobre diseño. También cabe resaltar la utilidad del método de simulación, el cual permite obtener la eficiencia del sistema y asimismo el volumen de agua aprovechada, es decir que no se requiere tomar de la red pública
- Teniendo en cuenta que el reservorio es el componente de mayor costo para el sistema, se le debe dar importancia al dimensionamiento adecuado del mismo, ya que un estudio incorrecto puede originar una inversión superior, generando menor rentabilidad y menos accesibilidad para el usuario.
- El interés del estado y su contribución con el tema sería de gran utilidad para el desarrollo de proyectos de este tipo, ya que el mismo puede generar múltiples incentivos para la implementación y a su vez invertir en las investigaciones de nuevas tecnologías. Por otro lado, es esencial la documentación a las personas y mostrar la importancia de este tipo de proyectos, escogiendo el proyecto que se acomode mejor a las condiciones según sus características, capacidad financiera y expectativas del usuario.

RECOMENDACIONES

- Para estudios futuros se podría realizar una comparación entre la alternativa actual de diseño y la posibilidad de colación de un tanque elevado, determinando los cambios, beneficios y desventajas que esto podría genera.
- Seria de interés desenvolver estudios de reutilización de aguas grises, negras y pluviales, ya que los primeros no son dependientes de la variable precipitación, sino del consumo de habitación, siendo en la mayoría de los casos constante, lo cual podrían contribuir en la viabilidad del mismo y mostrar las posibles ventajas de combinar estos sistemas de aprovechamiento.
- La evaluación de este proyecto es únicamente financiera, pero sería más enriquecedor, para los países y el tema abordado, agregar un análisis económico, considerando los impactos ambientales, entorno de cada país a nivel de comportamiento social y cultural sobre el tema, entre otros.
- Se recomienda la divulgación del tema y la importancia del mismo, por medio de diferentes estrategias como campañas de sensibilización cultural, con el fin de que la población tome conciencia sobre el contenido, visto que el agua lluvia es un recurso gratuito, que al ser utilizado adecuadamente puede producir no solo, la reducción substancial en la factura del acueducto, sino la preservación de los recursos naturales.
- Para futuros estudios sería de gran importancia generar diferentes alternativas de sistema de aprovechamiento pluvial, cada uno con diferentes componentes y diversas escalas, favoreciendo el desenvolvimiento del tema con el fin de encontrar sistemas más eficientes según el caso y a su vez económico.

BIBLIOGRAFIAS Y REFERENCIAS

- 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. <https://doi.org/10.1080/10643389.2010.497438>
- Abu-Zreig, M., Hazaymeh, A., & Shatanawi, M. (2012). Evaluation of residential rainfall harvesting systems in Jordan. *Urban Water Journal*, 9006(September), 1–7. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2012.709255>
- Achadu, O.J; Ako, FE and Dalla, C. . (2013). Quality Assessment of Stored Harvested Rainwater in Wukari, North-Eastern Nigeria: Impact of Storage Media. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT) E-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399. Volume 7, Issue 5 (Nov. - Dec. 2013), PP 25-32, 7(5), 25–32.* <https://doi.org/10.9790/2402-0752532>
- aicep Portugal Global. (2016). *Portugal - Ficha País*.
- Almeida, F. (2008). *Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Antunes, T. (2012). *Simulação do Aproveitamento de Água da Chuva*. Universidade do Minho.
- Australian Rainwater Industry Development. (2008). *Rainwater Tank Design and Installation Handbook. National Water Initiative (NWI)*.
- Ballén, J., Galarza, M. y Ortiz, R. (2006). HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA José Alejandro Ballén Suárez 1 ,Miguel Ángel Galarza García 2 ,Rafael Orlando Ortiz Mosquera 3. VI SEREA - *Seminário Iberoamericano Sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de Junho de 2006*.
- Baptista, J., Almeida, M., Vieira, P., Moura, A., Marçal, R., Serafim, A., ... Cameira, M.

- (2001). Programa nacional para o uso eficiente da água. Retrieved from http://portaldagua.inag.pt/PT/InfoTecnica/PGA/PNPlaneamento/PNUEA/Documents/Relatório_PNUEA_uso_eficiente_agua.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Programa+Nacional+para+o+Uso+Eficiente+da+Água#0
- Bertolo, E. (2006). Aproveitamento da água da chuva em edificações, 204.
- Brooks, A., & Rich, H. (2016). Sustainable construction and socio-technical transitions in London's mega-projects. *Geographical Journal*, 182(4), 395–405. <https://doi.org/10.1111/geoj.12167>
- Dobrowksy, P. (2014). *Quality Assessment of Domestic Harvested Rainwater in the Peri-Urban Region of Kleinmond, Western Cape and the Optimisation of Point-of-Use Treatment Systems*. Retrieved from http://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/86278/dobrowsky_quality_2014.pdf?sequence=1#page=58
- Environment Agency. (2010). Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide. *Environment Agency Reports*, (October), 1–22. <https://doi.org/GEHO1110BTEN-E-E>
- ETA 0701. (2009). Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 - Versão 4, 1–24. Retrieved from <http://www.anqip.com/images/stories/comissoes/0701/ETA0701.pdf>
- Galvis, N. A. (2013). Viabilidad Técnica Y Económica.
- Ghisi, E. (2010). Parameters influencing the sizing of rainwater tanks for use in houses. *Water Resources Manage*, 24(10), 2381–2403. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9557-4>
- Gnadlinger, J. (2000). Colheita de água de chuva em áreas rurais. In *2 Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda*.
- GWP SAMTAC. (2000). *Agua para el siglo XXI para América del Sur de la visión a la acción*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- ICONTEC. (2004). NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería, 2, 96.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua. Estudio Nacional del Agua 2014*.

- Jaramillo, A., & Chaves, B. (2000). Distribución de la precipitación en Colombia analizada mediante conglomeración estadística. *Cenicafé*, 51(2), 102–113.
- Lara, J., Torres, A., Campos, M., Duarte, L., Echeverri, J., & Villegas, P. (2007). APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA PARA RIEGO Y LAVADO DE ZONAS DURAS Y FACHADAS EN EL CAMPUS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA (BOGOTÁ), (39), 307–333.
- Martínez, A. (2006). Método de los coeficientes de escorrentía. Retrieved from http://www.ugich.com/descargas/AECID_Curso1/CALCULO_DE_CAUDALES_DE_AVENIDA.pdf
- Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS- TÍTULO B. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO B 030714.pdf>
- Mosley, L. (2005). Water Quality of Rainwater. *SOPAC Miscellaneous Reports*, pp. 1–19.
- Neves, M. V., & Afonso, A. da S. (2010). Especificações técnicas para o aproveitamento da água das chuvas e das águas cinzentas nos edifícios. *5.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos E Ambiente*.
- Notaro, V., Liuzzo, L., & Freni, G. (2016). Reliability Analysis of Rainwater Harvesting Systems in Southern Italy. *Procedia Engineering*, 162, 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.077>
- OECD, & Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Revisión de políticas nacionales de educación. La educación en Colombia*. <https://doi.org/10.1787/19900198>
- Oficina Económica y Comercial de España en Bogotá. (2012). Guía país Colombia. *Actualizado a Mayo 2015*, 1–20.
- Palacio, 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. *Volumen 13 - No. 2, Agosto de 2010, Medellín ISSN 0124.177X. P P 2 5 -40*, (2), 25–40.
- Raimondi, A., & Becciu, G. (2014). Probabilistic modeling of rainwater tanks. *Procedia*

Engineering, 89(December 2014), 1493–1499.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.437>

Reyes, M. y Rubio, J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. Universidad Católica.

RGA. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas Residuais – Decreto Regulamentar n.º 23/95 (1995).

Rivera, M., & Zaraza, J. (2015). FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA LA UTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES, CASO DE ESTUDIO EN VIVIENDA DE ALTO CONSUMO DEL A.M DE BUCARAMANGA . COLOMBIA., 1–157.

Rodrigues, J. (2010). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais Dimensionamento e Aspectos Construtivos*.

Sacadura, F. (2011). *Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios*. Universidade Nova de Lisboa.

Saraiva, S. (2015). *Potencial económico do aproveitamento das águas pluviais para uso doméstico na região de Lisboa*. Universidade de Lisboa.

Silva, A. I. (2014). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações Unifamiliares: Funcionamento Hidráulico de um Sistema de Drenagem Sifónica*.

Silveira, A. (2016). Análise comparativa da qualidade da água da chuva precipitada e coletada em coberturas em dois locais no Brasil e em Portugal, 23–32.

Tomaz, P. (2010). *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis* (Vol. I).

UNESCO. (2016). *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016. Agua y empleo*.

Verdade, J. H. de O. (2008). *Aproveitamento de água das chuvas e reutilização de águas cinzentas*, 157.

ANEXOS

Anexo 1. Contaminantes comunes en sistemas de recolección de aguas lluvias.

Tabla 31 - Tipos de contaminantes comúnmente encontrados en los sistemas de recolección de agua de lluvia Adaptada de: (Mosley, 2005)

Contaminante	Fuente	Riesgo de entrar en el tanque de lluvia
Polvo y cenizas	Suciedad y vegetación próxima.	Moderado: Puede ser minimizado por el mantenimiento del techo, los canales y el dispositivo de descarga.
Bacteria patogénica.	Excrementos de pájaros y otros animales. Está relacionado con el polvo.	Moderada: Se puede reducir con el mantenimiento del tanque y del tejado.
Metales pesados.	En áreas industrializadas, el polvo y dependiendo del material del techo.	Bajo: Puede ocurrir en islas volcánicas.
Otros contaminantes inorgánicos.	Espray, descargas industriales en el aire.	Bajo: Puede aumentar con actividad industrial a gran escala y cercanía al mar.
Larvas de mosquitos	Mosquitos que colocan huevos en canales o en el tanque.	Moderada: Si la entrada del tanque es Hay brechas, los riesgos pueden ser minimizado.

Anexo 2. Estudios con promedios de parámetros fisicoquímicos de agua lluvia en diferentes países.

Tabla 32 – Estudios con parámetros fisicoquímicos de agua lluvia. Adaptado de: Rivera y Zaraza (2015), Silveira (2016).

País	Muestra	Ph mg/l	SST mg/l	Turb NTU	Fe µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	NO³ mg/l	CT CFU	E.coli 100 ml
Colombia	2	7.1	38	6	177	-	-	-	-	-
Colombia	2	7.6	-	6	24	0.2	-	-	-	-
Portugal	11	6.85	-	1.27	-	-	-	-	-	-
E.U, Texas	4	7.7	140	51	950	3.5	160	3.3	1500	-
Grecia	156	8.3	-	-	11	0.2	10	7.1	11	0
Corea del sur	90	7.3	-	-	-	27	160	2.2	70	10
Corea del Sur	40	7.1	219	-	155	11.0	131	1.9	76	8
Bermuda	112	7.8	112	-	8	0.2	9	1.6	-	-
Australia	15-70	6.7	6	1	44.8	3.8	179	1.2	100	0
							0			
Australia	165-354	6.1	-	-	68	5.4	770	1.6	-	-

Anexo 3. Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán.

Tabla 33 - Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán para el caso de estudio en Portugal.

Año	Precipitación media acumulada anual (mm)		Consumo total (m3)	Volumen anual de agua lluvia aprovechada (m3)		Volumen útil (m3)	
	Est. Amarante	Est. Lordelo		Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
1915	1265		171.5	158.82		9.53	10.29
1916	1517.2		171.5	190.48		10.29	10.29
1932	877		171.5	110.11		6.61	10.29
1933	953.4		171.5	119.70		7.18	10.29
1934	1157.2		171.5	145.29		8.72	10.29
1935	2065.9		171.5	259.37		10.29	10.29
1936	1279.6		171.5	160.65		9.64	10.29
1937	832.7		171.5	104.55		6.27	10.29
1938	1204.7		171.5	151.25		9.08	10.29
1939	1327.8		171.5	166.71		10.00	10.29
1940	1702.7		171.5	213.77		10.29	10.29
1941	847.8		171.5	106.44		6.39	10.29
1942	847.1		171.5	106.35		6.38	10.29
1943	788.3		171.5	98.97		5.94	10.29
1944	638.4		171.5	80.15		4.81	10.29
1945	1195.5		171.5	150.10		9.01	10.29
1946	1457.2		171.5	182.95		10.29	10.29
1947	1081.5		171.5	135.78		8.15	10.29
1948	613.5		171.5	77.02		4.62	10.29
1949	885.2		171.5	111.14		6.67	10.29
1950	1263		171.5	158.57		9.51	10.29
1951	1034.8		171.5	129.92		7.80	10.29
1952	710.6		171.5	89.22		5.35	10.29
1953	811.6		171.5	101.90		6.11	10.29
1954	1256.8		171.5	157.79		9.47	10.29
1955	1470.9		171.5	184.67		10.29	10.29
1956	772.5		171.5	96.99		5.82	10.29
1957	1041.7		171.5	130.79		7.85	10.29
1958	1225.6		171.5	153.87		9.23	10.29
1959	1826.9		171.5	229.37		10.29	10.29
1960	1643.1		171.5	206.29		10.29	10.29
1961	1388.2		171.5	174.29		10.29	10.29

Año	Precipitación media acumulada anual (mm)		Consumo total (m3)	Volumen anual de agua lluvia aprovechada (m3)		Volumen útil (m3)	
	Est. Amarante	Est. Lordelo		Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
1962	1317.7		171.5	165.44		9.93	10.29
1963	1547.3		171.5	194.26		10.29	10.29
1964	960.1		171.5	120.54		7.23	10.29
1965	2079.3		171.5	261.06		10.29	10.29
1966	1060.2		171.5	133.11		7.99	10.29
1967	1079.3		171.5	135.51		8.13	10.29
1968	1837.9		171.5	230.75		10.29	10.29
1969	1146.7		171.5	143.97		8.64	10.29
1970	1205.8		171.5	151.39		9.08	10.29
1971	1045		171.5	131.20		7.87	10.29
1972	1083		171.5	135.97		8.16	10.29
1973	1353.4		171.5	169.92		10.20	10.29
1974	942.2		171.5	118.29		7.10	10.29
1975	735.7		171.5	92.37		5.54	10.29
1976	1834.8		171.5	230.36		10.29	10.29
1977	1553.7		171.5	195.07		10.29	10.29
1978	1856.3		171.5	233.06		10.29	10.29
1979	1081		171.5	135.72		8.14	10.29
1980	937	884.3	171.5	117.64	111.02	7.06	6.66
1981	1157.7	1291.5	171.5	145.35	162.15	8.72	9.73
1982	1288.9	1406.6	171.5	161.82	176.60	9.71	10.29
1983	1253.7	1346.1	171.5	157.40	169.00	9.44	10.14
1984	1525	1580.4	171.5	191.46	198.42	10.29	10.29
1985	1268.3	1351.5	171.5	159.24	169.68	9.55	10.18
1986	860.3	1122.7	171.5	108.01	140.95	6.48	8.46
1987	1392.6	1566.8	171.5	174.84	196.71	10.29	10.29
1988	681.5	859	171.5	85.56	107.85	5.13	6.47
1989	963.7	1243.8	171.5	120.99	156.16	7.26	9.37
1990	1093.2	1221.3	171.5	137.25	153.33	8.24	9.20
1991	870.4	894.5	171.5	109.28	112.30	6.56	6.74
1992	1111.8	1100.2	171.5	139.59	138.13	8.38	8.29
1993	1426.2	1442.8	171.5	179.06	181.14	10.29	10.29
1994	1056.1	1178.2	171.5	132.59	147.92	7.96	8.88
1995	1650.5	1594.5	171.5	207.22	200.19	10.29	10.29
1996	1070.4	896.4	171.5	134.39	112.54	8.06	6.75
1997	1640.8	1286.5	171.5	206.00	161.52	10.29	9.69
1998		1071.3	171.5		134.50	10.29	8.07
1999	1152.3	740.1	171.5	144.67	92.92	8.68	5.58

Año	Precipitación media acumulada anual (mm)		Consumo total (m3)	Volumen anual de agua lluvia aprovechada (m3)		Volumen útil (m3)	
	Est. Amarante	Est. Lordelo		Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
2000	2339.2	522.7	171.5	293.69	65.62	10.29	3.94
2001	823	190.6	171.5	103.33	23.93	6.20	1.44
2004		474.4	171.5		59.56	10.29	3.57
2005		793.6	171.5		99.64	10.29	5.98
2007	858.9		171.5	107.83		6.47	10.29
2014	552.2		171.5	69.33		4.16	10.29

Tabla 34 - Análisis de eficiencia del sistema y grado de aprovechamiento para el caso de estudio en Portugal.

Año	Volumen útil (m3)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
1915	9.53	10.29	0.06	0.06	0.06	
1916	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	
1932	6.61	10.29	0.04	0.06	0.06	
1933	7.18	10.29	0.04	0.06	0.06	
1934	8.72	10.29	0.05	0.06	0.06	
1935	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1936	9.64	10.29	0.06	0.06	0.06	
1937	6.27	10.29	0.04	0.06	0.06	
1938	9.08	10.29	0.05	0.06	0.06	
1939	10.00	10.29	0.06	0.06	0.06	
1940	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	
1941	6.39	10.29	0.04	0.06	0.06	
1942	6.38	10.29	0.04	0.06	0.06	
1943	5.94	10.29	0.03	0.06	0.06	
1944	4.81	10.29	0.03	0.06	0.06	
1945	9.01	10.29	0.05	0.06	0.06	
1946	10.29	10.29	0.06	0.06	0.06	
1947	8.15	10.29	0.05	0.06	0.06	
1948	4.62	10.29	0.03	0.06	0.06	
1949	6.67	10.29	0.04	0.06	0.06	
1950	9.51	10.29	0.06	0.06	0.06	
1951	7.80	10.29	0.05	0.06	0.06	
1952	5.35	10.29	0.03	0.06	0.06	
1953	6.11	10.29	0.04	0.06	0.06	
1954	9.47	10.29	0.06	0.06	0.06	

Año	Volumen útil (m3)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
1955	10.29	10.29	0.06	0.06	0.06	
1956	5.82	10.29	0.03	0.06	0.06	
1957	7.85	10.29	0.05	0.06	0.06	
1958	9.23	10.29	0.05	0.06	0.06	
1959	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1960	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	
1961	10.29	10.29	0.06	0.06	0.06	
1962	9.93	10.29	0.06	0.06	0.06	
1963	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	
1964	7.23	10.29	0.04	0.06	0.06	
1965	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1966	7.99	10.29	0.05	0.06	0.06	
1967	8.13	10.29	0.05	0.06	0.06	
1968	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1969	8.64	10.29	0.05	0.06	0.06	
1970	9.08	10.29	0.05	0.06	0.06	
1971	7.87	10.29	0.05	0.06	0.06	
1972	8.16	10.29	0.05	0.06	0.06	
1973	10.20	10.29	0.06	0.06	0.06	
1974	7.10	10.29	0.04	0.06	0.06	
1975	5.54	10.29	0.03	0.06	0.06	
1976	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1977	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	
1978	10.29	10.29	0.06	0.06	0.04	
1979	8.14	10.29	0.05	0.06	0.06	
1980	7.06	6.66	0.04	0.04	0.06	0.06
1981	8.72	9.73	0.05	0.06	0.06	0.06
1982	9.71	10.29	0.06	0.06	0.06	0.06
1983	9.44	10.14	0.06	0.06	0.06	0.06
1984	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	0.05
1985	9.55	10.18	0.06	0.06	0.06	0.06
1986	6.48	8.46	0.04	0.05	0.06	0.06
1987	10.29	10.29	0.06	0.06	0.06	0.05
1988	5.13	6.47	0.03	0.04	0.06	0.06
1989	7.26	9.37	0.04	0.05	0.06	0.06
1990	8.24	9.20	0.05	0.05	0.06	0.06
1991	6.56	6.74	0.04	0.04	0.06	0.06
1992	8.38	8.29	0.05	0.05	0.06	0.06
1993	10.29	10.29	0.06	0.06	0.06	0.06

Año	Volumen útil (m3)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo	Est. Amarante	Est. Lordelo
1994	7.96	8.88	0.05	0.05	0.06	0.06
1995	10.29	10.29	0.06	0.06	0.05	0.05
1996	8.06	6.75	0.05	0.04	0.06	0.06
1997	10.29	9.69	0.06	0.06	0.05	0.06
1998	10.29	8.07	0.06	0.05		0.06
1999	8.68	5.58	0.05	0.03	0.06	0.06
2000	10.29	3.94	0.06	0.02	0.04	0.06
2001	6.20	1.44	0.04	0.01	0.06	0.06
2004	10.29	3.57	0.06	0.02		0.06
2005	10.29	5.98	0.06	0.03		0.06
2007	6.47	10.29	0.04	0.06	0.06	
2014	4.16	10.29	0.02	0.06	0.06	

Tabla 35 – Análisis de capacidad del reservatorio por el método simplificado alemán para el caso de estudio en Colombia.

Año	Precipitación media acumulada anual (mm)		Consumo total (m3)	Volumen anual de agua lluvia aprovechada (m3)		Volumen útil (m3)	
	Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
1967		752	279.142			1.00	1.00
1968		1531	279.142		208.33	1.00	12.50
1969		1135	279.142		154.45	1.00	9.26
1970		1572	279.142		213.91	1.00	12.83
1971		1153	279.142		156.90	1.00	9.41
1972		1207.8	279.142		164.35	1.00	9.86
1973		475.4	279.142		64.69	1.00	3.88
1982	289.6		279.142			1.00	
1983	1231		279.142	167.51		10.05	
1984	1183.3		279.142	161.02		9.66	
1985	1268.7		279.142	172.64		10.35	
1986	1066		279.142	145.06		8.70	
1987	897.2		279.142	122.09		7.32	
1988	1489.6		279.142	202.70		12.16	
1989	1138.9		279.142	154.98		9.29	
1990	1073		279.142	146.01		8.76	
1991	1065.5		279.142	144.99		8.69	

Año	Precipitación media acumulada anual (mm)		Consumo total (m3)	Volumen anual de agua lluvia aprovechada (m3)		Volumen útil (m3)	
	Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
1992	879.3		279.142	119.65		7.17	
1993	1011.8		279.142	137.68		8.26	
1994	1201.4		279.142	163.48		9.80	
1995	575.1		279.142	78.25		4.69	
1996	1357.9		279.142	184.78		11.08	
1997	428.3		279.142			1.00	
1999	1352.9		279.142	184.10		11.04	
2000	1307.9		279.142	177.97		10.67	
2001	802.7		279.142	109.23		6.55	
2002	882.8		279.142	120.13		7.20	
2003	692.8		279.142			1.00	
2004	632.2		279.142			1.00	
2007	1053.8		279.142	143.40		8.60	
2008	1492.3		279.142	203.07		12.18	
2009	1080.2		279.142	146.99		8.819	
2010	1059.4		279.142	144.16		8.65	
2011	1365.4		279.142	185.80		11.15	
2012	1006.8		279.142	137.00		8.22	
2013	369.96		279.142	50.34		3.02	
2014	434.4		279.142	59.11		3.54	
2015	684.6		279.142	93.16		5.58	
2016	51.8		279.142			1.00	

Tabla 36 – Análisis de eficiencia del sistema y grado de aprovechamiento para el caso de estudio en Colombia.

Año	Volumen útil (m3)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
1967	1.00	1.00	0.00	0.00		
1968	1.00	12.50	0.00	0.04		0.06
1969	1.00	9.27	0.00	0.03		0.06
1970	1.00	12.84	0.00	0.05		0.06
1971	1.00	9.41	0.00	0.03		0.06
1972	1.00	9.86	0.00	0.04		0.06
1973	1.00	3.88	0.00	0.01		0.06
1982	1.00		0.00			

Año	Volumen útil (m3)		Eficiencia del sistema		Grado de aprovechamiento	
	Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
1983	10.05		0.04		0.06	
1984	9.66		0.03		0.06	
1985	10.36		0.04		0.06	
1986	8.70		0.03		0.06	
1987	7.33		0.03		0.06	
1988	12.16		0.04		0.06	
1989	9.30		0.03		0.06	
1990	8.76		0.03		0.06	
1991	8.70		0.03		0.06	
1992	7.18		0.03		0.06	
1993	8.26		0.03		0.06	
1994	9.81		0.04		0.06	
1995	4.70		0.02		0.06	
1996	11.09		0.04		0.06	
1997	1.00		0.00			
1999	11.05		0.04		0.06	
2000	10.68		0.04		0.06	
2001	6.55		0.02		0.06	
2002	7.21		0.03		0.06	
2003	1.00		0.00			
2004	1.00		0.00			
2007	8.60		0.03		0.06	
2008	12.18		0.04		0.06	
2009	8.82		0.03		0.06	
2010	8.65		0.03		0.06	
2011	11.15		0.04		0.06	
2012	8.22		0.03		0.06	
2013	3.02		0.01		0.06	
2014	3.55		0.01		0.06	
2015	5.59		0.02		0.06	
2016	1.00		0.00			

Anexo 4. Análisis de capacidad del reservatorio por el método Rippl.

Tabla 37 - Análisis de la capacidad del reservatorio por el método Rippl, con datos mensuales para el caso de estudio en Portugal.

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
7	1915	1		26.33	0.13		-26.20	
8	1915	0.2		26.33	0.03		-52.51	
9	1915	13.8		25.48	1.73		-76.26	
10	1915	43.8		6.08	5.50		-76.83	
11	1915	117.2		5.88	14.71		0.00	
12	1915	353.8		6.08	44.42		0.00	
1	1916	59		6.08	7.41		0.00	
2	1916	170		5.49	21.34		0.00	
3	1916	267.2		6.08	33.55		0.00	
4	1916	49		5.88	6.15		0.00	
5	1916	108.8		26.33	13.66		-12.67	
6	1916	24.2		25.48	3.04		-35.11	
7	1916	23.2		26.33	2.91		-58.53	
8	1916	1.4		26.33	0.18		-84.68	
9	1916	47.4		25.48	5.95		-104.21	
10	1916	56.6		6.08	7.11		0.00	
11	1916	378.7		5.88	47.55		0.00	
12	1916	407		6.08	51.10		0.00	
1	1917	103		6.08	12.93		0.00	
2	1917	103.4		5.49	12.98		0.00	
3	1917	200		6.08	25.11		0.00	
4	1917	63.6		5.88	7.98		0.00	
5	1917	111.6		26.33	14.01		-12.32	
6	1917	50.6		25.48	6.35		-31.45	
7	1917	2.2		26.33	0.28		-57.50	
8	1917	30.3		26.33	3.80		-80.02	
9	1917	10.2		25.48	1.28		-104.22	
10	1917	7.2		6.08	0.90		-109.39	
11	1917	2.4		5.88	0.30		-114.97	
12	1917	11.3		6.08	1.42		-119.63	
6	1918	42.2		25.48	5.30		-139.81	
7	1918	6		26.33	0.75		-165.39	
8	1918	2		26.33	0.25		-191.47	
4	1932	46.8		5.88	5.88		-191.47	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
5	1932	69.6		26.33	8.74		-209.06	
6	1932	54.2		25.48	6.80		-227.74	
7	1932	18.4		26.33	2.31		-251.76	
8	1932	7.2		26.33	0.90		-277.18	
9	1932	104.5		25.48	13.12		-289.54	
10	1932	92.4		6.08	11.60		0.00	
11	1932	76.6		5.88	9.62		0.00	
12	1932	218		6.08	27.37		0.00	
1	1933	145.8		6.08	18.31		0.00	
2	1933	6.4		5.49	0.80		-4.68	
3	1933	162.4		6.08	20.39		0.00	
4	1933	45.7		5.88	5.74		-0.14	
5	1933	44.6		26.33	5.60		-20.87	
6	1933	25.3		25.48	3.18		-43.18	
7	1933	10.6		26.33	1.33		-68.17	
8	1933	2.4		26.33	0.30		-94.20	
9	1933	46.8		25.48	5.88		-113.81	
10	1933	112.1		6.08	14.07		0.00	
11	1933	89.4		5.88	11.22		0.00	
12	1933	158.8		6.08	19.94		0.00	
1	1934	84.2		6.08	10.57		0.00	
2	1934	7.6		5.49	0.95		-4.53	
3	1934	235.4		6.08	29.55		0.00	
4	1934	177.8		5.88	22.32		0.00	
5	1934	23.6		26.33	2.96		-23.37	
6	1934	3.3		25.48	0.41		-48.43	
7	1934	17.4		26.33	2.18		-72.58	
8	1934	17.4		26.33	2.18		-96.72	
9	1934	26.4		25.48	3.31		-118.89	
10	1934	13.8		6.08	1.73		-123.23	
11	1934	108.2		5.88	13.58		0.00	
12	1934	510		6.08	64.03		0.00	
1	1935	1.8		6.08	0.23		-5.85	
2	1935	162		5.49	20.34		0.00	
3	1935	96.2		6.08	12.08		0.00	
4	1935	83.6		5.88	10.50		0.00	
5	1935	79.6		26.33	9.99		-16.34	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
6	1935	74.4		25.48	9.34		-32.47	
7	1935	0		26.33	0.00		-58.80	
8	1935	14		26.33	1.76		-83.38	
9	1935	13.6		25.48	1.71		-107.15	
10	1935	19		6.08	2.39		-110.84	
11	1935	304.2		5.88	38.19		0.00	
12	1935	370.2		6.08	46.48		0.00	
1	1936	479.2		6.08	60.16		0.00	
2	1936	317.8		5.49	39.90		0.00	
3	1936	270.2		6.08	33.92		0.00	
4	1936	157.8		5.88	19.81		0.00	
5	1936	50.2		26.33	6.30		-20.03	
6	1936	37.5		25.48	4.71		-40.80	
7	1936	27.4		26.33	3.44		-63.69	
8	1936	7		26.33	0.88		-89.14	
9	1936	25.4		25.48	3.19		-111.43	
10	1936	45.6		6.08	5.73		-111.78	
11	1936	96.6		5.88	12.13		0.00	
12	1936	78.6		6.08	9.87		0.00	
1	1937	304		6.08	38.17		0.00	
2	1937	205		5.49	25.74		0.00	
3	1937	303		6.08	38.04		0.00	
4	1937	118.8		5.88	14.92		0.00	
5	1937	58		26.33	7.28		-19.05	
6	1937	19.2		25.48	2.41		-42.12	
7	1937	1.8		26.33	0.23		-68.22	
8	1937	0		26.33	0.00		-94.55	
9	1937	49		25.48	6.15		-113.88	
10	1937	121		6.08	15.19		0.00	
11	1937	199.6		5.88	25.06		0.00	
12	1937	242.4		6.08	30.43		0.00	
1	1938	81.6		6.08	10.24		0.00	
2	1938	22		5.49	2.76		-2.73	
3	1938	28.8		6.08	3.62		-5.19	
4	1938	18.2		5.88	2.29		-8.78	
5	1938	85.4		26.33	10.72		-24.39	
6	1938	4.8		25.48	0.60		-49.27	
7	1938	3.2		26.33	0.40		-75.19	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
8	1938	0.5		26.33	0.06		-101.46	
9	1938	25.2		25.48	3.16		-123.78	
10	1938	37.8		6.08	4.75		-125.11	
11	1938	128.4		5.88	16.12		0.00	
12	1938	153.9		6.08	19.32		0.00	
1	1939	368.2		6.08	46.23		0.00	
2	1939	59.9		5.49	7.52		0.00	
3	1939	51.2		6.08	6.43		0.00	
4	1939	121.1		5.88	15.20		0.00	
5	1939	47.2		26.33	5.93		-20.40	
6	1939	97.7		25.48	12.27		-33.62	
7	1939	33.9		26.33	4.26		-55.69	
8	1939	13.2		26.33	1.66		-80.36	
9	1939	92.2		25.48	11.58		-94.27	
10	1939	128.6		6.08	16.15		0.00	
11	1939	80.6		5.88	10.12		0.00	
12	1939	89.1		6.08	11.19		0.00	
1	1940	308		6.08	38.67		0.00	
2	1940	309.3		5.49	38.83		0.00	
3	1940	146.7		6.08	18.42		0.00	
4	1940	122.8		5.88	15.42		0.00	
5	1940	82.2		26.33	10.32		-16.01	
6	1940	51.6		25.48	6.48		-35.01	
7	1940	5.8		26.33	0.73		-60.61	
8	1940	0		26.33	0.00		-86.94	
9	1940	3.1		25.48	0.39		-112.03	
10	1940	168.2		6.08	21.12		0.00	
11	1940	202.4		5.88	25.41		0.00	
12	1940	63.8		6.08	8.01		0.00	
1	1941	321.4		6.08	40.35		0.00	
2	1941	289		5.49	36.28		0.00	
3	1941	186.5		6.08	23.42		0.00	
4	1941	181.6		5.88	22.80		0.00	
5	1941	125.4		26.33	15.74		-10.59	
6	1941	71.8		25.48	9.01		-27.05	
7	1941	63.4		26.33	7.96		-45.42	
8	1941	7.8		26.33	0.98		-70.77	
9	1941	21.4		25.48	2.69		-93.56	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
10	1941	4.2		6.08	0.53		-99.11	
11	1941	179.2		5.88	22.50		0.00	
12	1941	6.5		6.08	0.82		-5.26	
1	1942	72.8		6.08	9.14		0.00	
2	1942	23		5.49	2.89		-2.60	
3	1942	155.5		6.08	19.52		0.00	
4	1942	168.3		5.88	21.13		0.00	
5	1942	106.7		26.33	13.40		-12.93	
6	1942	51.4		25.48	6.45		-31.96	
7	1942	0		26.33	0.00		-58.29	
8	1942	12.8		26.33	1.61		-83.01	
9	1942	67.4		25.48	8.46		-100.03	
10	1942	88.4		6.08	11.10		0.00	
11	1942	26.4		5.88	3.31		-2.57	
12	1942	187.5		6.08	23.54		0.00	
1	1943	230.5		6.08	28.94		0.00	
2	1943	38.8		5.49	4.87		-0.62	
3	1943	38.5		6.08	4.83		-1.86	
4	1943	59.6		5.88	7.48		0.00	
5	1943	13.2		26.33	1.66		-24.67	
6	1943	2.6		25.48	0.33		-49.83	
7	1943	90.4		26.33	11.35		-64.81	
8	1943	9.6		26.33	1.21		-89.93	
9	1943	61.6		25.48	7.73		-107.68	
10	1943	237.8		6.08	29.86		0.00	
11	1943	47.9		5.88	6.01		0.00	
12	1943	134.6		6.08	16.90		0.00	
1	1944	20.8		6.08	2.61		-3.46	
2	1944	38.9		5.49	4.88		-4.07	
3	1944	37.7		6.08	4.73		-5.41	
4	1944	110		5.88	13.81		0.00	
5	1944	11.6		26.33	1.46		-24.87	
6	1944	33.2		25.48	4.17		-46.18	
7	1944	52.2		26.33	6.55		-65.96	
8	1944	42.2		26.33	5.30		-86.99	
9	1944	21.4		25.48	2.69		-109.78	
10	1944	49.8		6.08	6.25		0.00	
11	1944	73.8		5.88	9.27		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
12	1944	148.5		6.08	18.64		0.00	
1	1945	119		6.08	14.94		0.00	
2	1945	25.4		5.49	3.19		-2.30	
3	1945	21.2		6.08	2.66		-5.71	
4	1945	42.6		5.88	5.35		-6.24	
5	1945	88.1		26.33	11.06		-21.51	
6	1945	15.5		25.48	1.95		-45.05	
7	1945	7.7		26.33	0.97		-70.41	
8	1945	32		26.33	4.02		-92.72	
9	1945	14.8		25.48	1.86		-116.34	
10	1945	118.7		6.08	14.90		0.00	
11	1945	91.2		5.88	11.45		0.00	
12	1945	264.6		6.08	33.22		0.00	
1	1946	45.4		6.08	5.70		-0.38	
2	1946	48.4		5.49	6.08		0.00	
3	1946	179.6		6.08	22.55		0.00	
4	1946	149		5.88	18.71		0.00	
5	1946	157.2		26.33	19.74		-6.59	
6	1946	51.6		25.48	6.48		-25.59	
7	1946	0.4		26.33	0.05		-51.87	
8	1946	31.4		26.33	3.94		-74.26	
9	1946	58		25.48	7.28		-92.46	
10	1946	103.4		6.08	12.98		0.00	
11	1946	116.6		5.88	14.64		0.00	
12	1946	129.2		6.08	16.22		0.00	
1	1947	121.8		6.08	15.29		0.00	
2	1947	419.6		5.49	52.68		0.00	
3	1947	360.2		6.08	45.22		0.00	
4	1947	82.2		5.88	10.32		0.00	
5	1947	69.2		26.33	8.69		-17.64	
6	1947	23.6		25.48	2.96		-40.16	
7	1947	0		26.33	0.00		-66.49	
8	1947	4.8		26.33	0.60		-92.21	
9	1947	26.6		25.48	3.34		-114.35	
10	1947	100.8		6.08	12.66		0.00	
11	1947	70.8		5.88	8.89		0.00	
12	1947	157.2		6.08	19.74		0.00	
1	1948	412.9		6.08	51.84		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
2	1948	34		5.49	4.27		-1.22	
3	1948	66.4		6.08	8.34		0.00	
4	1948	69.4		5.88	8.71		0.00	
5	1948	90.4		26.33	11.35		-14.98	
6	1948	45.2		25.48	5.67		-34.78	
7	1948	0		26.33	0.00		-61.11	
8	1948	31		26.33	3.89		-83.55	
9	1948	3.4		25.48	0.43		-108.60	
10	1948	68		6.08	8.54		0.00	
11	1948	32.6		5.88	4.09		-1.79	
12	1948	216.8		6.08	27.22		0.00	
1	1949	64.6		6.08	8.11		0.00	
2	1949	19.6		5.49	2.46		-3.03	
3	1949	23.2		6.08	2.91		-6.19	
4	1949	39.9		5.88	5.01		-7.06	
5	1949	16.4		26.33	2.06		-31.33	
6	1949	7.6		25.48	0.95		-55.86	
7	1949	11		26.33	1.38		-80.81	
8	1949	0.8		26.33	0.10		-107.03	
9	1949	113		25.48	14.19		-118.33	
10	1949	55.2		6.08	6.93		0.00	
11	1949	148.4		5.88	18.63		0.00	
12	1949	68		6.08	8.54		0.00	
1	1950	23.8		6.08	2.99		-3.09	
2	1950	185.4		5.49	23.28		0.00	
3	1950	91.8		6.08	11.53		0.00	
4	1950	17.4		5.88	2.18		-3.70	
5	1950	150.8		26.33	18.93		-11.09	
6	1950	65.8		25.48	8.26		-28.31	
7	1950	35		26.33	4.39		-50.25	
8	1950	9.6		26.33	1.21		-75.37	
9	1950	34		25.48	4.27		-96.58	
10	1950	39.8		6.08	5.00		-97.66	
11	1950	168.6		5.88	21.17		0.00	
12	1950	125		6.08	15.69		0.00	
1	1951	183.8		6.08	23.08		0.00	
2	1951	270		5.49	33.90		0.00	
3	1951	190.4		6.08	23.90		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
4	1951	42.8		5.88	5.37		-0.51	
5	1951	141		26.33	17.70		-9.13	
6	1951	53.2		25.48	6.68		-27.93	
7	1951	3.8		26.33	0.48		-53.79	
8	1951	13.6		26.33	1.71		-78.41	
9	1951	31		25.48	3.89		-100.00	
10	1951	78.4		6.08	9.84		0.00	
11	1951	271.8		5.88	34.12		0.00	
12	1951	78.4		6.08	9.84		0.00	
1	1952	62.2		6.08	7.81		0.00	
2	1952	20		5.49	2.51		-2.98	
3	1952	177.8		6.08	22.32		0.00	
4	1952	85.2		5.88	10.70		0.00	
5	1952	146.2		26.33	18.36		-7.97	
6	1952	55.4		25.48	6.96		-26.50	
7	1952	2.1		26.33	0.26		-52.56	
8	1952	20.2		26.33	2.54		-76.36	
9	1952	37.1		25.48	4.66		-97.18	
10	1952	79.2		6.08	9.94		0.00	
11	1952	161.2		5.88	20.24		0.00	
12	1952	180.7		6.08	22.69		0.00	
1	1953	15.5		6.08	1.95		-4.13	
2	1953	27.6		5.49	3.47		-6.15	
3	1953	16.4		6.08	2.06		-10.17	
4	1953	95.6		5.88	12.00		0.00	
5	1953	49.8		26.33	6.25		-20.08	
6	1953	9.3		25.48	1.17		-44.39	
7	1953	2.7		26.33	0.34		-70.38	
8	1953	13.4		26.33	1.68		-95.03	
9	1953	59.2		25.48	7.43		-113.07	
10	1953	105		6.08	13.18		0.00	
11	1953	104.6		5.88	13.13		0.00	
12	1953	31.5		6.08	3.95		-2.12	
1	1954	68.7		6.08	8.63		0.00	
2	1954	95		5.49	11.93		0.00	
3	1954	226.9		6.08	28.49		0.00	
4	1954	46.3		5.88	5.81		-0.07	
5	1954	42.6		26.33	5.35		-21.05	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
6	1954	43.5		25.48	5.46		-41.07	
7	1954	0		26.33	0.00		-67.40	
8	1954	43.2		26.33	5.42		-88.30	
9	1954	4.3		25.48	0.54		-113.24	
10	1954	61.1		6.08	7.67		0.00	
11	1954	161.8		5.88	20.31		0.00	
12	1954	112.1		6.08	14.07		0.00	
1	1955	424.7		6.08	53.32		0.00	
2	1955	217.6		5.49	27.32		0.00	
3	1955	76.6		6.08	9.62		0.00	
4	1955	41.7		5.88	5.24		-0.64	
5	1955	41.1		26.33	5.16		-21.81	
6	1955	82.5		25.48	10.36		-36.94	
7	1955	0		26.33	0.00		-63.27	
8	1955	0.4		26.33	0.05		-89.54	
9	1955	37.2		25.48	4.67		-110.35	
10	1955	28.3		6.08	3.55		-112.88	
11	1955	308.6		5.88	38.74		0.00	
12	1955	229.8		6.08	28.85		0.00	
1	1956	160.5		6.08	20.15		0.00	
2	1956	40.8		5.49	5.12		-0.37	
3	1956	267		6.08	33.52		0.00	
4	1956	81.5		5.88	10.23		0.00	
5	1956	133.8		26.33	16.80		-9.53	
6	1956	25.7		25.48	3.23		-31.78	
7	1956	39.6		26.33	4.97		-53.14	
8	1956	56.8		26.33	7.13		-72.34	
9	1956	98.5		25.48	12.37		-85.45	
10	1956	48.8		6.08	6.13		0.00	
11	1956	37.2		5.88	4.67		-1.21	
12	1956	129.7		6.08	16.28		0.00	
1	1957	39.6		6.08	4.97		-1.10	
2	1957	196.5		5.49	24.67		0.00	
3	1957	119.8		6.08	15.04		0.00	
4	1957	29.9		5.88	3.75		-2.13	
5	1957	89.8		26.33	11.27		-17.18	
6	1957	44.2		25.48	5.55		-37.11	
7	1957	4.6		26.33	0.58		-62.86	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferenci a acumulad a	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
8	1957	12.4		26.33	1.56		-87.64	
9	1957	20		25.48	2.51		-110.61	
10	1957	29.1		6.08	3.65		-113.03	
11	1957	73.7		5.88	9.25		0.00	
12	1957	123.6		6.08	15.52		0.00	
1	1958	124.3		6.08	15.61		0.00	
2	1958	115.1		5.49	14.45		0.00	
3	1958	223		6.08	28.00		0.00	
4	1958	72.9		5.88	9.15		0.00	
5	1958	73		26.33	9.17		-17.16	
6	1958	111.6		25.48	14.01		-28.63	
7	1958	15.2		26.33	1.91		-53.05	
8	1958	34.5		26.33	4.33		-75.05	
9	1958	45.7		25.48	5.74		-94.79	
10	1958	82.6		6.08	10.37		0.00	
11	1958	18.7		5.88	2.35		-3.53	
12	1958	316.2		6.08	39.70		0.00	
1	1959	148.7		6.08	18.67		0.00	
2	1959	34		5.49	4.27		-1.22	
3	1959	192.7		6.08	24.19		0.00	
4	1959	158.8		5.88	19.94		0.00	
5	1959	87.3		26.33	10.96		-15.37	
6	1959	37.1		25.48	4.66		-36.19	
7	1959	3.2		26.33	0.40		-62.12	
8	1959	37.2		26.33	4.67		-83.78	
9	1959	109.1		25.48	13.70		-95.56	
10	1959	117.4		6.08	14.74		0.00	
11	1959	199.4		5.88	25.03		0.00	
12	1959	404.5		6.08	50.78		0.00	
1	1960	135.3		6.08	16.99		0.00	
2	1960	324.9		5.49	40.79		0.00	
3	1960	255.2		6.08	32.04		0.00	
4	1960	65.3		5.88	8.20		0.00	
5	1960	94		26.33	11.80		-14.53	
6	1960	16		25.48	2.01		-38.00	
7	1960	31.5		26.33	3.95		-60.37	
8	1960	57.7		26.33	7.24		-79.46	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
9	1960	125.7		25.48	15.78		-89.16	
10	1960	423		6.08	53.11		0.00	
11	1960	375		5.88	47.08		0.00	
12	1960	210.3		6.08	26.40		0.00	
1	1961	146.7		6.08	18.42		0.00	
2	1961	42.4		5.49	5.32		-0.16	
3	1961	12.4		6.08	1.56		-4.68	
4	1961	191.7		5.88	24.07		0.00	
5	1961	102		26.33	12.81		-13.52	
6	1961	50.7		25.48	6.37		-32.64	
7	1961	38.1		26.33	4.78		-54.18	
8	1961	2.5		26.33	0.31		-80.20	
9	1961	48.3		25.48	6.06		-99.62	
10	1961	154.4		6.08	19.38		0.00	
11	1961	152.2		5.88	19.11		0.00	
12	1961	390.6		6.08	49.04		0.00	
1	1962	149.5		6.08	18.77		0.00	
2	1962	36.7		5.49	4.61		-0.88	
3	1962	266.4		6.08	33.45		0.00	
4	1962	111.8		5.88	14.04		0.00	
5	1962	24.8		26.33	3.11		-23.22	
6	1962	34.8		25.48	4.37		-44.33	
7	1962	22.8		26.33	2.86		-67.79	
8	1962	0		26.33	0.00		-94.12	
9	1962	44.2		25.48	5.55		-114.05	
10	1962	63.4		6.08	7.96		0.00	
11	1962	89.4		5.88	11.22		0.00	
12	1962	76.7		6.08	9.63		0.00	
1	1963	265.6		6.08	33.35		0.00	
2	1963	302.6		5.49	37.99		0.00	
3	1963	224.2		6.08	28.15		0.00	
4	1963	129.6		5.88	16.27		0.00	
5	1963	49.2		26.33	6.18		-20.15	
6	1963	69.5		25.48	8.73		-36.91	
7	1963	1.1		26.33	0.14		-63.10	
8	1963	8.4		26.33	1.05		-88.37	
9	1963	38		25.48	4.77		-109.08	
10	1963	94.3		6.08	11.84		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
11	1963	472.1		5.88	59.27		0.00	
12	1963	180.6		6.08	22.67		0.00	
1	1964	10.9		6.08	1.37		-4.71	
2	1964	297.5		5.49	37.35		0.00	
3	1964	236.2		6.08	29.65		0.00	
4	1964	74.1		5.88	9.30		0.00	
5	1964	18.3		26.33	2.30		-24.03	
6	1964	104.7		25.48	13.15		-36.37	
7	1964	11.3		26.33	1.42		-61.28	
8	1964	10.1		26.33	1.27		-86.34	
9	1964	37.2		25.48	4.67		-107.15	
10	1964	126.1		6.08	15.83		0.00	
11	1964	14.7		5.88	1.85		-4.03	
12	1964	61.2		6.08	7.68		0.00	
1	1965	175.7		6.08	22.06		0.00	
2	1965	45.1		5.49	5.66		0.00	
3	1965	234		6.08	29.38		0.00	
4	1965	25.7		5.88	3.23		-2.65	
5	1965	33		26.33	4.14		-24.84	
6	1965	25		25.48	3.14		-47.18	
7	1965	17.4		26.33	2.18		-71.33	
8	1965	10.9		26.33	1.37		-96.29	
9	1965	191.3		25.48	24.02		-97.75	
10	1965	159.1		6.08	19.98		0.00	
11	1965	329.6		5.88	41.38		0.00	
12	1965	259.1		6.08	32.53		0.00	
1	1966	347.6		6.08	43.64		0.00	
2	1966	493.2		5.49	61.92		0.00	
3	1966	0.8		6.08	0.10		-5.98	
4	1966	284.9		5.88	35.77		0.00	
5	1966	41.5		26.33	5.21		-21.12	
6	1966	90.4		25.48	11.35		-35.25	
7	1966	8.2		26.33	1.03		-60.55	
8	1966	34.5		26.33	4.33		-82.55	
9	1966	30.4		25.48	3.82		-104.21	
10	1966	257		6.08	32.27		0.00	
11	1966	107.9		5.88	13.55		0.00	
12	1966	51		6.08	6.40		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
1	1967	131.2		6.08	16.47		0.00	
2	1967	126.1		5.49	15.83		0.00	
3	1967	119.8		6.08	15.04		0.00	
4	1967	25.3		5.88	3.18		-2.70	
5	1967	144		26.33	18.08		-10.95	
6	1967	7.8		25.48	0.98		-35.45	
7	1967	0		26.33	0.00		-61.78	
8	1967	43.6		26.33	5.47		-82.64	
9	1967	46.5		25.48	5.84		-102.28	
10	1967	97.8		6.08	12.28		0.00	
11	1967	131		5.88	16.45		0.00	
12	1967	20.2		6.08	2.54		-3.54	
1	1968	14.4		6.08	1.81		-7.81	
2	1968	319.9		5.49	40.16		0.00	
3	1968	67.3		6.08	8.45		0.00	
4	1968	160.2		5.88	20.11		0.00	
5	1968	119.9		26.33	15.05		-11.28	
6	1968	7.5		25.48	0.94		-35.81	
7	1968	3.3		26.33	0.41		-61.73	
8	1968	15		26.33	1.88		-86.18	
9	1968	122.8		25.48	15.42		-96.24	
10	1968	85.7		6.08	10.76		0.00	
11	1968	227.7		5.88	28.59		0.00	
12	1968	261.8		6.08	32.87		0.00	
1	1969	268.7		6.08	33.74		0.00	
2	1969	198.3		5.49	24.90		0.00	
3	1969	301.4		6.08	37.84		0.00	
4	1969	89.2		5.88	11.20		0.00	
5	1969	233.8		26.33	29.35		0.00	
6	1969	76.2		25.48	9.57		-15.91	
7	1969	0		26.33	0.00		-42.24	
8	1969	1.9		26.33	0.24		-68.33	
9	1969	93.2		25.48	11.70		-82.11	
10	1969	79.7		6.08	10.01		0.00	
11	1969	143.4		5.88	18.00		0.00	
12	1969	93		6.08	11.68		0.00	
1	1970	449.8		6.08	56.47		0.00	
2	1970	75.2		5.49	9.44		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
3	1970	40.7		6.08	5.11		-0.97	
4	1970	15.6		5.88	1.96		-4.89	
5	1970	144		26.33	18.08		-13.14	
6	1970	62.2		25.48	7.81		-30.81	
7	1970	12		26.33	1.51		-55.63	
8	1970	16.3		26.33	2.05		-79.91	
9	1970	14.8		25.48	1.86		-103.54	
10	1970	14.3		6.08	1.80		-107.82	
11	1970	196.1		5.88	24.62		0.00	
12	1970	33.4		6.08	4.19		-1.88	
1	1971	282.1		6.08	35.42		0.00	
2	1971	40.8		5.49	5.12		-0.37	
3	1971	107.9		6.08	13.55		0.00	
4	1971	153.8		5.88	19.31		0.00	
5	1971	112.2		26.33	14.09		-12.24	
6	1971	118.4		25.48	14.87		-22.86	
7	1971	99.9		26.33	12.54		-36.64	
8	1971	38.5		26.33	4.83		-58.14	
9	1971	8.4		25.48	1.05		-82.57	
10	1971	57.4		6.08	7.21		0.00	
11	1971	32.6		5.88	4.09		-1.79	
12	1971	50.8		6.08	6.38		0.00	
1	1972	170.5		6.08	21.41		0.00	
2	1972	327.4		5.49	41.11		0.00	
3	1972	135.8		6.08	17.05		0.00	
4	1972	39.6		5.88	4.97		-0.91	
5	1972	50.6		26.33	6.35		-20.88	
6	1972	45.9		25.48	5.76		-40.60	
7	1972	38.3		26.33	4.81		-62.12	
8	1972	23.9		26.33	3.00		-85.45	
9	1972	72.2		25.48	9.06		-101.87	
10	1972	156.4		6.08	19.64		0.00	
11	1972	115		5.88	14.44		0.00	
12	1972	161.2		6.08	20.24		0.00	
1	1973	173.3		6.08	21.76		0.00	
2	1973	31.3		5.49	3.93		-1.56	
3	1973	39		6.08	4.90		-2.74	
4	1973	51.1		5.88	6.42		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord
5	1973	180.1		26.33	22.61		-3.72	
6	1973	42.3		25.48	5.31		-23.89	
7	1973	35		26.33	4.39		-45.82	
8	1973	2		26.33	0.25		-71.90	
9	1973	96.3		25.48	12.09		-85.29	
10	1973	136.1		6.08	17.09		0.00	
11	1973	32.7		5.88	4.11		-1.77	
12	1973	76.6		6.08	9.62		0.00	
1	1974	346.7		6.08	43.53		0.00	
2	1974	221.3		5.49	27.78		0.00	
3	1974	75.7		6.08	9.50		0.00	
4	1974	51.8		5.88	6.50		0.00	
5	1974	91.9		26.33	11.54		-14.79	
6	1974	273.4		25.48	34.33		0.00	
7	1974	0.7		26.33	0.09		-26.24	
8	1974	0		26.33	0.00		-52.57	
9	1974	46.5		25.48	5.84		-72.21	
10	1974	8.8		6.08	1.10		-77.18	
11	1974	197		5.88	24.73		0.00	
12	1974	29.1		6.08	3.65		-2.42	
1	1975	158.7		6.08	19.92		0.00	
2	1975	141.5		5.49	17.77		0.00	
3	1975	168.5		6.08	21.16		0.00	
4	1975	31.5		5.88	3.95		-1.93	
5	1975	89.3		26.33	11.21		-17.04	
6	1975	14.2		25.48	1.78		-40.74	
7	1975	1.8		26.33	0.23		-66.84	
8	1975	1		26.33	0.13		-93.05	
9	1975	100.8		25.48	12.66		-105.87	
10	1975	70.6		6.08	8.86		0.00	
11	1975	88.9		5.88	11.16		0.00	
12	1975	35.5		6.08	4.46		-1.62	
1	1976	77.4		6.08	9.72		0.00	
2	1976	85.9		5.49	10.78		0.00	
3	1976	75.7		6.08	9.50		0.00	
4	1976	63.6		5.88	7.98		0.00	
5	1976	2.4		26.33	0.30		-26.03	
6	1976	11.8		25.48	1.48		-50.03	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
7	1976	25.1		26.33	3.15		-73.20	
8	1976	93.7		26.33	11.76		-87.77	
9	1976	105.1		25.48	13.20		-100.05	
10	1976	329.4		6.08	41.36		0.00	
11	1976	153		5.88	19.21		0.00	
12	1976	245.6		6.08	30.84		0.00	
1	1977	336.5		6.08	42.25		0.00	
2	1977	354.5		5.49	44.51		0.00	
3	1977	131.2		6.08	16.47		0.00	
4	1977	54.1		5.88	6.79		0.00	
5	1977	60		26.33	7.53		-18.80	
6	1977	82.4		25.48	10.35		-33.93	
7	1977	25.6		26.33	3.21		-57.05	
8	1977	37.9		26.33	4.76		-78.62	
9	1977	24.6		25.48	3.09		-101.01	
10	1977	182.4		6.08	22.90		0.00	
11	1977	93.4		5.88	11.73		0.00	
12	1977	311.9		6.08	39.16		0.00	
1	1978	149.2		6.08	18.73		0.00	
2	1978	397.3		5.49	49.88		0.00	
3	1978	151.3		6.08	19.00		0.00	
4	1978	137.1		5.88	17.21		0.00	
5	1978	73		26.33	9.17		-17.16	
6	1978	40.9		25.48	5.13		-37.51	
7	1978	0		26.33	0.00		-63.84	
8	1978	0		26.33	0.00		-90.17	
9	1978	17.2		25.48	2.16		-113.49	
10	1978	34		6.08	4.27		-115.30	
11	1978	23.8		5.88	2.99		-118.19	
12	1978	655.3		6.08	82.27		0.00	
1	1979	160.9		6.08	20.20		0.00	
2	1979	418.1		5.49	52.49		0.00	
3	1979	256.3		6.08	32.18		0.00	
4	1979	124.2		5.88	15.59		0.00	
5	1979	99.5		26.33	12.49		-13.84	
6	1979	1.3		25.48	0.16		-39.15	
7	1979	54.2		26.33	6.80		-58.68	
8	1979	1.1		26.33	0.14		-84.87	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
9	1979	27.6		25.48	3.47		-106.88	
10	1979	225.5		6.08	28.31		0.00	
11	1979	82		5.88	10.30		0.00	
12	1979	144.9		6.08	18.19		0.00	
1	1980	129.7		6.08	16.28		0.00	
2	1980	87.7		5.49	11.01		0.00	
3	1980	151.9		6.08	19.07		0.00	
4	1980	54.2		5.88	6.80		0.00	
5	1980	75	89.6	26.33	9.42	11.25	-16.91	-15.08
6	1980	47.6	71.9	25.48	5.98	9.03	-36.42	-31.53
7	1980	9.3	28.7	26.33	1.17	3.60	-61.58	-54.26
8	1980	19	18.9	26.33	2.39	2.37	-85.52	-78.22
9	1980	54.2	50.7	25.48	6.80	6.37	-104.20	-97.33
10	1980	83.1	104.7	6.08	10.43	13.15	0.00	0.00
11	1980	147.4	104	5.88	18.51	13.06	0.00	0.00
12	1980	44.3	58	6.08	5.56	7.28	-0.51	0.00
1	1981	2.3	4.2	6.08	0.29	0.53	-6.30	-5.55
2	1981	80.9	99.3	5.49	10.16	12.47	0.00	0.00
3	1981	143.5	158.5	6.08	18.02	19.90	0.00	0.00
4	1981	106.7	96.4	5.88	13.40	12.10	0.00	0.00
5	1981	121.1	139	26.33	15.20	17.45	-11.13	-8.88
6	1981	31.6	24.2	25.48	3.97	3.04	-32.64	-31.32
7	1981	4.5	0.7	26.33	0.56	0.09	-58.40	-57.56
8	1981	9.4	7.2	26.33	1.18	0.90	-83.55	-82.99
9	1981	162.2	88.1	25.48	20.36	11.06	-88.67	-97.41
10	1981	176.6	171.5	6.08	22.17	21.53	0.00	0.00
11	1981	0	0	5.88	0.00	0.00	-5.88	-5.88
12	1981	494.8	544.4	6.08	62.12	68.35	0.00	0.00
1	1982	89.8	121.3	6.08	11.27	15.23	0.00	0.00
2	1982	99.5	118.5	5.49	12.49	14.88	0.00	0.00
3	1982	7.3	12.2	6.08	0.92	1.53	-5.16	-4.54
4	1982	47	55.4	5.88	5.90	6.96	0.00	0.00
5	1982	60.7	65.7	26.33	7.62	8.25	-18.71	-18.08
6	1982	54.7	47.8	25.48	6.87	6.00	-37.32	-37.56
7	1982	11	9.6	26.33	1.38	1.21	-62.27	-62.68
8	1982	21.6	15.1	26.33	2.71	1.90	-85.89	-87.12
9	1982	94.7	130	25.48	11.89	16.32	-99.48	-96.28
10	1982	92.5	86.4	6.08	11.61	10.85	0.00	0.00

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
11	1982	190	208.1	5.88	23.85	26.13	0.00	0.00
12	1982	171.2	198.9	6.08	21.49	24.97	0.00	0.00
1	1983	21.5	17.9	6.08	2.70	2.25	-3.38	-3.83
2	1983	128.4	140.9	5.49	16.12	17.69	0.00	0.00
3	1983	16.4	24.5	6.08	2.06	3.08	-4.02	-3.00
4	1983	268.9	363.8	5.88	33.76	45.68	0.00	0.00
5	1983	281.6	221.2	26.33	35.35	27.77	0.00	0.00
6	1983	40.4	27.6	25.48	5.07	3.47	-20.41	-22.01
7	1983	19.8	45	26.33	2.49	5.65	-44.25	-42.69
8	1983	45.5	54	26.33	5.71	6.78	-64.87	-62.24
9	1983	12.7	18.3	25.48	1.59	2.30	-88.75	-85.43
10	1983	41.2	42.9	6.08	5.17	5.39	-89.66	-86.12
11	1983	180.7	159.9	5.88	22.69	20.08	0.00	0.00
12	1983	276.2	252.1	6.08	34.68	31.65	0.00	0.00
1	1984	188.1	244	6.08	23.62	30.63	0.00	0.00
2	1984	39.7	52.4	5.49	4.98	6.58	-0.50	0.00
3	1984	130.8	165.9	6.08	16.42	20.83	0.00	0.00
4	1984	124.4	119.9	5.88	15.62	15.05	0.00	0.00
5	1984	99.6	158.1	26.33	12.50	19.85	-13.82	-6.48
6	1984	92.2	66.4	25.48	11.58	8.34	-27.73	-23.62
7	1984	10.7	17.5	26.33	1.34	2.20	-52.71	-47.76
8	1984	20.8	27.1	26.33	2.61	3.40	-76.43	-70.68
9	1984	49.3	39.9	25.48	6.19	5.01	-95.72	-91.15
10	1984	194.1	193.3	6.08	24.37	24.27	0.00	0.00
11	1984	369.1	388.3	5.88	46.34	48.75	0.00	0.00
12	1984	123.7	129.4	6.08	15.53	16.25	0.00	0.00
1	1985	212.2	202.2	6.08	26.64	25.39	0.00	0.00
2	1985	211	245.1	5.49	26.49	30.77	0.00	0.00
3	1985	133.7	135	6.08	16.79	16.95	0.00	0.00
4	1985	138.2	151.9	5.88	17.35	19.07	0.00	0.00
5	1985	72.1	54	26.33	9.05	6.78	-17.28	-19.55
6	1985	43.1	56.3	25.48	5.41	7.07	-37.35	-37.96
7	1985	23.5	19.5	26.33	2.95	2.45	-60.72	-61.84
8	1985	3.7	4.3	26.33	0.46	0.54	-86.59	-87.63
9	1985	0.6	1.1	25.48	0.08	0.14	-111.99	-112.97
10	1985	27.7	21.2	6.08	3.48	2.66	-114.59	-116.39
11	1985	166.8	211.8	5.88	20.94	26.59	0.00	0.00
12	1985	272.2	304.3	6.08	34.17	38.20	0.00	0.00

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
1	1986	163.3	172.5	6.08	20.50	21.66	0.00	0.00
2	1986	257.5	249.8	5.49	32.33	31.36	0.00	0.00
3	1986	52.7	63.8	6.08	6.62	8.01	0.00	0.00
4	1986	99.7	125.6	5.88	12.52	15.77	0.00	0.00
5	1986	24.4	30.1	26.33	3.06	3.78	-23.27	-22.55
6	1986	30.6	25.8	25.48	3.84	3.24	-44.90	-44.79
7	1986	0.2	0.5	26.33	0.03	0.06	-71.21	-71.06
8	1986	29	16.4	26.33	3.64	2.06	-93.90	-95.33
9	1986	144.2	129.7	25.48	18.10	16.28	-101.27	-104.52
10	1986	61.6	57.4	6.08	7.73	7.21	0.00	0.00
11	1986	95.7	147.7	5.88	12.02	18.54	0.00	0.00
12	1986	97.9	98.5	6.08	12.29	12.37	0.00	0.00
1	1987	115.2	158.3	6.08	14.46	19.87	0.00	0.00
2	1987	153.6	192.6	5.49	19.28	24.18	0.00	0.00
3	1987	62.2	92.5	6.08	7.81	11.61	0.00	0.00
4	1987	151.9	163.9	5.88	19.07	20.58	0.00	0.00
5	1987	14.2	5.7	26.33	1.78	0.72	-24.55	-25.61
6	1987	23.8	27.5	25.48	2.99	3.45	-47.04	-47.64
7	1987	7.6	12.3	26.33	0.95	1.54	-72.41	-72.43
8	1987	20	73	26.33	2.51	9.17	-96.23	-89.59
9	1987	56.6	93.3	25.48	7.11	11.71	-114.61	-103.36
10	1987	294.9	419.4	6.08	37.02	52.66	0.00	0.00
11	1987	33.3	41.2	5.88	4.18	5.17	-1.70	-0.71
12	1987	173.9	191.1	6.08	21.83	23.99	0.00	0.00
1	1988	245.9	265.6	6.08	30.87	33.35	0.00	0.00
2	1988	118.9	133.3	5.49	14.93	16.74	0.00	0.00
3	1988	12.6	10.4	6.08	1.58	1.31	-4.49	-4.77
4	1988	125.4	173.9	5.88	15.74	21.83	0.00	0.00
5	1988	102.7	118.1	26.33	12.89	14.83	-13.44	-11.50
6	1988	216.1	151.7	25.48	27.13	19.05	0.00	-17.94
7	1988	53.7	46.9	26.33	6.74	5.89	-19.59	-38.38
8	1988	0	0.4	26.33	0.00	0.05	-45.92	-64.66
9	1988	15.2	14.8	25.48	1.91	1.86	-69.49	-88.28
10	1988	160.9	173.7	6.08	20.20	21.81	0.00	0.00
11	1988	37.3	60.7	5.88	4.68	7.62	-1.20	0.00
12	1988	37.6	33.4	6.08	4.72	4.19	-2.55	-1.88
1	1989	20.6	29.6	6.08	2.59	3.72	-6.04	-4.24
2	1989	153.7	173.8	5.49	19.30	21.82	0.00	0.00

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
3	1989	48.4	78.9	6.08	6.08	9.91	0.00	0.00
4	1989	109.9	107.8	5.88	13.80	13.53	0.00	0.00
5	1989	60	99	26.33	7.53	12.43	-18.80	-13.90
6	1989	37.7	78.4	25.48	4.73	9.84	-39.54	-29.54
7	1989	0.2	0	26.33	0.03	0.00	-65.85	-55.87
8	1989	13.2	23	26.33	1.66	2.89	-90.52	-79.31
9	1989	2	0.7	25.48	0.25	0.09	-115.75	-104.70
10	1989	91.3	115.2	6.08	11.46	14.46	0.00	0.00
11	1989	168.1	301	5.88	21.10	37.79	0.00	0.00
12	1989	331.6	374.3	6.08	41.63	46.99	0.00	0.00
1	1990	131.5	164.2	6.08	16.51	20.62	0.00	0.00
2	1990	61.1	111.1	5.49	7.67	13.95	0.00	0.00
3	1990	14.8	6.7	6.08	1.86	0.84	-4.22	-5.23
4	1990	63.3	33.5	5.88	7.95	4.21	0.00	-6.91
5	1990	20.7	40.3	26.33	2.60	5.06	-23.73	-28.18
6	1990	42.4	20.4	25.48	5.32	2.56	-43.89	-51.10
7	1990	0	3.7	26.33	0.00	0.46	-70.22	-76.96
8	1990	5.3	28.9	26.33	0.67	3.63	-95.88	-99.66
9	1990	33.6	44.5	25.48	4.22	5.59	-117.14	-119.56
10	1990	251.1	283.4	6.08	31.53	35.58	0.00	0.00
11	1990	100	104.7	5.88	12.56	13.15	0.00	0.00
12	1990	48.7	87.4	6.08	6.11	10.97	0.00	0.00
1	1991	136.5	161.1	6.08	17.14	20.23	0.00	0.00
2	1991	148.7	147.6	5.49	18.67	18.53	0.00	0.00
3	1991	209.9	255.3	6.08	26.35	32.05	0.00	0.00
4	1991	34.8	43.3	5.88	4.37	5.44	-1.51	-0.44
5	1991	16.7	5.4	26.33	2.10	0.68	-25.74	-26.10
6	1991	35.1	30.3	25.48	4.41	3.80	-46.82	-47.77
7	1991	19.4	15.2	26.33	2.44	1.91	-70.71	-72.19
8	1991	15.9	20.7	26.33	2.00	2.60	-95.04	-95.92
9	1991	76.4	66.9	25.48	9.59	8.40	-110.93	-113.00
10	1991	96.8	98	6.08	12.15	12.30	0.00	0.00
11	1991	210	252.6	5.88	26.37	31.71	0.00	0.00
12	1991	46.3	23.3	6.08	5.81	2.93	-0.26	-3.15
1	1992	82.5	88.3	6.08	10.36	11.09	0.00	0.00
2	1992	23.2	33.5	5.49	2.91	4.21	-2.58	-1.28
3	1992	59.2	54.2	6.08	7.43	6.80	0.00	0.00
4	1992	74.1	86.7	5.88	9.30	10.89	0.00	0.00

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
5	1992	101.6	101.6	26.33	12.76	12.76	-13.57	-13.57
6	1992	52.3	53.9	25.48	6.57	6.77	-32.49	-32.29
7	1992	1.2	0.7	26.33	0.15	0.09	-58.67	-58.53
8	1992	58.7	48	26.33	7.37	6.03	-77.63	-78.83
9	1992	64.5	53.7	25.48	8.10	6.74	-95.01	-97.57
10	1992	166.7	147.1	6.08	20.93	18.47	0.00	0.00
11	1992	71.8	58.7	5.88	9.01	7.37	0.00	0.00
12	1992	229.9	226.7	6.08	28.86	28.46	0.00	0.00
1	1993	48	44.1	6.08	6.03	5.54	-0.05	-0.54
2	1993	3.8	17.7	5.49	0.48	2.22	-5.06	-3.81
3	1993	32.2	40	6.08	4.04	5.02	-7.09	-4.86
4	1993	192.2	181.8	5.88	24.13	22.82	0.00	0.00
5	1993	150.9	179	26.33	18.95	22.47	-7.38	-3.86
6	1993	61.2	60.2	25.48	7.68	7.56	-25.18	-21.78
7	1993	3	0.5	26.33	0.38	0.06	-51.13	-48.04
8	1993	6.3	5.4	26.33	0.79	0.68	-76.67	-73.70
9	1993	145.8	139	25.48	18.31	17.45	-83.85	-81.72
10	1993	404.9	336.8	6.08	50.84	42.29	0.00	0.00
11	1993	138.9	139.7	5.88	17.44	17.54	0.00	0.00
12	1993	57.2	79.8	6.08	7.18	10.02	0.00	0.00
1	1994	289.1	274.3	6.08	36.30	34.44	0.00	0.00
2	1994	157.9	164	5.49	19.82	20.59	0.00	0.00
3	1994	6	10.3	6.08	0.75	1.29	-5.32	-4.78
4	1994	60.6	61.1	5.88	7.61	7.67	0.00	0.00
5	1994	193.6	240.3	26.33	24.31	30.17	-2.02	0.00
6	1994	14.6	23.5	25.48	1.83	2.95	-25.67	-22.53
7	1994	5.7	2.7	26.33	0.72	0.34	-51.28	-48.52
8	1994	37.1	60.8	26.33	4.66	7.63	-72.95	-67.22
9	1994	60.6	49.5	25.48	7.61	6.21	-90.83	-86.48
10	1994	97.4	102.2	6.08	12.23	12.83	0.00	0.00
11	1994	146.2	199.8	5.88	18.36	25.08	0.00	0.00
12	1994	135.6	130.2	6.08	17.02	16.35	0.00	0.00
1	1995	207.3	228.9	6.08	26.03	28.74	0.00	0.00
2	1995	173	162.3	5.49	21.72	20.38	0.00	0.00
3	1995	37.9	55.8	6.08	4.76	7.01	-1.32	0.00
4	1995	27.4	32.6	5.88	3.44	4.09	-3.76	-1.79
5	1995	104	110.3	26.33	13.06	13.85	-17.03	-14.27
6	1995	14.2	23	25.48	1.78	2.89	-40.73	-36.86

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
7	1995	23.7	28.7	26.33	2.98	3.60	-64.08	-59.59
8	1995	4.4	4.9	26.33	0.55	0.62	-89.86	-85.30
9	1995	85	99.5	25.48	10.67	12.49	-104.67	-98.29
10	1995	101.6	89.3	6.08	12.76	11.21	0.00	0.00
11	1995	265.8	273.7	5.88	33.37	34.36	0.00	0.00
12	1995	351	285.8	6.08	44.07	35.88	0.00	0.00
1	1996	394.5	412.7	6.08	49.53	51.81	0.00	0.00
2	1996	185.3	213.4	5.49	23.26	26.79	0.00	0.00
3	1996	78.3	85.2	6.08	9.83	10.70	0.00	0.00
4	1996	84.4	66.5	5.88	10.60	8.35	0.00	0.00
5	1996	101.2	81.4	26.33	12.71	10.22	-13.62	-16.11
6	1996	4	6.3	25.48	0.50	0.79	-38.60	-40.80
7	1996	9.8	13.7	26.33	1.23	1.72	-63.70	-65.41
8	1996	6.6	15.8	26.33	0.83	1.98	-89.20	-89.75
9	1996	68	50.7	25.48	8.54	6.37	-106.14	-108.87
10	1996	79.9	73	6.08	10.03	9.17	0.00	0.00
11	1996	188.1	141.2	5.88	23.62	17.73	0.00	0.00
12	1996	202.2	164.2	6.08	25.39	20.62	0.00	0.00
1	1997	166.9	119.4	6.08	20.95	14.99	0.00	0.00
2	1997	39	33.3	5.49	4.90	4.18	-0.59	-1.31
3	1997	0	0	6.08	0.00	0.00	-6.67	-7.38
4	1997	58.7	62.6	5.88	7.37	7.86	0.00	0.00
5	1997	162	161.2	26.33	20.34	20.24	-5.99	-6.09
6	1997	81.4	68.3	25.48	10.22	8.58	-21.25	-23.00
7	1997	32.5	20.1	26.33	4.08	2.52	-43.50	-46.80
8	1997	58.7	47.8	26.33	7.37	6.00	-62.46	-67.13
9	1997	1	5.3	25.48	0.13	0.67	-87.81	-91.94
10	1997	122.6	114.2	6.08	15.39	14.34	0.00	0.00
11	1997	423.9	384.3	5.88	53.22	48.25	0.00	0.00
12	1997	287.6	229.7	6.08	36.11	28.84	0.00	0.00
1	1998	142.4	107.6	6.08	17.88	13.51	0.00	0.00
2	1998	32.5	26.5	5.49	4.08	3.33	-1.41	-2.16
3	1998	47.9	27.3	6.08	6.01	3.43	-1.47	-4.81
4	1998	291.7	209.7	5.88	36.62	26.33	0.00	0.00
5	1998	132.4	45.1	26.33	16.62	5.66	-9.71	-20.67
6	1998	23.7	15.8	25.48	2.98	1.98	-32.21	-44.16
7	1998	13.5	10.5	26.33	1.69	1.32	-56.85	-69.17
8	1998	0	0	26.33	0.00	0.00	-83.17	-95.50

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
9	1998	122.6	115.8	25.48	15.39	14.54	-93.26	-106.45
10	1998	45.3	49.8	6.08	5.69	6.25	-93.65	0.00
11	1998	85.1	65.7	5.88	10.68	8.25	0.00	0.00
12	1998	89.4	127.2	6.08	11.22	15.97	0.00	0.00
1	1999	91.5	96.1	6.08	11.49	12.07	0.00	0.00
2	1999	38.3	31.5	5.49	4.81	3.95	-0.68	-1.53
3	1999	93.7	75.5	6.08	11.76	9.48	0.00	0.00
4	1999		171.4	5.88		21.52		0.00
5	1999	89.5	106.7	26.33	11.24	13.40	-15.09	-12.93
6	1999	11.2	17	25.48	1.41	2.13	-39.17	-36.28
7	1999	9.5	9.9	26.33	1.19	1.24	-64.30	-61.37
8	1999	84.1	127.9	26.33	10.56	16.06	-80.07	-71.64
9	1999	176.7	192.6	25.48	22.18	24.18	-83.37	-72.94
10	1999	272.1	249.2	6.08	34.16	31.29	0.00	0.00
11	1999	32.6	38.5	5.88	4.09	4.83	-1.79	-1.05
12	1999	196.6	153.3	6.08	24.68	19.25	0.00	0.00
1	2000	22.2	9.5	6.08	2.79	1.19	-3.29	-4.88
2	2000	36.6	22.3	5.49	4.60	2.80	-4.18	-7.57
3	2000	20.7	15.8	6.08	2.60	1.98	-7.66	-11.66
4	2000	343.5	169.6	5.88	43.13	21.29	0.00	0.00
5	2000	101.2	50.2	26.33	12.71	6.30	-13.62	-20.03
6	2000	13.6	2.7	25.48	1.71	0.34	-37.40	-45.17
7	2000	64.4	13	26.33	8.09	1.63	-55.64	-69.86
8	2000	8.5	3.2	26.33	1.07	0.40	-80.90	-95.79
9	2000	40.3	12.8	25.48	5.06	1.61	-101.32	-119.67
10	2000	92.5	19.2	6.08	11.61	2.41	0.00	-123.33
11	2000	290.8	67.2	5.88	36.51	8.44	0.00	0.00
12	2000	449.2	111.7	6.08	56.40	14.02	0.00	0.00
1	2001	429.3	90	6.08	53.90	11.30	0.00	0.00
2	2001	174.5	38.5	5.49	21.91	4.83	0.00	-0.65
3	2001	662.1	138.3	6.08	83.13	17.36	0.00	0.00
4	2001	49.1	11.8	5.88	6.16	1.48	0.00	-4.40
5	2001	96.2	22.7	26.33	12.08	2.85	-14.25	-27.88
6	2001	2.6	1	25.48	0.33	0.13	-39.40	-53.23
7	2001	36.2	7.7	26.33	4.54	0.97	-61.19	-78.59
8	2001	34.6	3	26.33	4.34	0.38	-83.17	-104.55
9	2001	22.1	11.6	25.48	2.77	1.46	-105.88	-128.57
10	2001	180.7	50.9	6.08	22.69	6.39	0.00	0.00

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
11	2001	1	0.3	5.88	0.13	0.04	-5.75	-5.84
12	2001	6.5	1.2	6.08	0.82	0.15	-11.01	-11.77
1	2002	169.4	40.9	6.08	21.27	5.13	0.00	-12.71
2	2002	86	9.1	5.49	10.80	1.14	0.00	-17.05
3	2002	122.3	29.8	6.08	15.35	3.74	0.00	-19.39
4	2002	31.6	6.9	5.88	3.97	0.87	-1.91	-24.40
5	2002	61.1	14.9	26.33	7.67	1.87	-20.57	-48.86
6	2002	21.6	6	25.48	2.71	0.75	-43.34	-73.59
7	2002	21.7	2.6	26.33	2.72	0.33	-66.94	-99.59
8	2002	22	0.5	26.33	2.76	0.06	-90.51	-125.86
9	2002	99.1	27.5	25.48	12.44	3.45	-103.55	-147.88
10	2002	232.7	45.4	6.08	29.22	5.70	0.00	-148.26
11	2002	275.2		5.88	34.55		0.00	
12	2002	341.9		6.08	42.93		0.00	
1	2003	318.1		6.08	39.94		0.00	
2	2003	104.6		5.49	13.13		0.00	
3	2003	110.8		6.08	13.91		0.00	
5	2003	9.3		26.33	1.17		-25.16	
6	2003	63.4	14.9	25.48	7.96	1.87	-42.68	-23.61
7	2003	28.6	0	26.33	3.59	0.00	-65.42	-49.94
8	2003	43	2.8	26.33	5.40	0.35	-86.35	-75.92
9	2003	62.7	4.6	25.48	7.87	0.58	-103.96	-100.82
10	2003	208.8	20.6	6.08	26.21	2.59	0.00	-104.31
11	2003	177	165.4	5.88	22.22	20.77	0.00	0.00
12	2003	107.8	111.3	6.08	13.53	13.97	0.00	0.00
1	2004	130.6	92.5	6.08	16.40	11.61	0.00	0.00
2	2004	22	22.8	5.49	2.76	2.86	-2.73	-2.63
3	2004	69.3	66.6	6.08	8.70	8.36	0.00	0.00
4	2004	69.9		5.88	8.78		0.00	
5	2004	67.3	22.1	26.33	8.45	2.77	-17.88	-23.55
6	2004	4.3	5.5	25.48	0.54	0.69	-42.82	-48.34
7	2004		1.4	26.33		0.18		-74.50
8	2004		141.9	26.33		17.82		-83.01
9	2004		23.3	25.48		2.93		-105.57
10	2004		297.1	6.08		37.30		0.00
11	2004		17	5.88		2.13		-3.75
12	2004		60.4	6.08		7.58		0.00
1	2005		12.1	6.08		1.52		-4.56

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
2	2005		19.3	5.49		2.42		-7.62
3	2005		16.2	6.08		2.03		-11.66
4	2005		29.8	5.88		3.74		-13.80
5	2005		0.6	26.33		0.08		-40.06
6	2005		5.1	25.48		0.64		-64.90
7	2005		14.4	26.33		1.81		-89.42
8	2005		0.8	26.33		0.10		-115.65
9	2005		1.6	25.48		0.20		-140.93
10	2005		171.1	6.08		21.48		0.00
11	2005		84	5.88		10.55		0.00
12	2005		83.5	6.08		10.48		0.00
1	2006		45	6.08		5.65		-0.43
2	2006		100.6	5.49		12.63		0.00
3	2006		163.2	6.08		20.49		0.00
4	2006	77.6	38	5.88	9.74	4.77	0.00	-1.11
5	2006	15.9	5.4	26.33	2.00	0.68	-24.33	-26.76
6	2006	43.8	3.6	25.48	5.50	0.45	-44.31	-51.79
7	2006		3	26.33		0.38		-77.74
8	2006	41.9	19.8	26.33	5.26	2.49	-21.07	-101.58
9	2006	86.4	76.4	25.48	10.85	9.59	-35.70	-117.47
10	2006	189.7	207.6	6.08	23.82	26.06	0.00	0.00
11	2006	239.2	210.1	5.88	30.03	26.38	0.00	0.00
12	2006		145.8	6.08		18.31		0.00
1	2007		26.8	6.08		3.36		-2.71
2	2007	173.4		5.49	21.77		0.00	
3	2007	53.5	53	6.08	6.72	6.65	0.00	0.00
4	2007	47.7	38.5	5.88	5.99	4.83	0.00	-1.05
5	2007	62.3	23.7	26.33	7.82	2.98	-18.51	-24.40
6	2007	88.7	0.3	25.48	11.14	0.04	-32.85	-49.84
7	2007	33.5		26.33	4.21		-54.97	
8	2007	15.5		26.33	1.95		-79.36	
9	2007	8.4	6.5	25.48	1.05	0.82	-103.78	-24.66
10	2007	28.1		6.08	3.53		-106.33	
11	2007	66.1	50.8	5.88	8.30	6.38	0.00	0.00
12	2007	26.5	41.7	6.08	3.33	5.24	-2.75	-0.84
1	2008	141.3	138.1	6.08	17.74	17.34	0.00	0.00
2	2008	57.5		5.49	7.22		0.00	
3	2008	68.8		6.08	8.64		0.00	

Mes	Año	Precipitación media mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Ama.	Est. Lord.		Est. Ama.	Est. Lord.	Est. Ama.	Est. Lord.
4	2008	235.7	209.7	5.88	29.59	26.33	0.00	0.00
5	2008	118		26.33	14.81		-11.51	
6	2008	32.2		25.48	4.04		-32.95	
7	2008	9.4	13.2	26.33	1.18	1.66	-58.10	-24.67
8	2008	20	32.6	26.33	2.51	4.09	-81.92	-46.91
9	2008	55.3	71.9	25.48	6.94	9.03	-100.46	-63.36
10	2008	46.1	55.7	6.08	5.79	6.99	-100.74	0.00
11	2008	70	63.7	5.88	8.79	8.00	0.00	0.00
12	2008	114.7	103.7	6.08	14.40	13.02	0.00	0.00
1	2009	204.7	169.1	6.08	25.70	21.23	0.00	0.00
2	2009	88.7	12.1	5.49	11.14	1.52	0.00	-3.97
3	2009	26	3.4	6.08	3.26	0.43	-2.81	-9.62
4	2009	82.1	11.9	5.88	10.31	1.49	0.00	-14.00
5	2009	52.1		26.33	6.54		-19.79	
9	2009		5.3	25.48		0.67		-24.81
11	2009		0.1	5.88		0.01		-30.68
12	2009		6.2	6.08		0.78		-35.98
1	2010	177.3	23	6.08	22.26	2.89	0.00	-39.17
2	2010	179.2		5.49	22.50		0.00	
3	2010	169.5		6.08	21.28		0.00	
9	2014	36.2		25.48	4.54		-20.94	
10	2014	5.1		6.08	0.64		-26.37	
11	2014	29.9		5.88	3.75		-28.50	
12	2014	27.4	25.6	6.08	3.44	3.21	-31.13	-2.86
1	2015	110.2		6.08	13.84		0.00	
2	2015	58.4		5.49	7.33		0.00	
3	2015	7.8	10.4	6.08	0.98	1.31	-5.10	-4.77
4	2015	62.5	4.7	5.88	7.85	0.59	0.00	-10.06
5	2015	93.6	10.8	26.33	11.75	1.36	-14.58	-35.03
6	2015	26.9	31.1	25.48	3.38	3.90	-36.68	-56.61
7	2015	3.8	15.5	26.33	0.48	1.95	-62.53	-80.99
8	2015	12	16.7	26.33	1.51	2.10	-87.36	-105.22
9	2015	114.6	111.9	25.48	14.39	14.05	-98.45	-116.66
10	2015	141.2		6.08	17.73		0.00	
11	2015	74.6		5.88	9.37		0.00	
12	2015	85.2		6.08	10.70		0.00	
1	2016	331.9		6.08	41.67		0.00	
2	2016	253.3		5.49	31.80		0.00	

5	2016	85.3		26.33	10.71		-15.62	
12	2016	35.9		6.08	4.51		-17.19	
1	2017	56.3		6.08	7.07		0.00	
3	2017	88.8		6.08	11.15		0.00	
4	2017	18.9						

Tabla 38 - Análisis de la capacidad del reservatorio por el método Rippl, con datos mensuales para el caso de estudio en Colombia.

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m ³)	Volumen mensual de agua aprovechado (m ³)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
6	1967		77	24.94		10.48		-14.47
7	1967		65.5	25.77		8.91		-31.33
8	1967		87	25.77		11.84		-45.26
9	1967		118	24.94		16.06		-54.15
10	1967		119.5	25.77		16.26		-63.66
11	1967		160	24.94		21.77		-66.83
12	1967		125	25.77		17.01		-75.60
1	1968		62	25.77		8.44		-92.93
3	1968		129	25.77		17.55		-101.15
4	1968		247	24.94		33.61		0.00
5	1968		194	25.77		26.40		0.00
6	1968		177	24.94		24.09		-0.86
7	1968		90	25.77		12.25		-14.38
8	1968		107	25.77		14.56		-25.60
9	1968		151	24.94		20.55		-29.99
10	1968		128	25.77		17.42		-38.35
11	1968		126	24.94		17.15		-46.15
12	1968		120	25.77		16.33		-55.59
1	1969		74	25.77		10.07		-71.30
2	1969		209	23.28		28.44		0.00
3	1969		18	25.77		2.45		-23.33
4	1969		182	24.94		24.77		-23.50
5	1969		107	25.77		14.56		-34.72
6	1969		111	24.94		15.10		-44.55
7	1969		110	25.77		14.97		-55.36
8	1969		56	25.77		7.62		-73.51
9	1969		98	24.94		13.34		-85.12
11	1969		97	24.94		13.20		-96.87
12	1969		73	25.77		9.93		-112.71
2	1970		95	23.28		12.93		-123.06
3	1970		101	25.77		13.74		-135.09
4	1970		109	24.94		14.83		-145.20
5	1970		153	25.77		20.82		-150.15
6	1970		72	24.94		9.80		-165.30

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
7	1970		167	25.77		22.73		-168.35
8	1970		79	25.77		10.75		-183.37
9	1970		300	24.94		40.82		0.00
10	1970		198	25.77		26.94		0.00
11	1970		246	24.94		33.48		0.00
12	1970		52	25.77		7.08		-18.70
1	1971		134	25.77		18.23		-26.24
2	1971		147	23.28		20.00		-29.51
3	1971		165	25.77		22.45		-32.84
4	1971		100	24.94		13.61		-44.17
5	1971		203	25.77		27.62		0.00
6	1971		65	24.94		8.85		-16.10
7	1971		96	25.77		13.06		-28.81
8	1971		159	25.77		21.64		-32.95
9	1971		84	24.94		11.43		-46.46
1	1972		93	25.77		12.66		-59.58
2	1972		85.7	23.28		11.66		-71.20
3	1972		183	25.77		24.90		-72.07
4	1972		106.9	24.94		14.55		-82.47
5	1972		133.1	25.77		18.11		-90.13
6	1972		84.6	24.94		11.51		-103.56
7	1972		101.7	25.77		13.84		-115.49
8	1972		76.7	25.77		10.44		-130.83
9	1972		61.7	24.94		8.40		-147.38
10	1972		117.6	25.77		16.00		-157.15
11	1972		102.9	24.94		14.00		-168.09
12	1972		60.9	25.77		8.29		-185.58
1	1973		45	25.77		6.12		-205.23
2	1973		48.5	23.28		6.60		-221.91
3	1973		26	25.77		3.54		-244.15
4	1973		45.6	24.94		6.21		-262.88
5	1973		51.5	25.77		7.01		-281.65
6	1973		43.6	24.94		5.93		-300.66
7	1973		71.5	25.77		9.73		-316.71
8	1973		143.7	25.77		19.55		-322.93
10	1982	145.7		25.77	19.83		-5.95	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
11	1982	80.2		24.94	10.91		-19.98	
12	1982	63.7		25.77	8.67		-17.11	
1	1983	47.4		25.77	6.45		-36.43	
2	1983	38.9		23.28	5.29		-17.99	
3	1983	255		25.77	34.70		0.00	
4	1983	120.3		24.94	16.37		-8.57	
5	1983	156.5		25.77	21.30		-13.05	
6	1983	63.4		24.94	8.63		-16.32	
7	1983	157.1		25.77	21.38		-20.71	
8	1983	56.9		25.77	7.74		-18.03	
9	1983	45.8		24.94	6.23		-36.74	
10	1983	46.7		25.77	6.35		-19.42	
11	1983	153.9		24.94	20.94		-23.42	
12	1983	89.1		25.77	12.12		-13.65	
1	1984	135.5		25.77	18.44		-20.99	
2	1984	49.7		23.28	6.76		-16.52	
3	1984	45.9		25.77	6.25		-36.05	
4	1984	99.7		24.94	13.57		-11.38	
5	1984	157.1		25.77	21.38		-15.77	
6	1984	71.5		24.94	9.73		-15.21	
7	1984	153.9		25.77	20.94		-20.05	
8	1984	86.1		25.77	11.72		-14.06	
9	1984	149.6		24.94	20.36		-18.64	
10	1984	115.9		25.77	15.77		-10.00	
11	1984	101.1		24.94	13.76		-21.19	
12	1984	17.3		25.77	2.35		-23.42	
1	1985	148.4		25.77	20.19		-29.00	
2	1985	49.1		23.28	6.68		-16.60	
3	1985	166.1		25.77	22.60		-19.77	
4	1985	190.1		24.94	25.87		0.00	
5	1985	46.2		25.77	6.29		-19.49	
6	1985	122.1		24.94	16.62		-8.33	
7	1985	102.2		25.77	13.91		-20.20	
8	1985	65.2		25.77	8.87		-16.90	
9	1985	116.3		24.94	15.83		-26.02	
10	1985	181		25.77	24.63		-1.14	
11	1985	68.1		24.94	9.27		-16.82	
12	1985	13.9		25.77	1.89		-23.88	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
1	1986	65.9		25.77	8.97		-40.69	
2	1986	29		23.28	3.95		-19.33	
3	1986	90.8		25.77	12.36		-32.75	
4	1986	113.2		24.94	15.40		-9.54	
5	1986	134.4		25.77	18.29		-17.02	
6	1986	82.2		24.94	11.19		-13.76	
7	1986	86.7		25.77	11.80		-27.73	
8	1986	79.5		25.77	10.82		-14.96	
9	1986	173.1		24.94	23.56		-16.34	
10	1986	183.9		25.77	25.03		-0.75	
11	1986	27.3		24.94	3.71		-21.98	
3	1987	67.9		25.77	9.24		-16.53	
5	1987	138.9		25.77	18.90		-23.41	
6	1987	78.5		24.94	10.68		-14.26	
7	1987	195.2		25.77	26.56		0.00	
8	1987	59.5		25.77	8.10		-17.68	
9	1987	95.8		24.94	13.04		-29.58	
10	1987	174.4		25.77	23.73		-2.04	
11	1987	66		24.94	8.98		-18.00	
12	1987	21		25.77	2.86		-22.92	
1	1988	14		25.77	1.91		-46.79	
2	1988	229		23.28	31.16		0.00	
3	1988	137.5		25.77	18.71		-7.06	
4	1988	82.5		24.94	11.23		-13.72	
5	1988	144.2		25.77	19.62		-19.87	
6	1988	114.1		24.94	15.53		-9.42	
7	1988	180.5		25.77	24.56		-10.63	
8	1988	141.5		25.77	19.26		-6.52	
9	1988	87.8		24.94	11.95		-19.51	
10	1988	136.7		25.77	18.60		-7.17	
11	1988	173.7		24.94	23.64		-8.48	
12	1988	62.1		25.77	8.45		-17.32	
1	1989	19.9		25.77	2.71		-40.39	
2	1989	23.2		23.28	3.16		-20.12	
3	1989	192		25.77	26.13		0.00	
4	1989	137.8		24.94	18.75		-6.19	
5	1989	142.1		25.77	19.34		-12.63	
6	1989	85.4		24.94	11.62		-13.32	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido(m3)	Volumen mensual de agua aprovechado(m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
7	1989	148.2		25.77	20.17		-18.93	
8	1989	63		25.77	8.57		-17.20	
9	1989	101.6		24.94	13.83		-28.32	
10	1989	111		25.77	15.10		-10.67	
11	1989	49.6		24.94	6.75		-28.86	
12	1989	85		25.77	11.57		-14.21	
1	1990	56.9		25.77	7.74		-32.24	
2	1990	40.7		23.28	5.54		-17.74	
3	1990	144.7		25.77	19.69		-23.83	
4	1990	83.6		24.94	11.38		-13.57	
5	1990	69.1		25.77	9.40		-29.94	
6	1990	30.7		24.94	4.18		-20.77	
7	1990	64.8		25.77	8.82		-37.72	
8	1990	69.2		25.77	9.42		-16.36	
9	1990	87.1		24.94	11.85		-29.45	
10	1990	158.1		25.77	21.51		-4.26	
11	1990	93.3		24.94	12.70		-16.51	
12	1990	174.8		25.77	23.79		-1.99	
1	1991	73.5		25.77	10.00		-17.76	
2	1991	20		23.28	2.72		-20.56	
3	1991	70.5		25.77	9.59		-36.74	
4	1991	91.9		24.94	12.51		-12.44	
5	1991	119.6		25.77	16.28		-21.94	
6	1991	63.5		24.94	8.64		-16.30	
7	1991	185.6		25.77	25.26		-16.82	
8	1991	44.2		25.77	6.01		-19.76	
9	1991	106.2		24.94	14.45		-30.25	
10	1991	98.5		25.77	13.40		-12.37	
11	1991	168.7		24.94	22.96		-14.36	
12	1991	23.3		25.77	3.17		-22.60	
1	1992	57.1		25.77	7.77		-40.61	
2	1992	41.4		23.28	5.63		-17.65	
3	1992	33.8		25.77	4.60		-38.82	
4	1992	80.3		24.94	10.93		-14.02	
5	1992	114.3		25.77	15.55		-24.24	
6	1992	72.5		24.94	9.87		-15.08	
7	1992	109.1		25.77	14.85		-26.01	
8	1992	47.8		25.77	6.50		-19.27	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
9	1992	73.1		24.94	9.95		-34.27	
10	1992	38.7		25.77	5.27		-20.51	
11	1992	179		24.94	24.36		-21.09	
12	1992	32.2		25.77	4.38		-21.39	
1	1993	38.5		25.77	5.24		-41.93	
2	1993	51.2		23.28	6.97		-16.31	
3	1993	67.9		25.77	9.24		-32.85	
4	1993	94.1		24.94	12.81		-12.14	
5	1993	139.7		25.77	19.01		-18.90	
6	1993	79.6		24.94	10.83		-14.11	
7	1993	69.9		25.77	9.51		-30.37	
8	1993	87.1		25.77	11.85		-13.92	
9	1993	139.2		24.94	18.94		-19.92	
10	1993	59.1		25.77	8.04		-17.73	
11	1993	174.6		24.94	23.76		-18.92	
12	1993	10.9		25.77	1.48		-24.29	
1	1994	84.1		25.77	11.44		-38.62	
3	1994	108.9		25.77	14.82		-10.96	
4	1994	183.6		24.94	24.98		0.00	
5	1994	164.3		25.77	22.36		-3.42	
6	1994	80.3		24.94	10.93		-17.43	
7	1994	60.1		25.77	8.18		-17.60	
8	1994	150.6		25.77	20.49		-22.88	
9	1994	139.7		24.94	19.01		-5.93	
10	1994	102.5		25.77	13.95		-17.76	
11	1994	111.5		24.94	15.17		-9.77	
12	1994	15.8		25.77	2.15		-33.39	
2	1995	48.8		23.28	6.64		-16.64	
3	1995	62.2		25.77	8.46		-33.95	
5	1995	32.4		25.77	4.41		-21.37	
6	1995	74.5		24.94	10.14		-36.17	
7	1995	39.1		25.77	5.32		-20.45	
8	1995	71.7		25.77	9.76		-36.47	
9	1995	37		24.94	5.03		-19.91	
10	1995	142.5		25.77	19.39		-26.29	
11	1995	36.3		24.94	4.94		-20.00	
12	1995	30.6		25.77	4.16		-41.61	
1	1996	38.8		25.77	5.28		-20.49	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
2	1996	88.2		23.28	12.00		-31.77	
3	1996	239.4		25.77	32.58		0.00	
4	1996	95.3		24.94	12.97		-11.97	
5	1996	133.6		25.77	18.18		-7.59	
6	1996	141.8		24.94	19.30		-13.24	
7	1996	111.2		25.77	15.13		-10.64	
8	1996	50.9		25.77	6.93		-29.49	
9	1996	138.6		24.94	18.86		-6.08	
10	1996	213.1		25.77	29.00		0.00	
11	1996	70.1		24.94	9.54		-15.40	
12	1996	36.9		25.77	5.02		-36.16	
1	1997	109.3		25.77	14.87		-10.90	
2	1997	43.3		23.28	5.89		-28.29	
4	1997	88.2		24.94	12.00		-12.94	
6	1997	80		24.94	10.89		-27.00	
8	1997	32.2		25.77	4.38		-21.39	
10	1997	45.8		25.77	6.23		-40.94	
12	1997	29.5		25.77	4.01		-21.76	
1	1999	11.9		25.77	1.62		-45.92	
2	1999	174.6		23.28	23.76		0.00	
3	1999	53.7		25.77	7.31		-18.47	
4	1999	70.2		24.94	9.55		-15.39	
5	1999	123.1		25.77	16.75		-24.41	
6	1999	69.2		24.94	9.42		-15.53	
7	1999	90.8		25.77	12.36		-28.95	
8	1999	98.7		25.77	13.43		-12.34	
9	1999	230.1		24.94	31.31		0.00	
10	1999	168.5		25.77	22.93		-2.85	
11	1999	162.4		24.94	22.10		-5.69	
12	1999	99.7		25.77	13.57		-12.21	
1	2000	120.8		25.77	16.44		-21.54	
2	2000	149.1		23.28	20.29		-2.99	
3	2000	75.4		25.77	10.26		-18.51	
4	2000	53.4		24.94	7.27		-17.68	
5	2000	252.4		25.77	34.35		0.00	
6	2000	160.5		24.94	21.84		-3.10	
7	2000	98.5		25.77	13.40		-15.47	
8	2000	62.4		25.77	8.49		-17.28	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
9	2000	163		24.94	22.18		-20.05	
10	2000	53		25.77	7.21		-18.56	
11	2000	78.9		24.94	10.74		-32.77	
12	2000	40.5		25.77	5.51		-20.26	
1	2001	69.5		25.77	9.46		-36.58	
2	2001	26.4		23.28	3.59		-19.69	
3	2001	69.4		25.77	9.44		-36.02	
4	2001	35		24.94	4.76		-20.18	
5	2001	147.1		25.77	20.02		-25.94	
7	2001	19		25.77	2.59		-23.19	
8	2001	44.6		25.77	6.07		-42.89	
9	2001	95.9		24.94	13.05		-11.89	
10	2001	121.2		25.77	16.49		-21.17	
11	2001	146.1		24.94	19.88		-5.06	
12	2001	28.5		25.77	3.88		-26.96	
1	2002	25.5		25.77	3.47		-22.30	
2	2002	40.3		23.28	5.48		-40.10	
3	2002	117.5		25.77	15.99		-9.79	
4	2002	100.1		24.94	13.62		-21.11	
5	2002	186.3		25.77	25.35		-0.42	
6	2002	27		24.94	3.67		-21.69	
7	2002	28		25.77	3.81		-21.96	
8	2002	111.1		25.77	15.12		-32.62	
9	2002	43.6		24.94	5.93		-19.01	
10	2002	100.7		25.77	13.70		-31.08	
11	2002	66.2		24.94	9.01		-15.93	
12	2002	36.5		25.77	4.97		-36.74	
1	2003	138		25.77	18.78		-7.00	
2	2003	96.8		23.28	13.17		-17.10	
3	2003	108.8		25.77	14.81		-10.97	
5	2003	77.6		25.77	10.56		-26.18	
6	2003	166		24.94	22.59		-2.35	
7	2003	55		25.77	7.48		-20.64	
8	2003	50.6		25.77	6.89		-18.89	
4	2004	146.9		24.94	19.99		-23.84	
9	2004	113.8		24.94	15.49		-9.46	
10	2004	86.9		25.77	11.83		-23.41	
11	2004	218.1		24.94	29.68		0.00	

Mes	Año	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido (m3)	Volumen mensual de agua aprovechado (m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
12	2004	66.5		25.77	9.05		-16.73	
1	2007	61.3		25.77	8.34		-17.43	
2	2007	81.7		23.28	11.12		-29.60	
3	2007	178.9		25.77	24.34		-1.43	
4	2007	83.1		24.94	11.31		-15.06	
5	2007	163.2		25.77	22.21		-3.57	
6	2007	75.3		24.94	10.25		-18.26	
7	2007	49.7		25.77	6.76		-19.01	
8	2007	102.9		25.77	14.00		-30.78	
9	2007	70.9		24.94	9.65		-15.30	
10	2007	104.9		25.77	14.27		-26.79	
11	2007	68.2		24.94	9.28		-15.66	
12	2007	13.7		25.77	1.86		-39.57	
1	2008	107.7		25.77	14.66		-11.12	
2	2008	274.3		23.28	37.33		0.00	
3	2008	198.2		25.77	26.97		0.00	
4	2008	181.9		24.94	24.75		-0.19	
5	2008	183.4		25.77	24.96		-0.82	
6	2008	36.7		24.94	4.99		-20.77	
7	2008	35.5		25.77	4.83		-20.94	
8	2008	110.7		25.77	15.06		-31.65	
9	2008	99.8		24.94	13.58		-11.36	
10	2008	132.4		25.77	18.02		-19.12	
11	2008	131.7		24.94	17.92		-7.02	
12	2008	0		25.77	0.00		-32.80	
2	2009	110.7		23.28	15.06		-8.22	
3	2009	143.6		25.77	19.54		-14.45	
4	2009	118		24.94	16.06		-8.89	
5	2009	32.4		25.77	4.41		-30.25	
6	2009	81		24.94	11.02		-13.92	
7	2009	75.5		25.77	10.27		-29.42	
8	2009	251.5		25.77	34.22		0.00	
9	2009	5		24.94	0.68		-24.26	
10	2009	148		25.77	20.14		-5.63	
11	2009	114.5		24.94	15.58		-15.00	
2	2011	0		23.28	0.00		-23.28	
4	2010	27.6		24.94	3.76		-44.47	
5	2010	258.8		25.77	35.22		0.00	

Mes	Ano	Precipitación media acumulada mensual (mm)		Volumen consumido(m3)	Volumen mensual de agua aprovechado(m3)		Diferencia acumulada	
		Est. Club Camp.	Est. Lim.		Est. Club Camp.	Est. Lim.	Est. Club Camp.	Est. Lim.
6	2010	150.2		24.94	20.44		-4.50	
7	2010	71		25.77	9.66		-16.11	
8	2010	131.2		25.77	17.85		-24.03	
9	2010	218		24.94	29.67		0.00	
10	2010	64.5		25.77	8.78		-17.00	
12	2010	138.1		25.77	18.79		-6.98	
1	2011	15.00		25.77	2.04		-23.73	

Anexo 5. Dimensionamiento hidrosanitario y drenaje Pluvial del caso de estudio en Portugal.

Tabla 39 – Cálculos del diseño hidrosanitario del caso de estudio en Portugal.

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m ³ /s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
58-57	2.24	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.003	2.24	14.00	16.24
57-59	1.1	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.001		16.24	16.24
59-60	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	16.24	15.40
57-53	0.4	0.00027	17.5	1.1	0.003	0.001		16.24	16.24
53-54	1.34	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.003		16.24	16.24
54-55	0.92	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		16.24	16.24
53-45	0.3	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.001		16.24	16.25
45-46	0.1	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.000		16.25	14.01
46-47	2.24	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.003	2.24	14.01	14.00
46-48	1.04	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		14.01	14.00
45-50	1.28	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.003		16.25	16.24
50-51	1.28	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.003		16.24	16.24
51-52	0.84	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.004	0.84	16.24	15.40
45-9	3.37	0.00046	23	1.1	0.002	0.008	3.37	16.25	19.62
9-10	0.48	0.00040	29.1	0.6	0.001	0.000		19.62	19.62
10-11	7.66	0.00040	29.1	0.6	0.001	0.005		19.62	19.62
11-13	0.22	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.000		19.62	19.62
13-14	0.44	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.001		19.62	19.62

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m ³ /s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
14-15	1.5	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.003	1.5	19.62	18.11
14-16	0.5	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.001		18.11	18.11
16-17	0.94	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		18.11	18.11
17-18	1.1	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	1.1	18.11	17.01
11-12	0.39	0.00036	29.1	0.5	0.000	0.000		17.01	17.01
12-19	2.98	0.00036	29.1	0.5	0.000	0.002		17.01	17.01
19-60	3.37	0.00036	23	0.9	0.001	0.006	3.37	17.01	13.63
60-61	0.12	0.00036	23	0.9	0.001	0.000		13.63	13.63
61-66	0.53	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.003		13.63	13.63
66-67	1.52	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.008		13.63	13.62
67-68	0.2	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.001		13.62	13.62
68-69	0.84	0.00032	17.5	1.3	0.004	0.004	0.84	13.62	12.78
68-70	1.03	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		13.62	13.62
70-71	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	13.62	12.78
61-62	0.66	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.005		12.78	12.77
62-63	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	12.77	11.93
62-64	0.45	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.001		12.77	12.77
9-8	0.56	0.00079	36.3	0.8	0.001	0.000		19.62	19.62
8-7	1.27	0.00079	36.3	0.8	0.001	0.001		19.62	19.63
7-20	6.34	0.00103	36.3	1.0	0.001	0.008		19.63	19.62
20-21	1	0.00036	22.7	0.9	0.002	0.002		19.62	19.62
20-23	0.35	0.00099	36.3	1.0	0.001	0.000		19.62	19.62

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m3/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
23-24	0.48	0.00095	36.3	0.9	0.001	0.001		19.62	19.62
24-25	2.65	0.00103	36.3	1.0	0.001	0.003		19.62	19.61
25-26	0.87	0.00078	22.7	1.9	0.006	0.006	0.87	19.61	18.74
26-27	0.44	0.00078	22.7	1.9	0.006	0.003		18.74	18.74
27-28	0.48	0.00078	22.7	1.9	0.006	0.003		18.74	18.73
25-29	1.6	0.00053	29.1	0.8	0.001	0.002		19.61	19.61
29-31	1.17	0.00053	29.1	0.8	0.001	0.001		19.61	19.61
31-32	0.25	0.00053	29.1	0.8	0.001	0.000		19.61	19.61
32-33	0.2	0.00034	17.5	1.4	0.005	0.001		19.61	19.61
33-34	0.42	0.00034	17.5	1.4	0.005	0.002		19.61	19.61
34-35	1.1	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.008	1.1	19.61	18.50
34-36	0.44	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.001		19.61	19.61
36-37	1.1	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.008	1.1	18.50	17.39
32-38	6.24	0.00040	22.7	1.0	0.002	0.013		19.61	19.60
38-39	1.1	0.00015	13.75	1.0	0.003	0.005	1.1	19.60	18.49
38-40	0.2	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.000		19.60	19.60
40-41	1.1	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.008	1.1	19.60	18.49
40-42	2.54	0.00020	22.7	0.5	0.001	0.002		18.49	18.49
42-43	1.37	0.00020	22.7	0.5	0.001	0.001		18.49	18.49
43-44	1.1	0.00020	22.7	0.5	0.001	0.001	1.1	18.49	17.39
7-6	4.55	0.00125	36.3	1.2	0.001	0.008		17.39	17.39
6-5	7.57	0.00125	36.3	1.2	0.001	0.013		17.39	17.40

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m3/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
5-4	2.61	0.00125	36.3	1.2	0.001	0.004		17.40	17.40
4-2	0.15	0.00125	36.3	1.2	0.001	0.000		17.40	17.40
2-3	1.1	0.00036	22.7	0.9	0.002	0.002	1.1	17.40	16.30
2-1	1.24	0.00131	36.3	1.3	0.002	0.002		16.30	16.30
A-B	0.36	0.00074	29.1	1.1	0.002	0.001		18.73	18.73
B-C	0.28	0.00074	29.1	1.1	0.002	0.001		18.73	18.73
C-D	0.3	0.00074	29.1	1.1	0.002	0.001	0.3	18.73	18.43
D-E	1.33	0.00074	29.1	1.1	0.002	0.003		18.73	18.73
E-F	0.48	0.00074	29.1	1.1	0.002	0.001		18.73	18.73
F-G	0.2	0.00034	17.5	1.4	0.005	0.001		18.73	18.73
G-H	0.06	0.00034	17.5	1.4	0.005	0.000		18.73	18.73
H-I	0.9	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.006	0.9	18.73	17.82
H-J	0.51	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.001		18.73	18.72
J-K	0.9	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.006	0.9	18.72	17.82
F-L	5.88	0.00034	22.7	0.8	0.001	0.010		18.73	18.72
L-M	0.9	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.006	0.9	18.72	17.81
L-N	0.66	0.00020	17.5	0.8	0.002	0.001		18.72	18.72
N-O	0.9	0.00020	13.75	1.3	0.006	0.006	0.9	18.72	17.81
D-P	3.88	0.00063	29.1	0.9	0.001	0.006		18.73	18.73
P-Q	0.5	0.00063	29.1	0.9	0.001	0.001		18.73	18.72
Q-R	6.94	0.00063	29.1	0.9	0.001	0.010		18.72	18.71
R-S	1.57	0.00063	29.1	0.9	0.001	0.002		18.71	18.71

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m ³ /s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
S-T	0.71	0.00063	29.1	0.9	0.001	0.001		18.71	18.71
T-U	0.63	0.00051	22.7	1.3	0.003	0.002		18.71	18.71
U-V	7.38	0.00051	22.7	1.3	0.003	0.024		18.71	18.69
V-W	0.16	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.000		18.69	18.69
W-X	0.93	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		18.69	18.68
X-Y	1.11	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		18.68	18.68
Y-Z	0.9	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.9	18.68	17.78
V-AA	0.64	0.00034	22.7	0.8	0.001	0.001		18.69	18.69
AA-AB	3.21	0.00034	22.7	0.8	0.001	0.005		18.69	18.68
AB-AO	3.17	0.00034	23	0.8	0.001	0.005	3.17	18.68	15.51
AO-AP	0.29	0.00034	17.5	1.4	0.005	0.002		15.51	15.50
AP-AQ	0.55	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.001		15.50	15.50
AQ-AR	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	15.50	14.66
AP-AS	0.3	0.00030	17.5	1.2	0.004	0.001		15.50	15.50
AS-AT	1.32	0.00030	17.5	1.2	0.004	0.006		15.50	15.50
AT-AU	0.35	0.00030	17.5	1.2	0.004	0.002		15.50	15.50
AU-AV	0.84	0.00025	17.5	1.0	0.003	0.003	0.84	15.50	14.65
AS-AW	1.04	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		14.65	14.65
AW-AX	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	14.65	13.81
T-AC	3.17	0.00036	23	0.9	0.001	0.005	3.17	18.71	15.54
AC-AD	0.44	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.001		15.54	15.54
AD-AF	2.24	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.003	2.24	15.54	13.29

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m3/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
AD-AG	1.09	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		15.54	15.53
AG-AH	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	15.53	14.69
AC-AI	0.1	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.000		15.54	15.54
AI-AJ	0.22	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.000		15.54	15.54
AJ-AK	2.24	0.00015	17.5	0.6	0.001	0.003	2.24	15.54	13.29
AI-AL	1.03	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		15.54	15.53
AL-AM	0.9	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002		15.53	15.53
AM-AN	0.84	0.00010	13.75	0.7	0.002	0.002	0.84	15.53	14.69
S31-S30	1.44	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.003	1.44	15.00	16.44
S30-S29	1.06	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.002		16.44	16.45
S29-S28	0.17	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.000		16.45	16.45
S28-S20	3.37	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.002	3.37	16.45	19.82
S20-S19	3.13	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.002		19.82	19.82
S19-S15	0.52	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.000		19.82	19.82
S15-S16	0.19	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.000		19.82	19.82
S16-S17	0.49	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.000		19.82	19.82
S17-S18	1.7	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.001	1.7	19.82	18.12
S15-S13	7.59	0.00020	17.3	0.85	0.002	0.018		19.82	19.84
S13-S12	0.56	0.00020	17.3	0.85	0.002	0.001		19.84	19.84
S12-S21	3.37	0.00020	17.3	0.85	0.002	0.008	3.37	19.84	16.46
S21-S22	0.27	0.00010	17.3	0.43	0.001	0.000		16.46	16.46
S23-S23	1.32	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.003		16.46	16.46

Tramo	Longitud (m)	Caudal cálculo corregido (m3/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Altura vertical (m)	Presión (mca)	
								Inicial	Final
S22-S24	0.96	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.002		16.46	16.46
S24-S25	1.44	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.003		16.46	16.45
S21-S26	1.11	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.002		16.46	16.46
S26-S27	1.44	0.00010	13.75	0.67	0.002	0.003	1.44	16.46	15.02
S12-S11	0.64	0.00034	22.7	0.84	0.001	0.001		19.84	19.84
S11-S10	1.35	0.00034	22.7	0.84	0.001	0.002		19.84	19.84
S10-S32	7	0.00036	22.7	0.90	0.002	0.013		19.84	19.83
S32-S33	7.8	0.00036	22.7	0.90	0.002	0.014		19.83	19.82
S33-S34	1.3	0.00036	22.7	0.90	0.002	0.002	1.3	19.82	18.51
S10-S7	6.42	0.00050	22.7	1.24	0.003	0.020		19.84	19.86
S7-S8	1.09	0.00036	22.7	0.90	0.002	0.002		19.86	19.86
S8-S9	0.9	0.00036	22.7	0.90	0.002	0.002		19.86	19.86
S7-S3	1.5	0.00063	22.7	1.55	0.004	0.007		19.86	19.87
S3-S2	0.41	0.00073	22.7	1.80	0.005	0.003		19.87	19.87
S2-S1	0.5	0.00073	27.7	1.21	0.002	0.001		19.87	19.87
S3-S4	0.5	0.00036	29.7	0.52	0.000	0.000		19.87	19.87
S4-S5	3.09	0.00036	29.7	0.52	0.000	0.002		19.87	19.87
S5-S6	1.2	0.00036	36.1	0.35	0.000	0.000	1.2	19.87	18.67

*Los tramos nombrados únicamente con números son tramos de agua fría, aquellos que están nombrados únicamente con letras es de agua caliente y por últimos los que inician con S acompañados de un numero son tramos del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

Tabla 40 – Dimensionamiento de Canales.

Dimensionamiento de canales								
Canal	Caudal=C × Intensidad × Área				Q=K×Área×R ^{2/3} ×i ^{1/2}			
	C	Intensidad	Área (m ²)	Caudal (L/s)	K	A(m ²)	i	Caudal (L/s)
1	0.9	1.75	17.26	0.45	100	0.00610	0.005	4.21
2	0.9	1.75	19.35	0.51	100	0.00610	0.005	4.21
3	0.9	1.75	13.6	0.36	100	0.00610	0.005	4.21
4	0.9	1.75	11.38	0.30	100	0.00610	0.005	4.21
5	0.9	1.75	15	0.39	100	0.00610	0.005	4.21
6	0.9	1.75	35.62	0.94	100	0.00610	0.005	4.21
7	0.9	1.75	43.13	1.13	100	0.00610	0.005	4.21

Tabla 41 – Dimensionamiento Bajantes y colectores.

Bajantes		Colector		
		Núm.	Caudal (L/s)	Diámetro Ø (m)
α	0.453	1	0.453	0.104
β	0.35	2	0.508	0.104
∅	0.07864	3	0.357	0.104
Altura	0.03932	4	0.299	0.104
gravedad	9.81	5	0.394	0.104
Caudal(L/s)	5.358	6	0.935	0.104
		7	1.132	0.104

Anexo 6. Dimensionamiento hidrosanitario y drenaje Pluvial del caso de estudio en Colombia

Tabla 42 - Cálculos del diseño hidrosanitario del caso de estudio en Colombia.

Tramo	Unidades de Hunter	Longitud horizontal (m)	Longitud Vertical (m)	Caudal Hunter (l/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Presión (mca)	
									Inicial	Final
45-43	2	1.38	2.15	0.320	17.75	1.3	0.004	0.016	15.86	18.03
43-41	2	0.51		0.320	22.5	1	0.001	0.001	18.03	18.03
41-42	1	0.27	0.75	0.190	17.75	0.8	0.002	0.002	18.03	17.28
41-40	3	1.33	0.8	0.510	22.5	1.3	0.003	0.007	18.03	18.04
40-34	3	0.6		0.510	22.5	1.3	0.003	0.002	18.04	18.04
34-35	3	1.168	0.8	0.510	22.5	1.3	0.003	0.007	18.04	18.03
35-36	1	0.27	0.75	0.190	17.75	0.8	0.002	0.002	18.03	17.28
35-37	2	0.88		0.320	22.5	1	0.001	0.001	18.03	18.03
37-39	2	0.97	2.15	0.320	17.75	1.3	0.004	0.015	18.03	15.87
34-23	6	6.79		0.940	29.1	1.4	0.002	0.020	18.04	18.06
23-24	6	4.62	0.8	0.940	29.1	1.4	0.002	0.016	18.06	18.04
24-25	4	1.63		0.640	22.5	1.6	0.004	0.008	18.04	18.04
25-26	2	1.33	2.15	0.320	17.75	1.3	0.004	0.016	18.04	15.87
25-27	2	1.37	0.75	0.320	17.75	1.3	0.004	0.010	18.04	17.28
24-28	2	0.075		0.380	29.1	0.6	0.001	0.000	18.04	18.04
28-29	1	0.45	0.75	0.190	14	1.2	0.005	0.007	18.04	17.29
28-30	1	1.15		0.190	17.75	0.8	0.002	0.002	18.04	18.04
30-31	1	0.45	0.75	0.190	14	1.2	0.005	0.007	18.04	17.28
23-11	12		3.5	1.120	29.1	1.7	0.003	0.014	18.06	21.57

Tramo	Unidades de Hunter	Longitud horizontal (m)	Longitud Vertical (m)	Caudal Hunter (l/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Presión (mca)	
									Inicial	Final
11-9	12	3.32		1.120	29.1	1.7	0.003	0.013	21.57	21.59
9-10	2	0.41	0.9	0.320	22.7	0.8	0.001	0.002	21.59	20.68
9-8	14	4.28		1.170	29.1	1.8	0.004	0.018	21.59	21.57
8-12	24	2.57		1.420	36.3	1.4	0.002	0.005	21.57	21.56
12-13	3	1.8	1	0.510	22.7	1.3	0.003	0.009	21.56	21.55
13-14	1	0.15	0.9	0.190	14	1.2	0.005	0.006	21.55	20.65
13-15	2	0.62		0.320	22.7	1	0.001	0.001	21.55	21.55
15-17	2	1.07	2.3	0.320	17.75	1.3	0.004	0.016	21.55	19.24
12-18	21	4.98		1.360	36.3	1.3	0.002	0.010	21.56	21.55
18-19	19	0.11	2.5	1.300	29.1	2.0	0.004	0.013	21.55	19.04
18-20	2	6.1		0.280	22.7	0.7	0.001	0.007	21.55	21.55
20-21	2	0.35	0.9	0.280	22.7	0.7	0.001	0.001	21.55	20.64
8-4	38	6.43		1.707	36.3	1.7	0.002	0.019	21.57	21.59
4-5	1	2.94	1	0.190	17.5	0.8	0.002	0.008	21.59	21.58
5-7	1	1.04	0.9	0.190	14	1.2	0.005	0.011	21.58	20.67
4-2	39	4.3		1.725	36.3	1.7	0.002	0.013	21.59	21.60
2-1	39	5.29	0.9	1.725	36.3	1.7	0.002	0.018	21.60	22.52
A1-A2	2	1.69	2.15	0.32	17.75	1.3	0.004	0.018	11.09	13.26
A2-A3	1	0.12	0.75	0.19	14	1.2	0.005	0.005	13.26	12.50
A2-A4	3	1.38		0.51	22.5	1.3	0.003	0.005	13.26	13.26
A4-A5	3	1.03		0.51	22.5	1.3	0.003	0.004	13.26	13.26
A5-A6	1	0.36	0.75	0.19	14	1.2	0.005	0.006	13.26	12.50
A5-A7	2	1.96	2.15	0.32	17.75	1.3	0.004	0.019	13.26	11.09

Tramo	Unidades de Hunter	Longitud horizontal (m)	Longitud Vertical (m)	Caudal Hunter (l/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Presión (mca)	
									Inicial	Final
A4-A8	6	6.75		0.94	29.1	1.4	0.002	0.020	13.26	13.28
A8-A9	6	4.51		1.02	29.1	1.5	0.003	0.015	13.28	13.27
A9-A10	1	0.52	0.75	0.19	14	1.2	0.005	0.007	13.27	12.51
A9-A11	5	0.21		0.83	22.7	2	0.006	0.002	13.27	13.27
A11-A12	1	0.91		0.19	14	1.2	0.005	0.005	13.27	13.26
A12-A13	1	0.52	0.75	0.19	14	1.2	0.005	0.007	13.26	12.50
A11-A14	4	1.63		0.64	22.7	1.6	0.004	0.008	12.50	12.50
A14-A15	2	0.97	0.75	0.32	17.75	1.3	0.004	0.008	12.50	11.74
A14-A16	2	1.26	2.15	0.32	17.75	1.3	0.004	0.016	12.50	10.33
A8-A17	12		3.35	1.12	29.1	1.7	0.003	0.013	13.28	16.65
A17-A18	12	6.4	0.7	1.12	29.1	1.7	0.003	0.028	16.65	16.67
A18-A20	14	0.57		1.17	29.1	1.8	0.004	0.002	16.67	16.68
A20-A21	19		2.35	1.30	29.1	2.0	0.004	0.012	16.68	19.04
A20-A22	5	0.44		1.02	29.1	1.5	0.003	0.001	16.68	16.68
A22-A23	2	1.27		0.51	22.5	1.3	0.003	0.004	16.68	16.67
A23-A24	2	0.15	2.15	0.32	17.75	1.3	0.004	0.011	16.67	14.51
A23-A25	1	1.38	0.75	0.19	14	1.2	0.005	0.012	16.67	15.91
A22-A26	3	2.8		0.51	22.7	1.3	0.003	0.009	16.68	16.67
A26-A27	2	0.062	0.75	0.32	22.7	0.8	0.001	0.001	16.67	15.92
A26-A28	1	10.38	0.75	0.19	22.5	0.5	0.001	0.007	16.67	15.91
A18-A19	2	5.93	0.9	0.28	22.7	0.7	0.001	0.008	16.67	15.77
S14-S12	3	2.78	1.85	0.19	14	1.2	0.005	0.027	17.28	18.15
S12-S13	3	2.02	1.85	0.19	14	1.2	0.005	0.022	18.15	17.28

Tramo	Unidades de Hunter	Longitud horizontal (m)	Longitud Vertical (m)	Caudal Hunter (l/s)	Diámetro comercial interior (mm)	velocidad (m/s)	Pérdidas de cargas continuas J (m/m)	Pérdidas de carga localizadas y continuas (m)	Presión (mca)	
									Inicial	Final
S12-S11	6	6.57		0.25	22.7	0.6	0.001	0.006	18.15	18.16
S11-S15	3	6.21	1.85	0.19	14	1.2	0.005	0.046	18.16	17.26
S11-S9	6	3.59	3.5	0.25	22.7	0.6	0.001	0.007	18.16	21.67
S9-S10	1	7.5	0.9	0.32	22.7	0.8	0.001	0.012	21.67	20.76
S9-S7	7	4.58		0.28	22.7	0.7	0.001	0.005	21.67	21.67
S7-S8	3	0.15	1.4	0.19	14	1.2	0.005	0.009	21.67	20.26
S7-S6	10	11.63	1.2	0.43	22.7	1.1	0.002	0.031	21.67	21.70
S6-S5	3	3.02	2.6	0.19	14	1.2	0.005	0.032	21.70	20.27
S6-S4	13	1.48		0.40	22.7	1.0	0.002	0.003	21.70	21.71
S4-S3	13	4.2		0.40	22.7	1.0	0.002	0.009	21.71	21.72
S3-S2	1	5.5	0.9	0.32	22.7	0.8	0.001	0.009	21.72	20.81

*Los tramos nombrados únicamente con números son tramos de agua fría, aquellos que están nombrados con la letra A y acompañado por un número es de agua caliente y por últimos los que inician con S acompañados de un número son tramos del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

Tabla 43 – Dimensionamiento Canales.

Canal	Área (m ²)	Caudal (L/s)	Diámetro requerido (mm)	Diámetro Final (mm)
1	4.410	0.102	76	127
2	16.490	0.383	76	127
3	31.290	0.726	102	127
4	35.680	0.828	102	127
5	40.070	0.930	127	127
6	35.620	0.827	127	127
7	43.130	1.001	127	127
8	32.070	0.745	102	127
9	36.910	0.857	102	127
10	31.270	0.726	102	127
11	26.880	0.624	102	127
12	12.080	0.280	76	127
13	38.240	0.888	127	127

Tabla 44 – Dimensionamiento Bajantes

Bajante	Área (m ²)	Caudal (L/s)	Diámetro nominal requerido (mm)	Diámetro nominal Final (mm)
1	40.070	0.930	75	75
2	35.620	0.827	75	75
3	43.130	1.001	75	75
4	68.180	1.583	75	75
5	38.240	0.888	75	80

Tabla 45 – Dimensionamiento colectores.

Colectores	Área (m ²)	Caudal (L/s)	Diámetro requerido (mm)	Diámetro Final (mm)
1	43.130	1.001	100	110
2	68.180	1.583	100	110
3	111.310	2.584	100	110
4	40.070	0.930	100	110
5	151.380	3.515	100	110
6	35.620	0.827	100	110
7	187.000	4.342	125	125
8	38.240	0.888	100	110
9	225.240	5.229	125	125

Anexo 7. Presupuesto de costo de construcción, mantenimiento y depreciación por año para el caso de estudio en Portugal.

Tabla 46 – Mantenimiento y depreciación anual para el caso de estudio en Portugal.

Tipo	Valor Unitario (€)	Cantidad anual	Valor total (€)
Limpieza tanque de sistema de aprovechamiento	11.51	0.5	5.76
Limpieza Canaleta	5.76	1	5.76
Depreciación elementos electrónicos	34.60	1	34.60
Mantenimiento preventivo de bombeo, flotadores, filtro y válvulas.	17.27	2	34.54
Total al año			80.65

Tabla 47 – Presupuesto de costo de construcción para el caso de estudio en Portugal.

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
Red aguas lluvias						4,416.04	7,123.08
1	UN	Válvula anti-retorno de polipropileno, de 110 mm de diámetro.	1	0	372.85	372.85	0.00
2	UN	Válvula limitadora de presión, de 1 1/4" DN 32 mm de diámetro.	1	0	132.11	132.11	0.00
3	UN	Caja de inspección pre fabricada de dimensiones 40x40x50 cm.	2	2	75.13	150.26	150.26
4	UN	Caja de inspección en el extremo de bajante de polipropileno de dimensiones 40x40x40 cm.	6	6	123.00	738.00	738.00
5	UN	Conexión a la red general de saneamiento del municipio.	1	1	176.76	176.76	176.76
6	m	Colector de PVC liso, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	36	36	15.20	547.20	547.20
7	m	Tubería para ligación a la red general de saneamiento de PVC liso, de 125 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	4	4	48.69	194.76	194.76
8	UN	Caja de inspección pre fabricada, de dimensiones 80x80x80 cm.	1	1	174.70	174.70	174.70
9	UN	Caja de inspección pre fabricada, de dimensiones 50x50x50 cm.	1	1	106.35	106.35	106.35
10	UN	Bomba Submersível de agua Suja TWP 4025 E	2	0	29.95	59.90	0.00
11	UN	Depósito de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), horizontal, de 1000 litros, de 900 mm de diámetro e 1550 mm de comprimento, para enterrar.	1	0	498.22	498.22	0.00
12	m³	Excavación manual	2	6	27.53	55.06	165.18
13	m	Canal circular de PVC con óxido de titanio, con junta, de desarrollo 250 mm, color gris claro.	65	65	12.43	807.95	807.95
14	m	Bajante circular Tubo de PVC com óxido de titanio, de Ø 80 mm, color gris claro.	32	32	12.56	401.92	401.92

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
15	UN	Kit sistema de aprovechamiento de aguas lluvias (Pack Carat Eco Plus)	0	1	3,660.00	0.00	3,660.00
Red de abastecimiento						7,322.65	7,520.89
16	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 68 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 25 mm de diámetro y 2,3 mm de espesor	41	48	33.68	1,380.88	1,616.64
17	UN	Acometida de abastecimiento de agua potable.	1	1	262.86	262.86	262.86
18	UN	Alimentación de agua potable, de 8 m de longitud, enterrada.	1	1	420.45	420.45	420.45
19	UN	Preinstalación de medidor general de agua de 1 1/2" DN 40 mm, con llave de corte general de compuerta.	1	1	44.64	44.64	44.64
20	UN	Instalación interior de abastecimiento de agua para cocina con capacidad para: máquina de loza, tomada y válvula de seccionamiento para máquina de loza, tomada y válvula de seccionamiento para lavaplatos, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para a red de agua fría e caliente.	1	1	326.03	326.03	326.03
21	UN	Instalación interior de abastecimiento de agua para galería con capacidad para: tanque de lavar ropa, tomada e válvula de seccionamiento para máquina de lavar ropa, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para a red de agua fría e caliente.	1	1	255.24	255.24	255.24
22	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, ducha con columna, bidé y bañera realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	1	1	573.56	573.56	573.56
23	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	1	1	312.31	312.31	312.31

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
24	m	Tubería para montante de fontanería, empotrada en la pared, formada por polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), de 26 mm de diámetro exterior e 3 mm de espesor.	14	21	9.66	135.24	202.86
25	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, ducha con columna, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	2	2	445.17	890.34	890.34
26	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 68 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor.	32	32	35.75	1,144.00	1,144.00
27	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 140 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 40 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor	30	28	52.57	1,577.10	1,471.96
28	m	Tubería enterrada, formada por tubo multicámara de polipropileno copolímero random resistente a temperatura, de 20 mm de diámetro exterior.	0	22	18.05	0.00	397.10
Total						11,738.69	14,643.97

Anexo 8. Presupuesto de costo de construcción, mantenimiento y depreciación por año para el caso de estudio en Colombia.

Tabla 48 - Mantenimiento y depreciación anual para el caso de estudio en Colombia.

Tipo	Valor Unitario (\$)	Cantidad anual	Valor total (\$)
Limpieza tanque de sistema de aprovechamiento	11250	0.5	5625.00
Limpieza Canaleta	11250	1	11250.00
Depreciación elementos electrónicos	386666.67	1	386666.67
Mantenimiento preventivo de bombeo, flotadores, filtro y válvulas.	16875	2	33750.00
Total al año			437291.67

Tabla 49 - Presupuesto de costo de construcción para el caso de estudio en Colombia.

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
Red aguas lluvias						7,022,337.11	21,011,828.81
1	UN	Conexión a la red general de saneamiento del municipio.	1.000	1.000	136,779.32	136,779.32	136,779.32
2	m	Colector de PVC liso, de 110 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	60.000	60.000	26,646.18	1,598,770.80	1,598,770.80
3	m	Colector de PVC liso, de 125 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	5.000	5.000	31,893.19		
4	m	Tubería para ligación a la red general de saneamiento de PVC liso, de 125 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	4.000	4.000	61,567.98	246,271.92	246,271.92
5	UN	Caja de inspección pre fabricada, de dimensiones 30x30x30 cm.	6.000	6.000	145,996.28	875,977.68	875,977.68

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
6	UN	Caja de inspección pre fabricada, de dimensiones 40x40x40 cm.	2.000	2.000	239,523.77	479,047.54	479,047.54
7	m³	Excavación manual	0.000	6.000	35,900.00	0.00	215,400.00
8	m	Canal circular de PVC con óxido de titanio, con junta, de desarrollo 330 mm, color gris claro.	106.000	160.00	31,273.41	3,314,981.46	3,314,981.46
9	m	Bajante circular Tubo de PVC con óxido de titanio, de Ø 80 mm, color gris claro.	14.000	14.000	23,466.22	328,527.08	328,527.08
10	m	Bajante interior resistente al fuego de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro, unión pegada con adhesivo.	3.500	3.500	11,994.66	41,981.31	41,981.31
11	UN	Tanque cónico de 5000L de AQUALITY PLAST SAS	0.000	1.000	1,550,000.00	0.00	1,550,000.00
12	UN	Tanque cónico de 1000L de AQUALITY PLAST SAS	0.000	1.000	250,000.00	0.00	250,000.00
13	UN	Planta tratamiento agua lluvia Eduadoño	0.000	1.000	5,173,900.00	0.00	5,173,900.00
14	UN	Válvula de alivio 1"	0.000	1.000	191.70	0.00	191.70
15	UN	bomba Eco Plus (Carat Eco Plus)	0.000	1.000	6,800,000.00	0.00	6,800,000.00
Capítulo		Red de abastecimiento				16,060,376.07	19,202,281.51
16	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 68 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 25 mm de diámetro y 2,3 mm de espesor	39.000	80.000	76,631.84	2,988,641.76	6,130,547.20
17	UN	Acometida de abastecimiento de agua potable.	1.000	1.000	349,138.56	349,138.56	349,138.56
18	UN	Alimentación de agua potable, de 8 m de longitud, enterrada.	1.000	1.000	756,016.17	756,016.17	756,016.17
19	UN	Preinstalación de medidor general de agua de 1 1/2" DN 40 mm, con llave de corte general de compuerta.	1.000	1.000	256,471.96	256,471.96	256,471.96

No	UN	Descripción	Cantidad		Precio Unitario (€)	Precio total (€)	
			Original	Nueva		Original	Nueva
20	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, ducha con columna, bidé y bañera realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	1.000	1.000	859,956.72	859,956.72	859,956.72
21	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	1.000	1.000	654,502.19	654,502.19	654,502.19
22	m	Tubería para montante de fontanería, empotrada en la pared, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior	8.000	8.000	20,284.53	162,276.24	162,276.24
23	UN	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: sanitario, lavamanos doble, ducha con columna, realizada con polietileno de alta densidad/aluminio/polietileno reticulado (PEAD/Al/PE-X), para la red de agua fría y caliente.	3.000	3.000	762,723.95	2,288,171.85	2,288,171.85
24	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 68 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor.	53.000	53.000	80,623.46	4,273,043.38	4,273,043.38
25	m	Tubería para refrigeración y agua fría, de 140 mm de diámetro, compuesta por tubo de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE) de 40 mm de diámetro y 3,7 mm de espesor	29.000	29.000	119,729.56	3,472,157.24	3,472,157.24
26	m	Tubería para montante de fontanería, colocada superficialmente, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), de 25 mm de diámetro exterior.	0.000	7.000	10,756.58	0.00	75,296.06
Total						23,082,713.18	40,214,110.32

Anexo 9. Viabilidad financiera de caso de estudio en Portugal.

Tabla 50 – Proyección económico para el caso de estudio en Portugal.

Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
0			-2,905.28	
1	139.51	84.97	54.54	-2,850.74
2	141.34	86.09	55.26	-2,795.48
3	143.20	87.22	55.98	-2,739.50
4	145.08	88.36	56.72	-2,682.79
5	146.98	89.52	57.46	-2,625.32
6	148.91	90.70	58.22	-2,567.11
7	150.87	91.89	58.98	-2,508.13
8	152.85	93.09	59.75	-2,448.37
9	154.86	94.32	60.54	-2,387.83
10	156.89	95.55	61.33	-2,326.50
11	158.95	96.81	62.14	-2,264.36
12	161.04	98.08	62.96	-2,201.41
13	163.15	99.37	63.78	-2,137.62
14	165.29	100.67	64.62	-2,073.00
15	167.46	101.99	65.47	-2,007.54
16	169.66	103.33	66.33	-1,941.21
17	171.89	104.69	67.20	-1,874.01
18	174.15	106.07	68.08	-1,805.93
19	176.43	107.46	68.97	-1,736.96
20	178.75	108.87	69.88	-1,667.08
21	181.10	110.30	70.80	-1,596.28

Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
22	183.47	111.75	71.73	-1,524.55
23	185.88	113.21	72.67	-1,451.88
24	188.32	114.70	73.62	-1,378.26
25	190.80	116.21	74.59	-1,303.67
26	193.30	117.73	75.57	-1,228.10
27	195.84	119.28	76.56	-1,151.54
28	198.41	120.84	77.57	-1,073.97
29	201.02	122.43	78.59	-995.39
30	203.66	124.04	79.62	-915.77
31	206.33	125.67	80.66	-835.11
32	209.04	127.32	81.72	-753.39
33	211.78	128.99	82.79	-670.59
34	214.56	130.68	83.88	-586.71
35	217.38	132.40	84.98	-501.73
36	220.24	134.14	86.10	-415.63
37	223.13	135.90	87.23	-328.40
38	226.06	137.68	88.37	-240.03
39	229.02	139.49	89.53	-150.49
40	232.03	141.32	90.71	-59.78
41	235.08	143.18	91.90	32.12
42	238.16	145.06	93.11	125.23
43	241.29	146.96	94.33	219.56
44	244.46	148.89	95.57	315.13
45	247.67	150.85	96.82	411.95
46	250.92	152.83	98.10	510.05

Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
47	254.22	154.83	99.38	609.43
48	257.55	156.87	100.69	710.12
49	260.94	158.93	102.01	812.13
50	264.36	161.01	103.35	915.48
VPN				-€1,268.70
TIR				1.014%
B/C				0.77
Tasa de descuento				3.5%
Tasa de inflación				1.3%

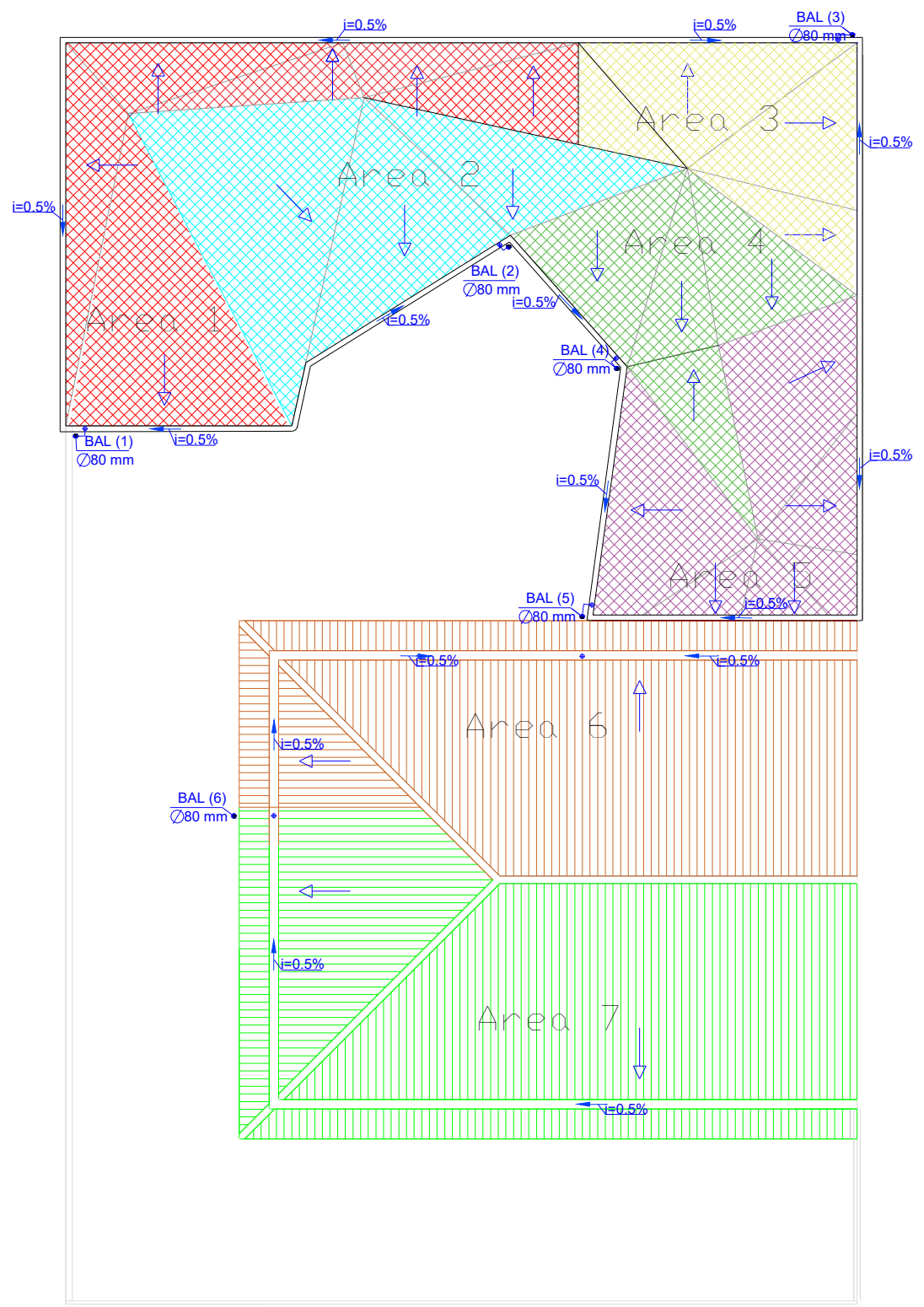
Anexo 10. Viabilidad financiera de caso de estudio en Colombia.

Tabla 51 – Proyección económico para el caso de estudio en Colombia.










Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
0			-17,131,397.14	
1	799,394.00	446,536.58	352,857.42	-16,778,539.72
2	829,075.50	463,116.48	365,959.02	-16,412,580.70
3	859,859.07	480,312.00	379,547.07	-16,033,033.63
4	891,785.64	498,145.98	393,639.66	-15,639,393.97
5	924,897.64	516,642.14	408,255.50	-15,231,138.47
6	959,239.09	535,825.07	423,414.02	-14,807,724.45
7	994,855.64	555,720.25	439,135.39	-14,368,589.06
8	1,031,794.63	576,354.14	455,440.48	-13,913,148.58
9	1,070,105.16	597,754.17	472,350.99	-13,440,797.59
10	1,109,838.17	619,948.79	489,889.38	-12,950,908.21
11	1,151,046.46	642,967.48	508,078.97	-12,442,829.24
12	1,193,784.81	666,840.87	526,943.95	-11,915,885.29
13	1,238,110.04	691,600.67	546,509.38	-11,369,375.91
14	1,284,081.07	717,279.80	566,801.27	-10,802,574.65
15	1,331,759.00	743,912.40	587,846.60	-10,214,728.05
16	1,381,207.21	771,533.87	609,673.34	-9,605,054.70
17	1,432,491.43	800,180.92	632,310.51	-8,972,744.19
18	1,485,679.84	829,891.64	655,788.20	-8,316,955.98
19	1,540,843.13	860,705.51	680,137.62	-7,636,818.36



Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
20	1,598,054.64	892,663.51	705,391.13	-6,931,427.23
21	1,657,390.41	925,808.11	731,582.30	-6,199,844.93
22	1,718,929.31	960,183.36	758,745.95	-5,441,098.98
23	1,782,753.16	995,834.97	786,918.19	-4,654,180.79
24	1,848,946.78	1,032,810.32	816,136.46	-3,838,044.32
25	1,917,598.18	1,071,158.57	846,439.61	-2,991,604.71
26	1,988,798.60	1,110,930.69	877,867.91	-2,113,736.80
27	2,062,642.69	1,152,179.54	910,463.15	-1,203,273.65
28	2,139,228.61	1,194,959.97	944,268.65	-259,005.01
29	2,218,658.17	1,239,328.83	979,329.34	720,324.33
30	2,301,036.95	1,285,345.11	1,015,691.84	1,736,016.17
31	2,386,474.45	1,333,069.98	1,053,404.48	2,789,420.65
32	2,475,084.25	1,382,566.86	1,092,517.38	3,881,938.03
33	2,566,984.13	1,433,901.57	1,133,082.55	5,015,020.58
34	2,662,296.25	1,487,142.34	1,175,153.91	6,190,174.49
35	2,761,147.31	1,542,359.93	1,218,787.37	7,408,961.87
36	2,863,668.71	1,599,627.76	1,264,040.95	8,673,002.82
37	2,969,996.72	1,659,021.93	1,310,974.79	9,983,977.61
38	3,080,272.70	1,720,621.42	1,359,651.28	11,343,628.89
39	3,194,643.23	1,784,508.09	1,410,135.14	12,753,764.03
40	3,313,260.33	1,850,766.88	1,462,493.45	14,216,257.49
41	3,436,281.69	1,919,485.85	1,516,795.84	15,733,053.32
42	3,563,870.83	1,990,756.36	1,573,114.47	17,306,167.79
43	3,696,197.35	2,064,673.14	1,631,524.21	18,937,691.99
44	3,833,437.16	2,141,334.46	1,692,102.70	20,629,794.69

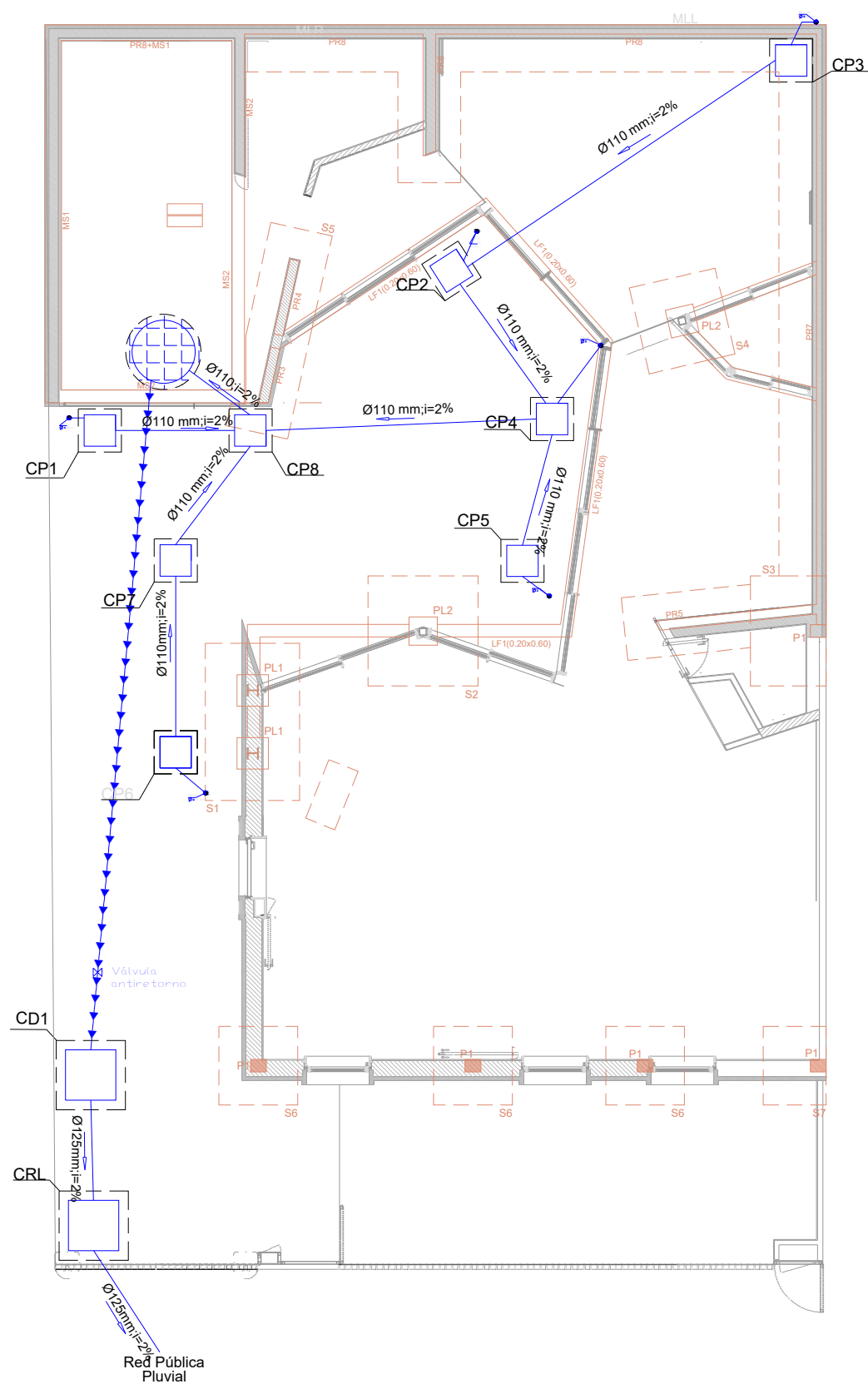
Año	Ingresos	Egresos	Flujo neto	Flujo neto acumulado
45	3,975,772.68	2,220,842.21	1,754,930.47	22,384,725.17
46	4,123,393.12	2,303,302.08	1,820,091.04	24,204,816.21
47	4,276,494.71	2,388,823.68	1,887,671.02	26,092,487.23
48	4,435,280.95	2,477,520.71	1,957,760.25	28,050,247.47
49	4,599,962.94	2,569,511.05	2,030,451.88	30,080,699.36
50	4,770,759.56	2,664,917.00	2,105,842.56	32,186,541.92
VPN				-\$6,181,679.12
TIR				3.684%
B/C				0.800
Tasa de descuento				3.51%
Tasa de inflación				3.7%



SIMBOLOGÍA

	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	REJILLA
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS
	CAJA LIGACIÓN RED PÚBLICA PLUVIAL
	CAJA DE DESCOMPRESIÓN
	VÁLVULA ANTIRRETORNO
	GRUPO ELECTROBOMBA CON TANQUE

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  		
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.		
DIRECCIÓN: RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.	ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA CUBIERTA	ESCALA: 1 : 100	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	REJILLA
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS
	CAJA LIGACIÓN RED PÚBLICA PLUVIAL
	CAJA DE DESCOMPRESIÓN
	VÁLVULA ANTIRRETORNO
	GRUPO ELECTROBOMBA CON TANQUE

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

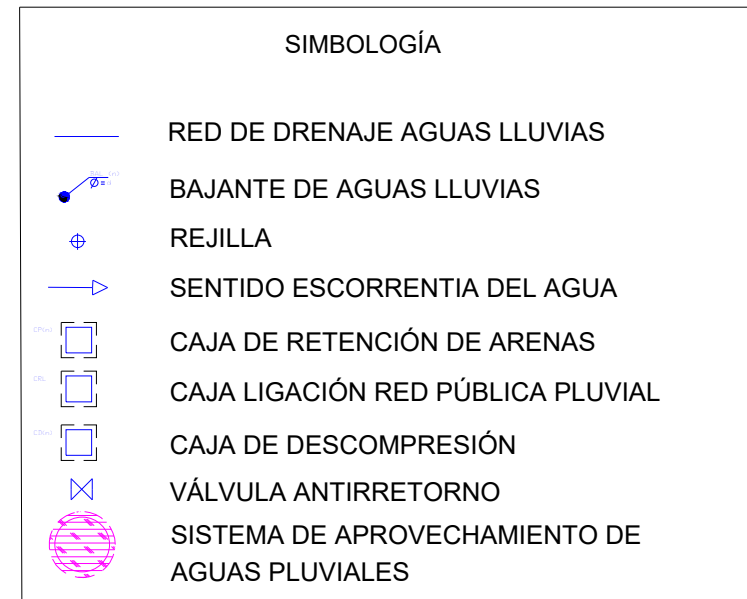
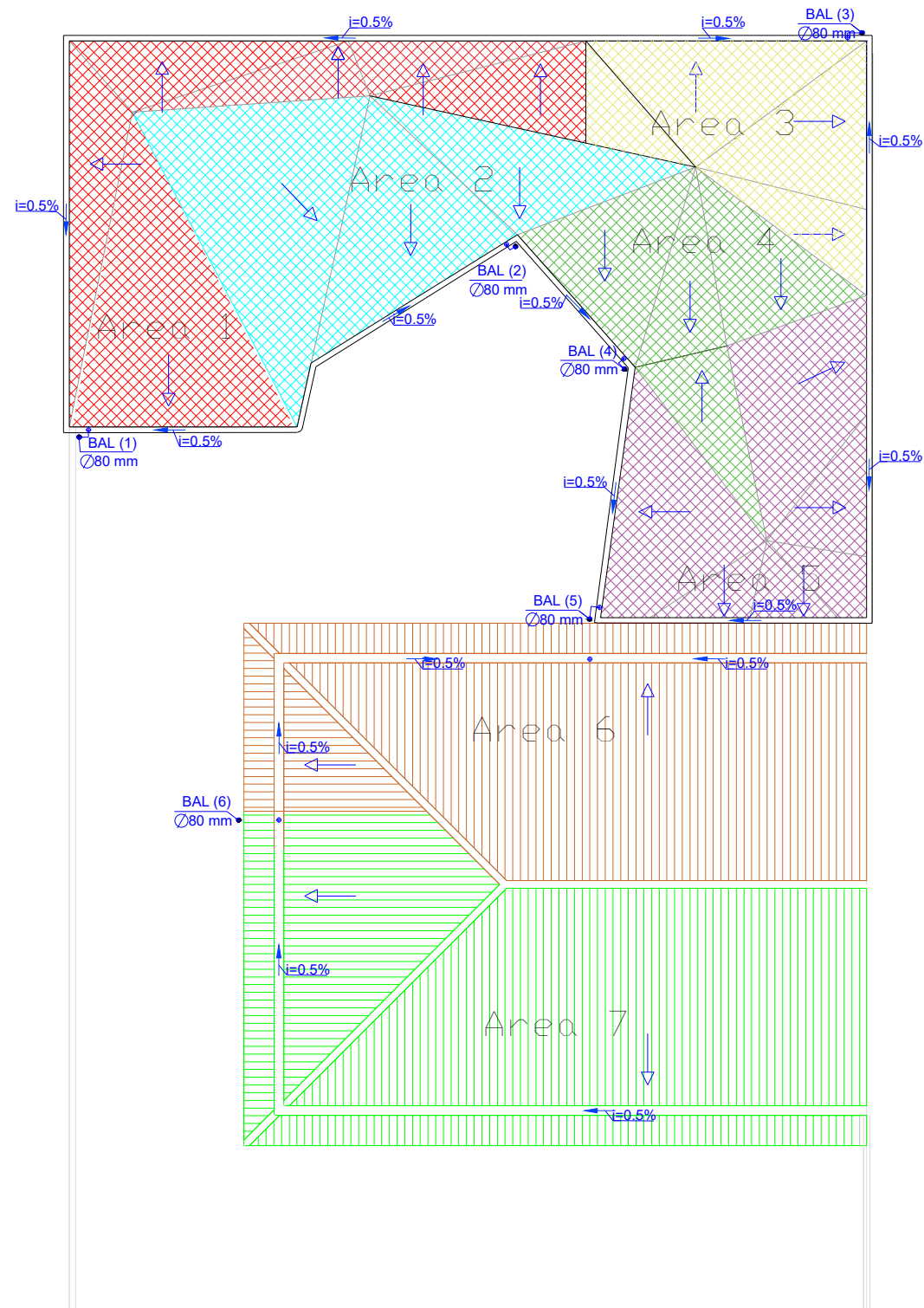
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ

DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PISO 0.

ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

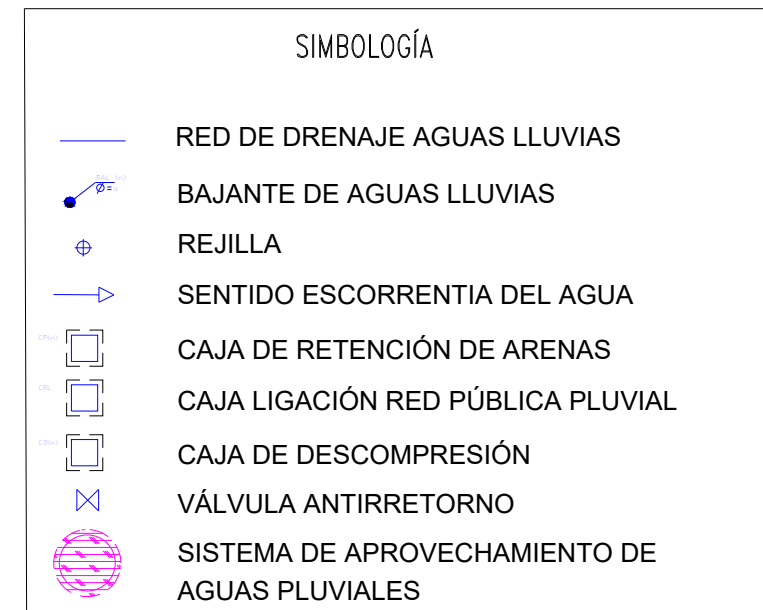
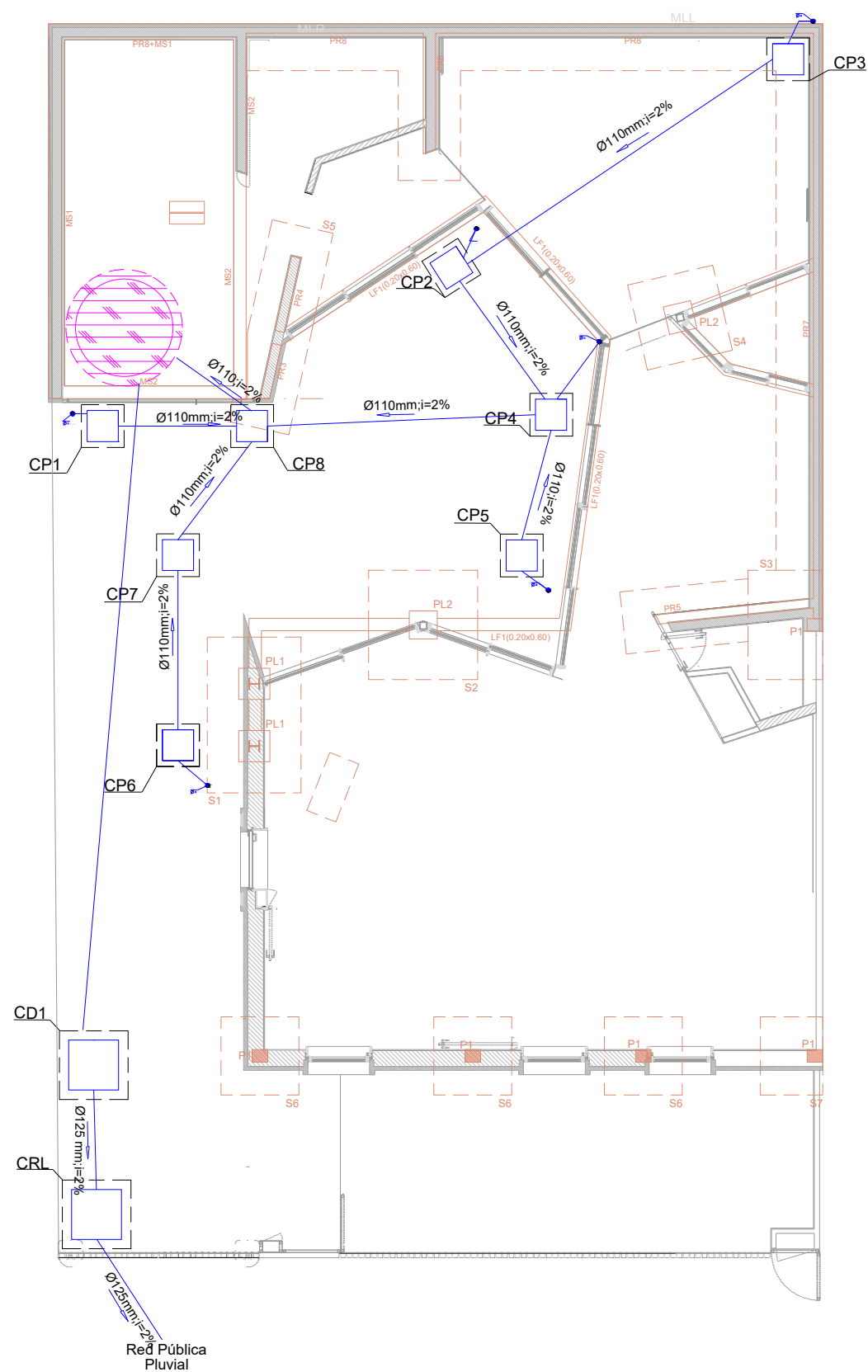
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA CUBIERTA

ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

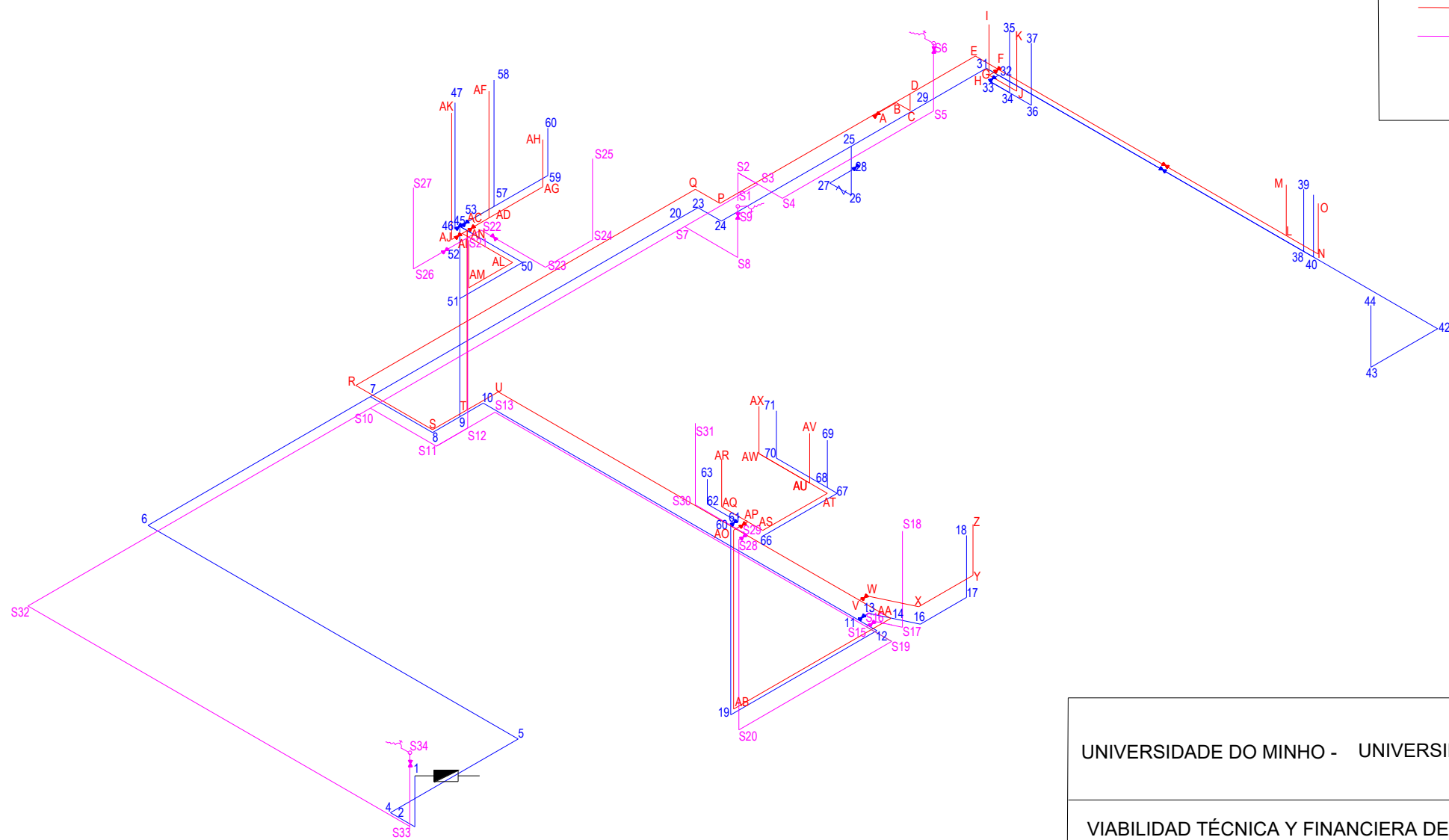
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PISO 0.

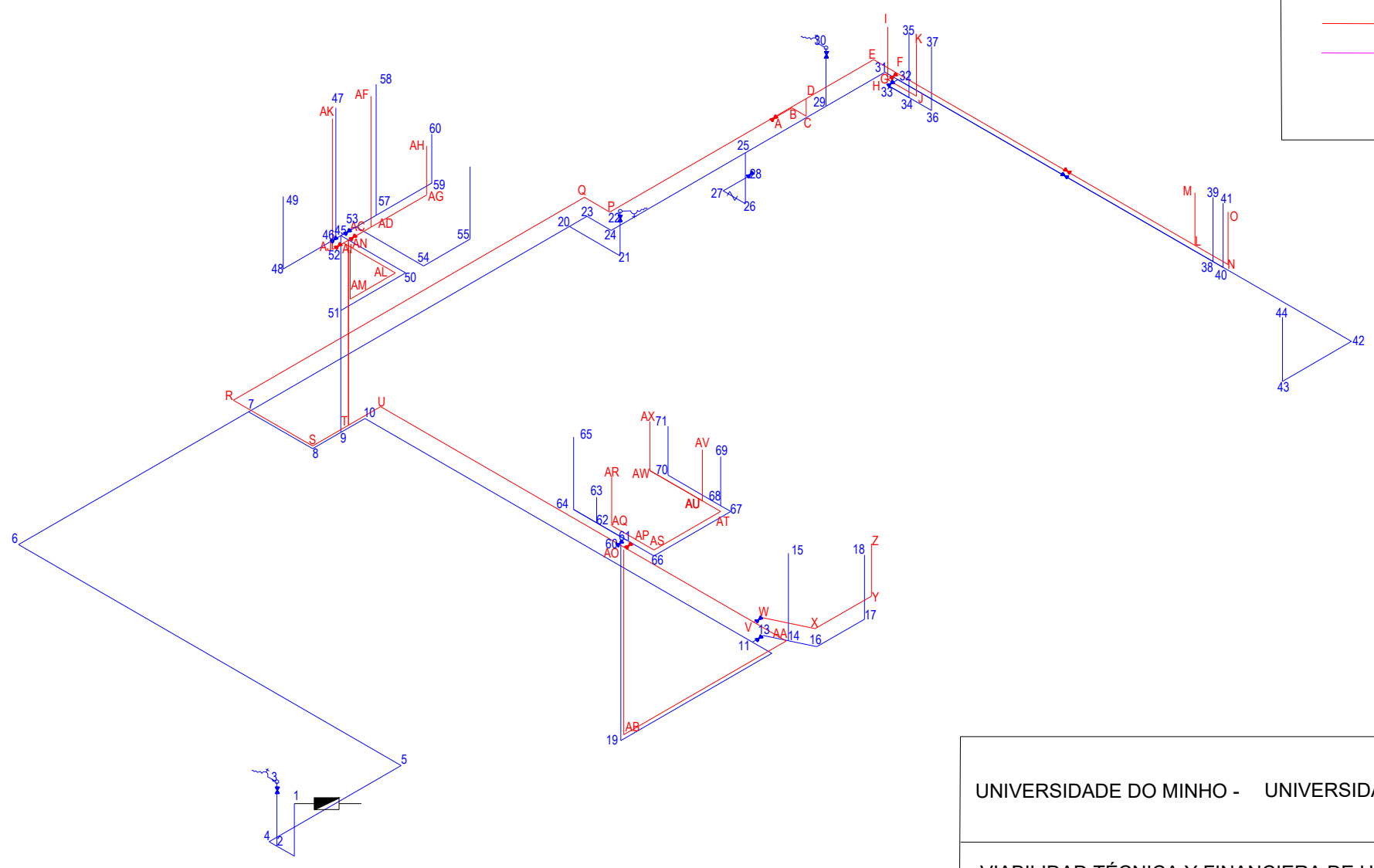
ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.					
DIRECCIÓN: RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.				ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
PLANO ISOMETRICO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES				ESCALA: 1 : 100	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

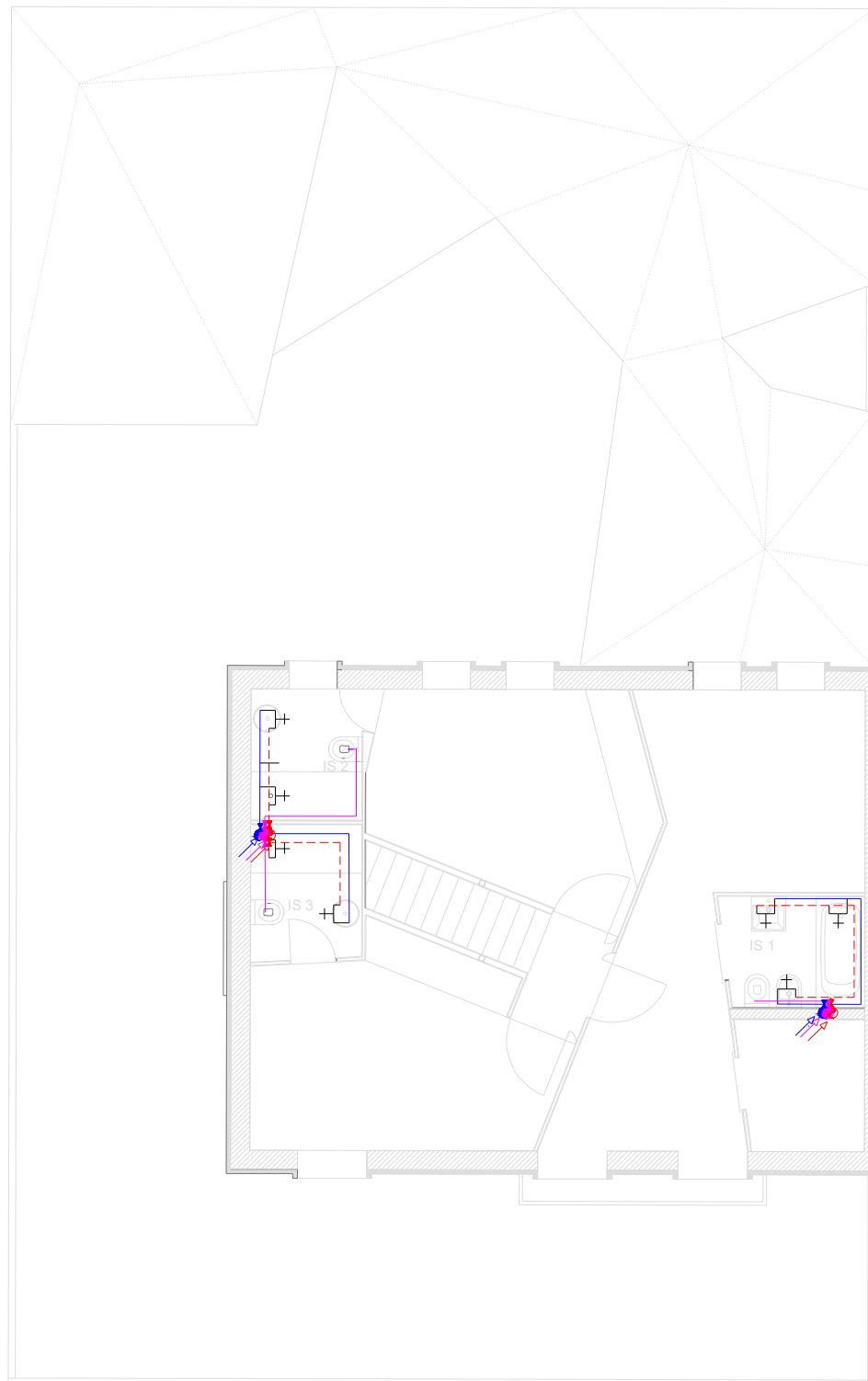
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

PLANO ISOMETRICO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	INDICACIÓN DESCENSO DE TUBERÍA
	INDICACIÓN SUBIDA DE TUBERÍA
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	LLAVE MISTURADORA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

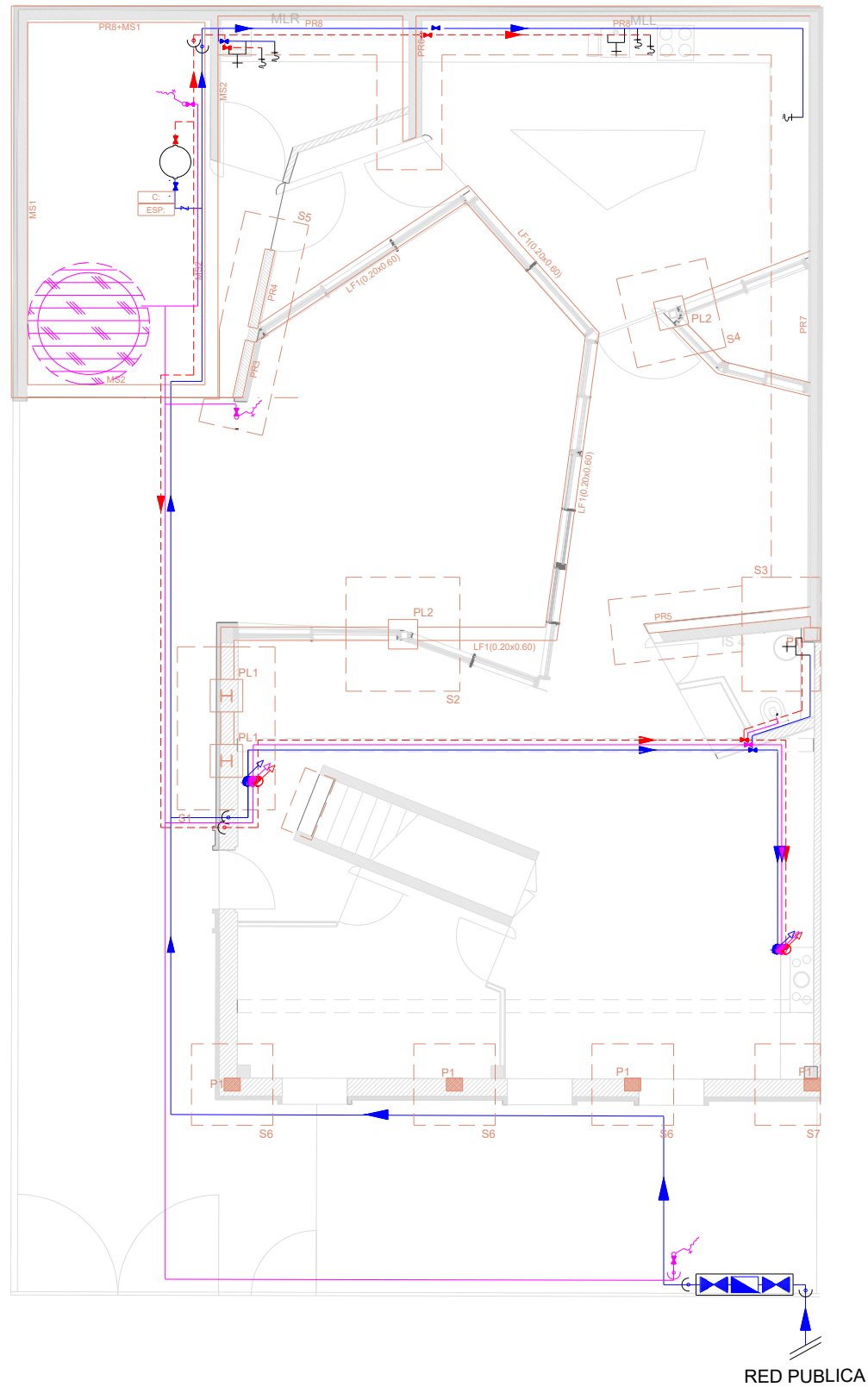
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

RED DE ABASTECIMIENTO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES
PLANTA PISO 1

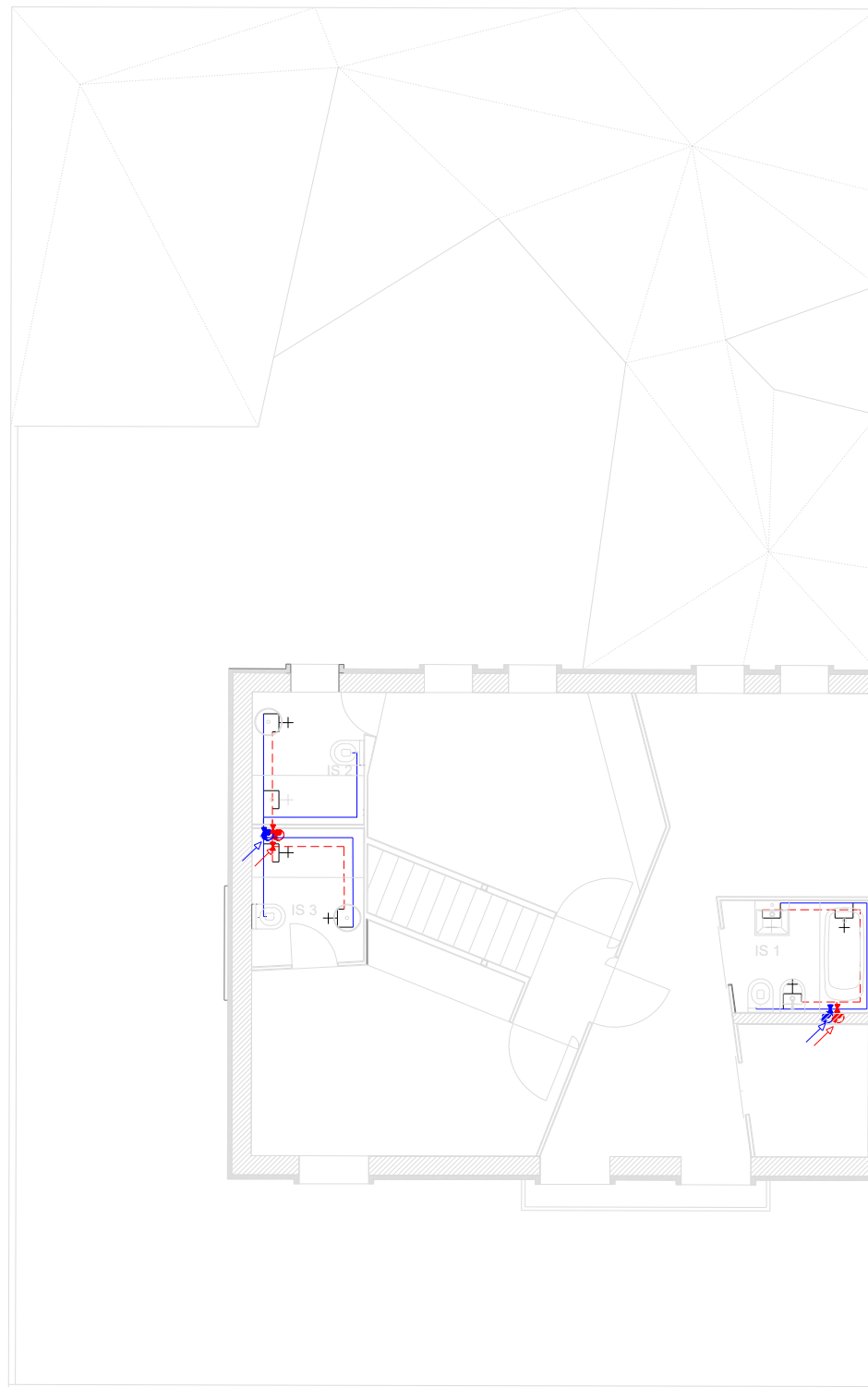
ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	INDICACIÓN DESCENSO DE TUBERÍA
	INDICACIÓN SUBIDA DE TUBERÍA
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	LLAVE MISTURADORA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO – UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.				
DIRECCIÓN: RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.			ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
RED DE ABASTECIMIENTO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA PISO 0			ESCALA: 1 : 100	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	INDICACIÓN DESCENSO DE TUBERÍA
	INDICACIÓN SUBIDA DE TUBERÍA
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	LLAVE MISTURADORA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

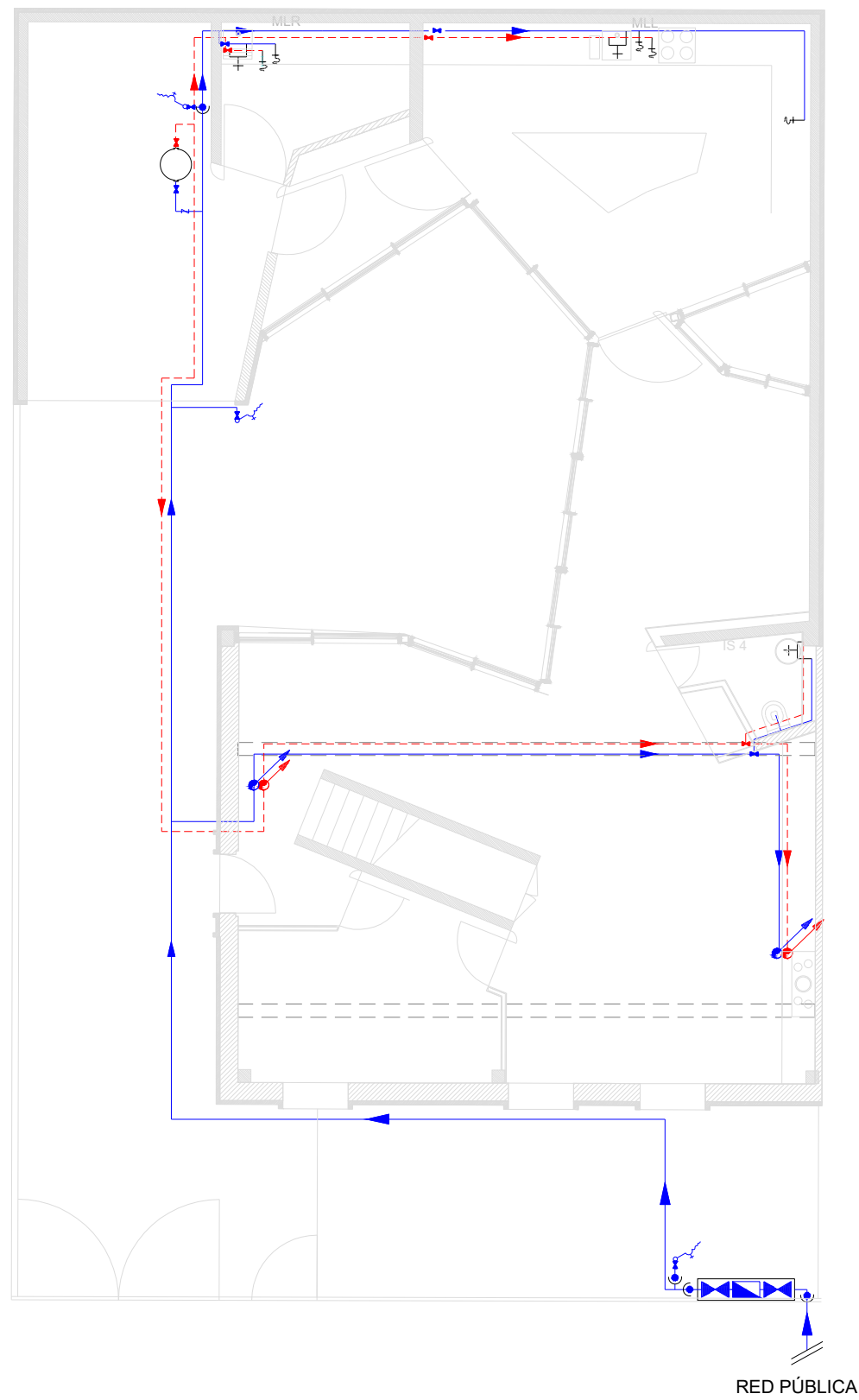
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

RED DE ABASTECIMIENTO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES
PLANTA PISO 1

ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE RIEGA
	VÁLVULA DE SECCIONAMENTO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	CONTADOR
	INDICACIÓN DESCENSO DE TUBERÍA
	INDICACIÓN SUBIDA DE TUBERÍA
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	LLAVE MISTURADORA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

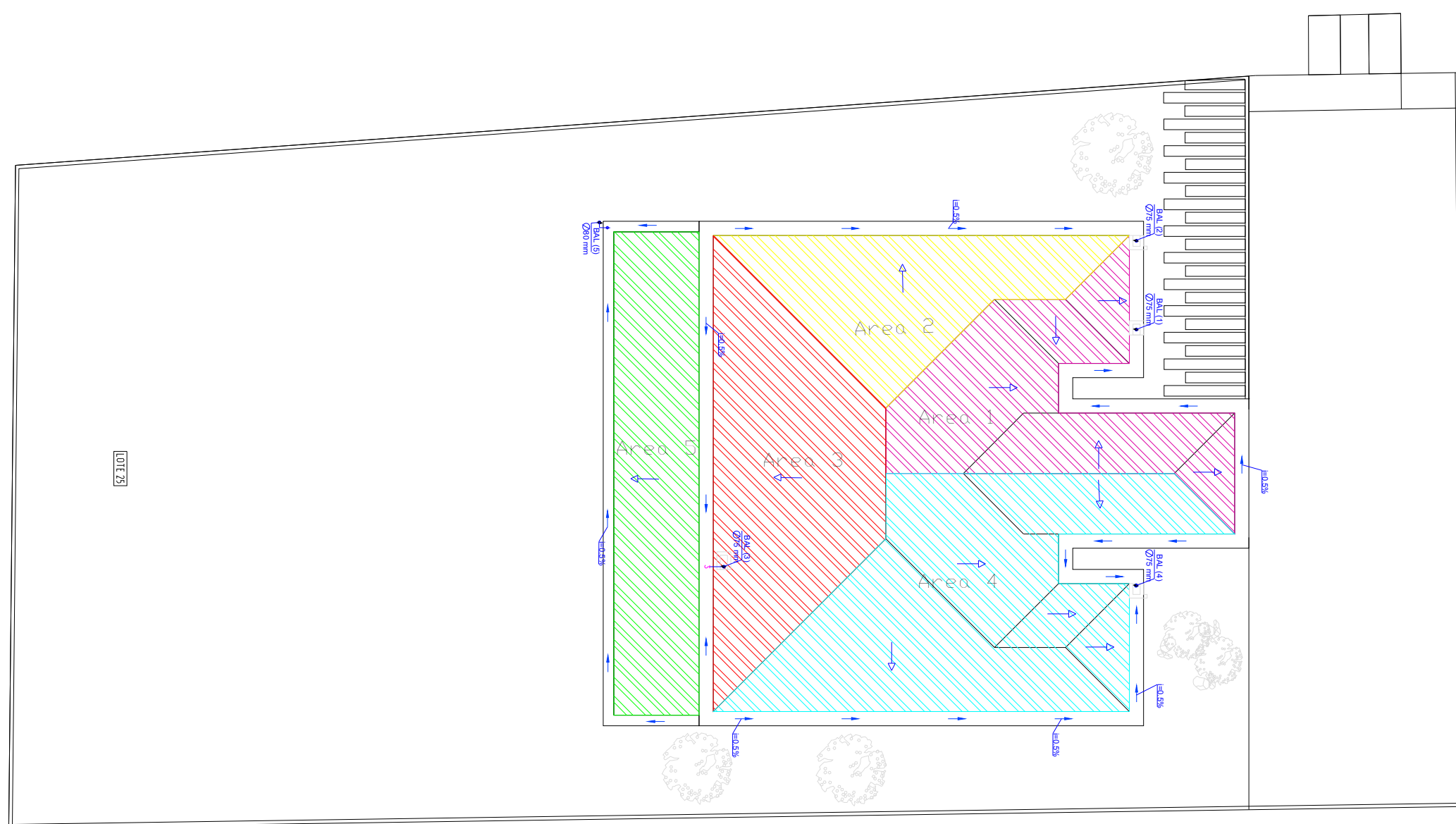
DIRECCIÓN:
RUA DO MARCO DE CANAVESES, NÚM 75, PORTO.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

RED DE ABASTECIMIENTO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES
PLANTA PISO 0

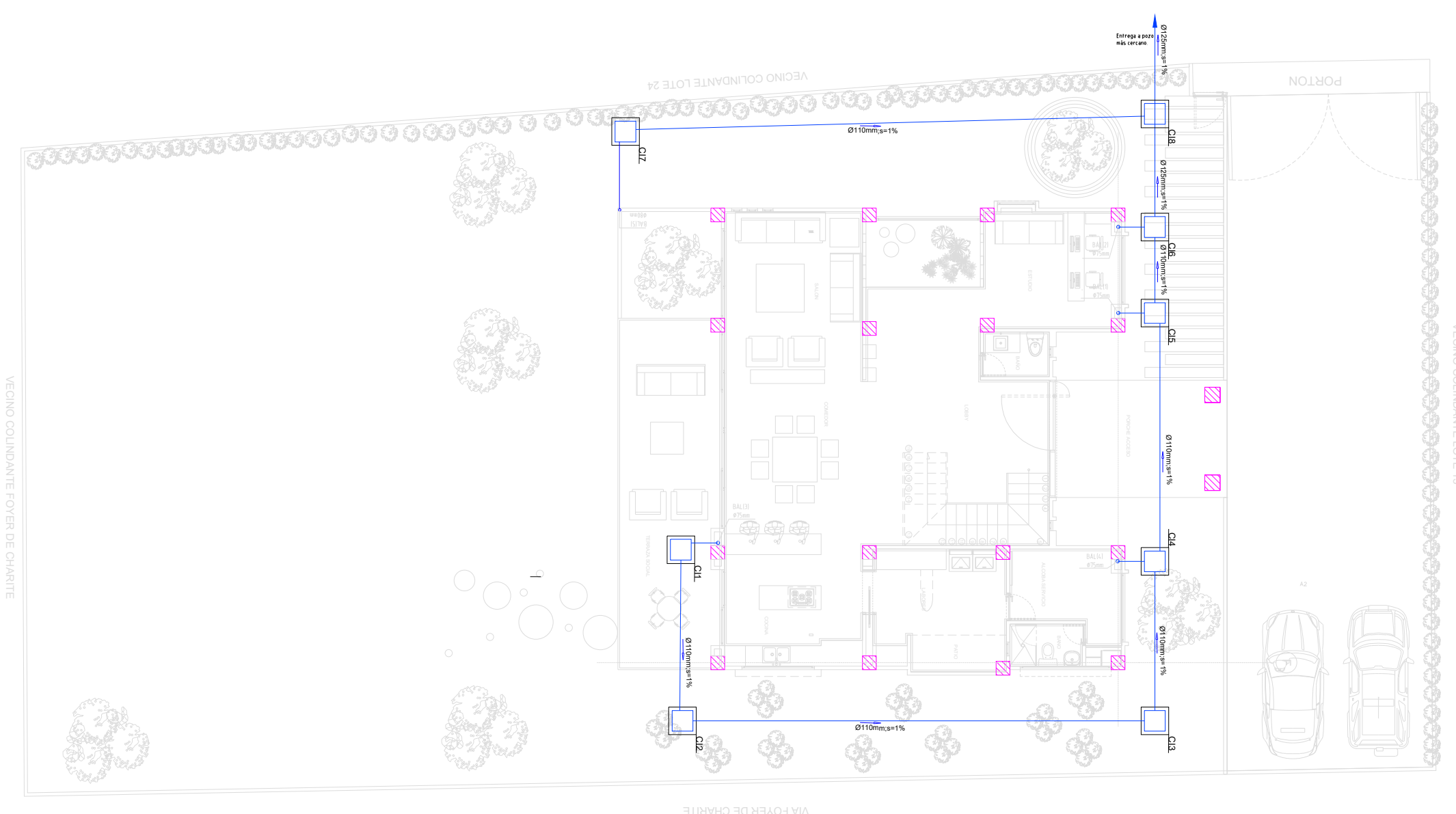
ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3





SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.			
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.		ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA CUBIERTA		ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  		
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.		
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.		ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.
DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA PISO 0.		ESCALA: 1 : 150
		TAMAÑO: A3

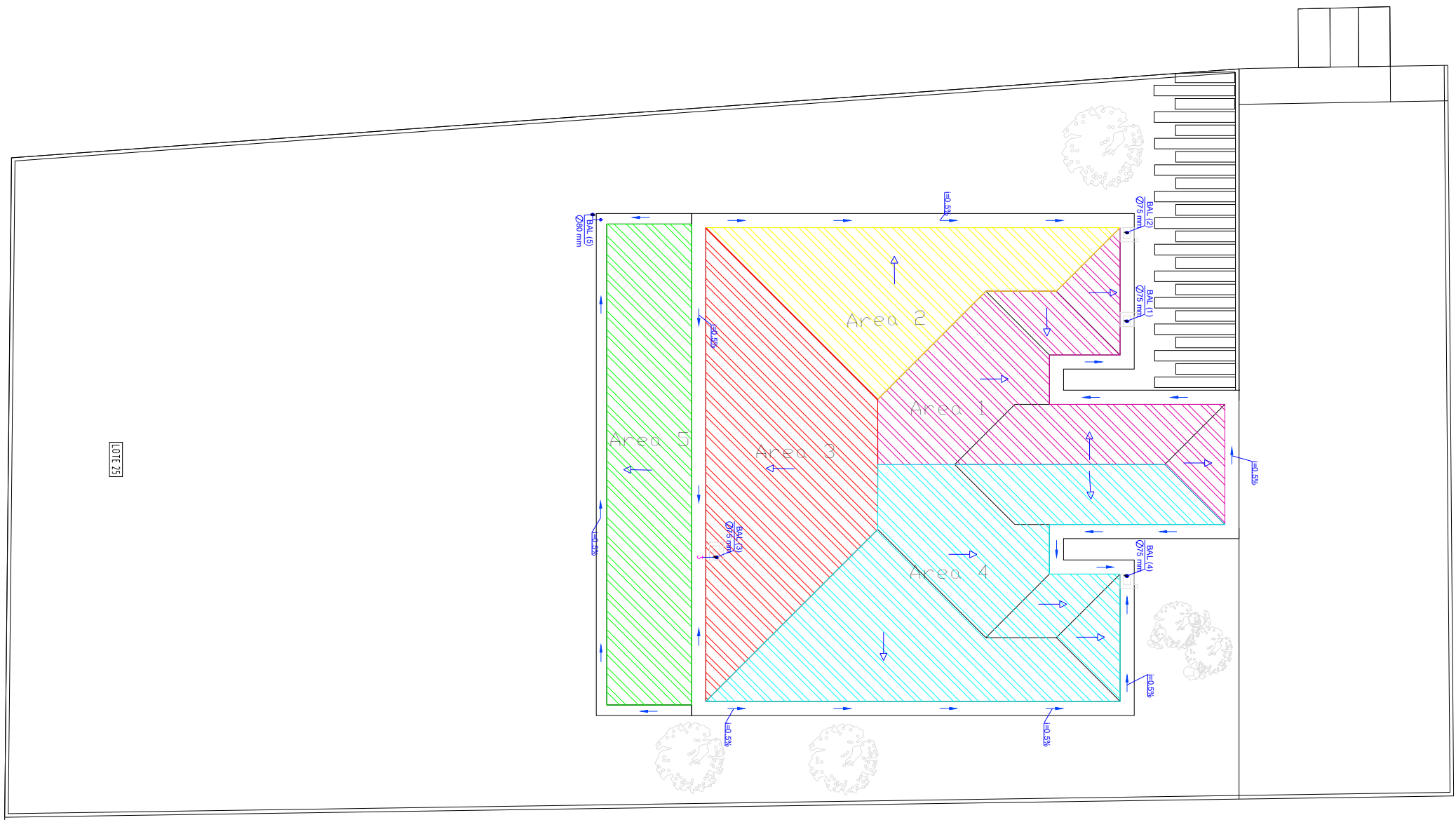
VEGINO COLINDANTE FOYER DE CHARITE

VEGINO COLINDANTE LOTE 24

PORTON

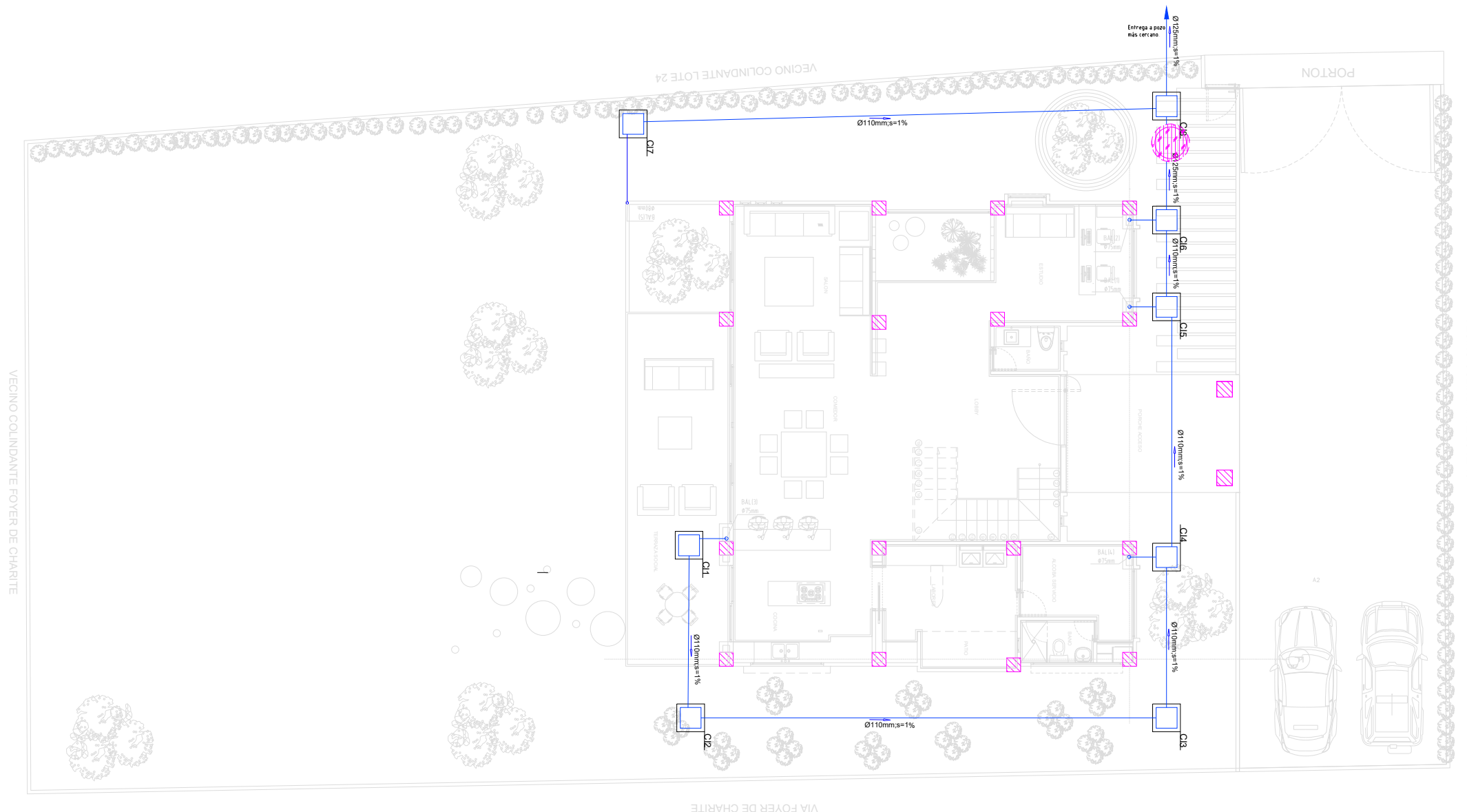
VEGINO COLINDANTE LOTE 13

VIA FOYER DE CHARITE





SIMBOLOGÍA	
	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS

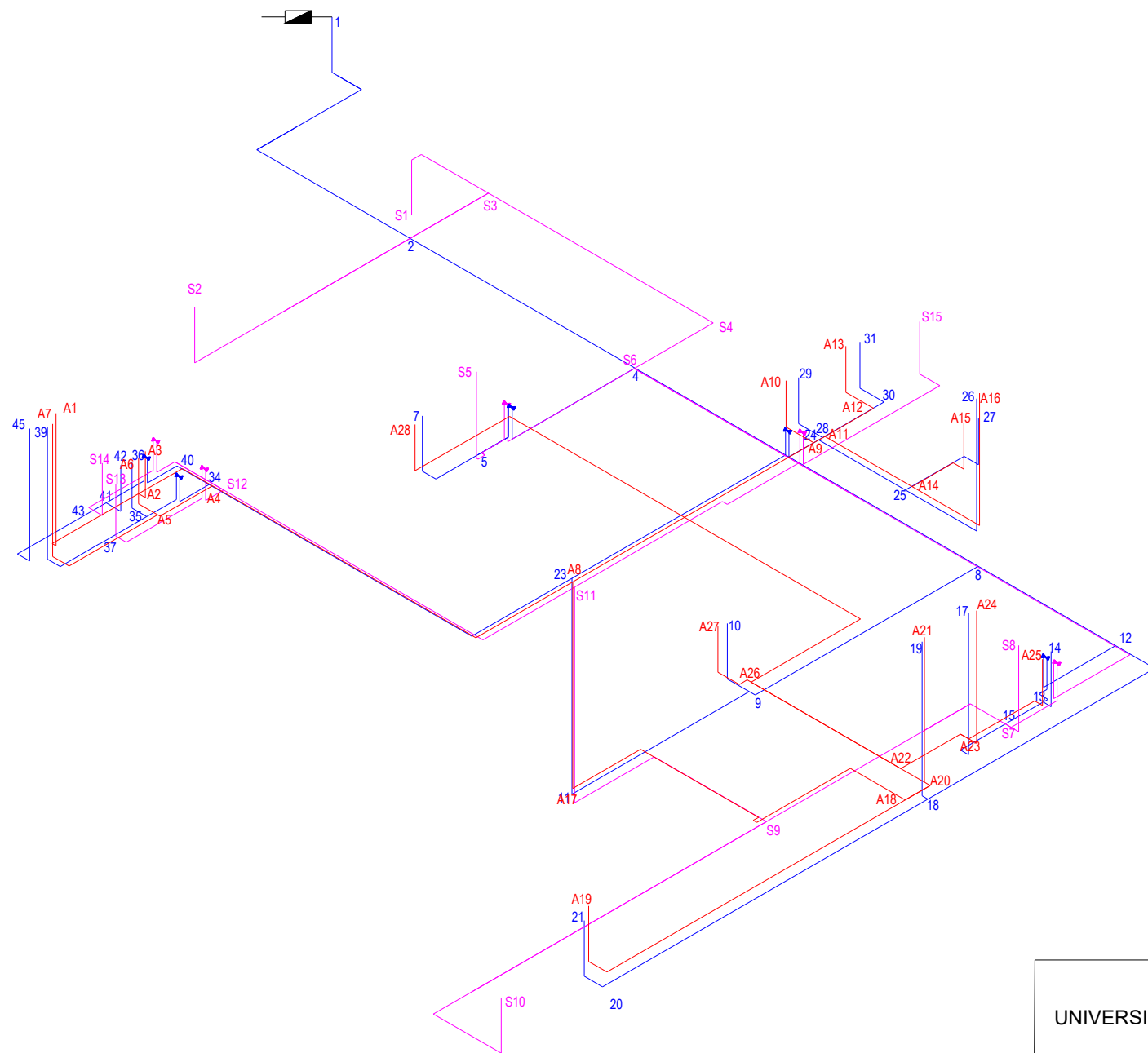
UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.			
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.		ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA CUBIERTA		ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA

	RED DE DRENAJE AGUAS LLUVIAS
	BAJANTE DE AGUAS LLUVIAS
	SENTIDO ESCORRENTIA DEL AGUA
	CAJA DE RETENCIÓN DE ARENAS
	SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  		
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.		
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.	ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. PLANTA PISO 0.	ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3



SIMBOLOGÍA	
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	CONTADOR
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER



VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.

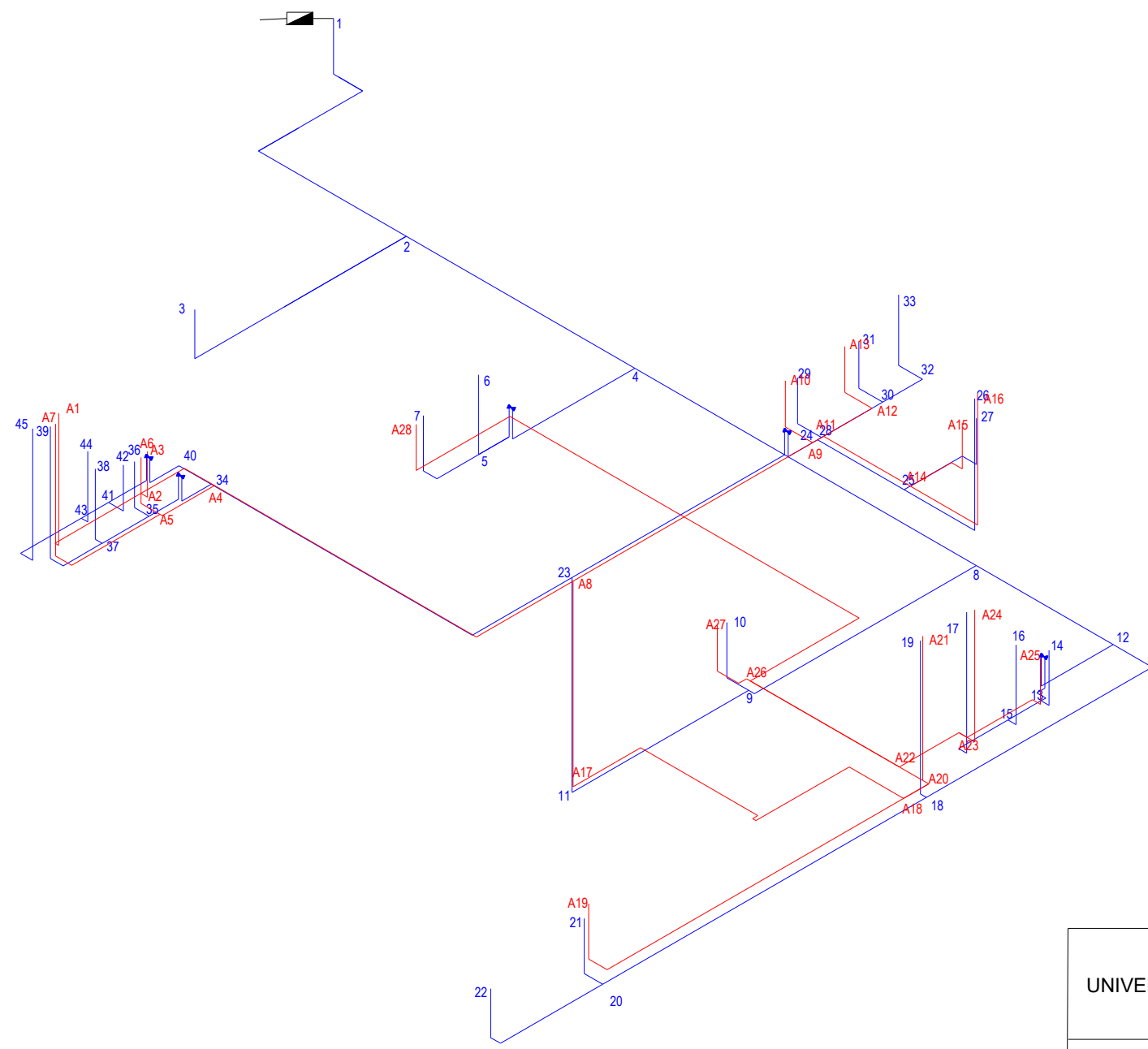
DIRECCIÓN:
PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.

ELABORADO POR:
CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.

PLANO ISOMETRICO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

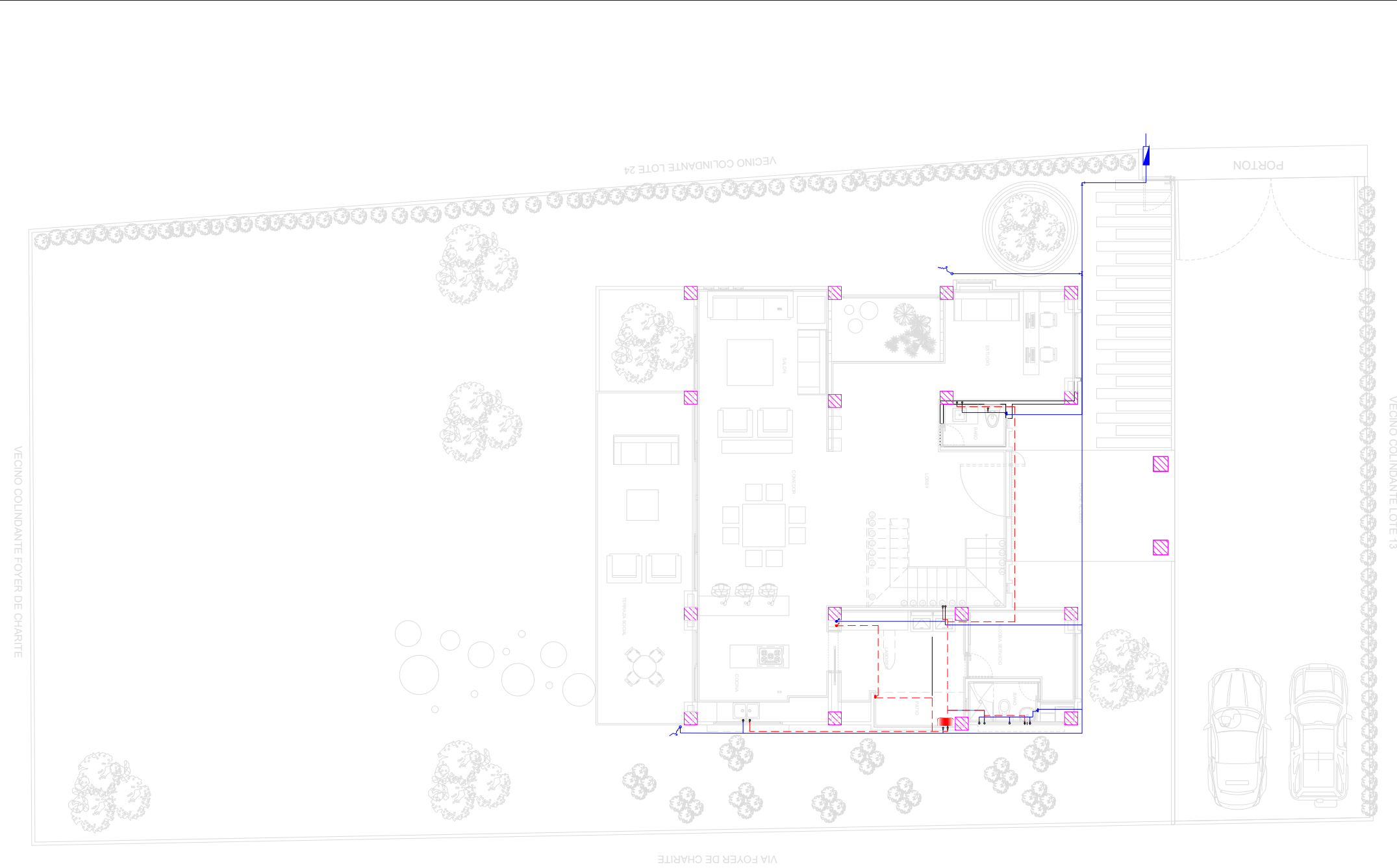
ESCALA:
1 : 100

TAMAÑO:
A3





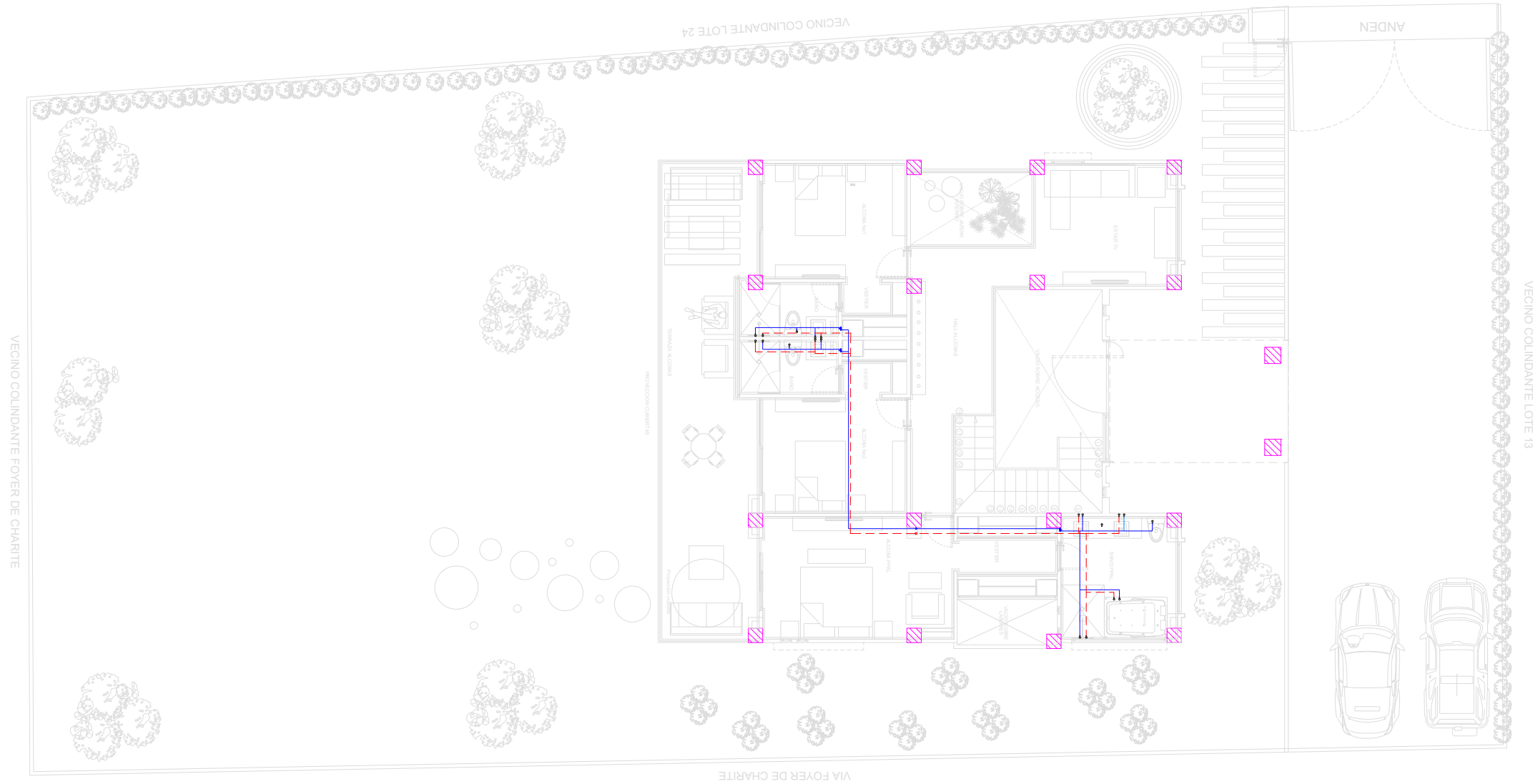
SIMBOLOGÍA	
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	CONTADOR
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.			
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.		ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
PLANO ISOMETRICO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES	ESCALA: 1 : 100	TAMAÑO: A3	





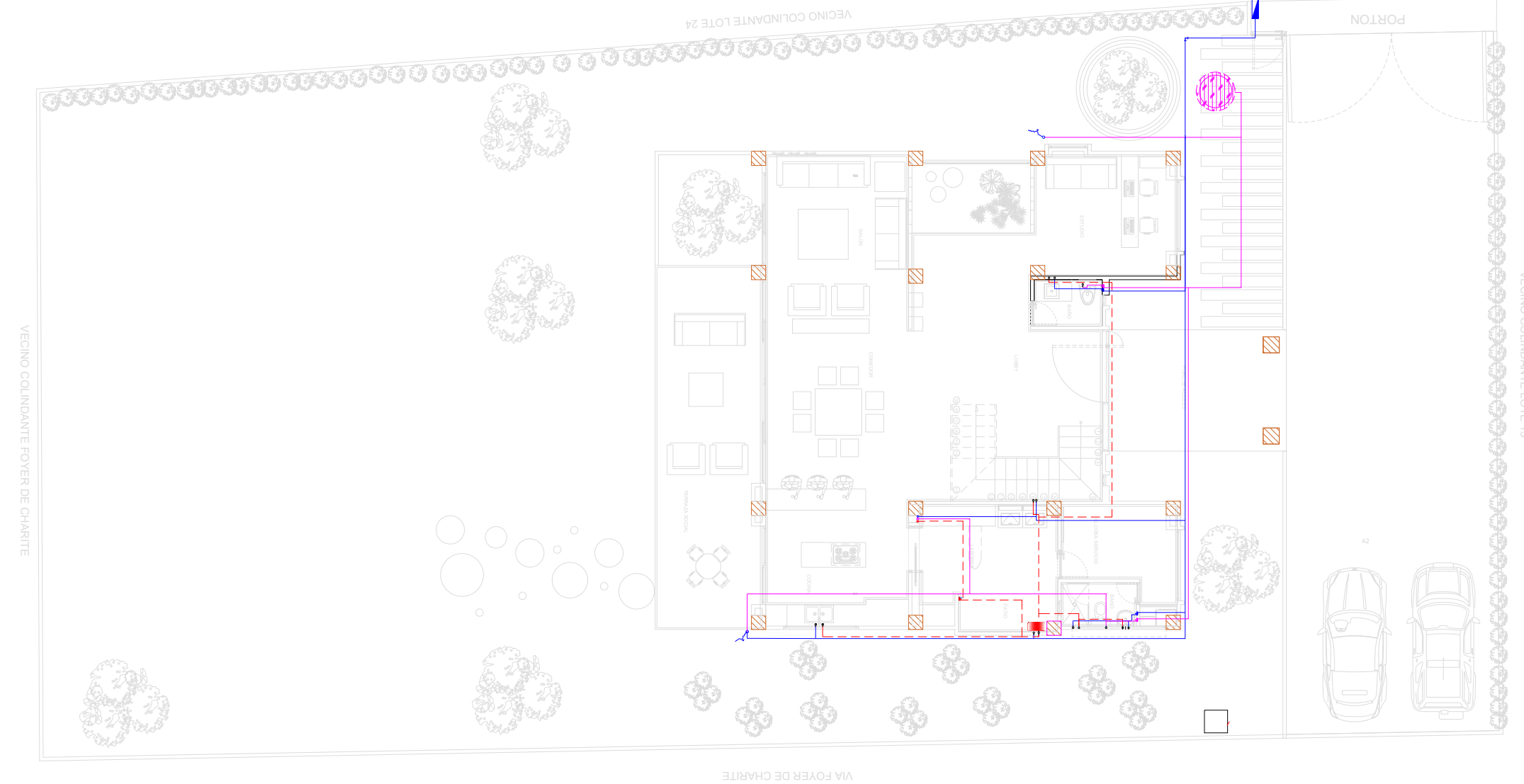
SIMBOLOGÍA	
	LLAVE RIEGO
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	CONTADOR
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	PUNTO HIDRAULICO
	REGISTRO
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  		
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.		
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.	ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
RED DE ABASTECIMIENTO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA PISO 0	ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3





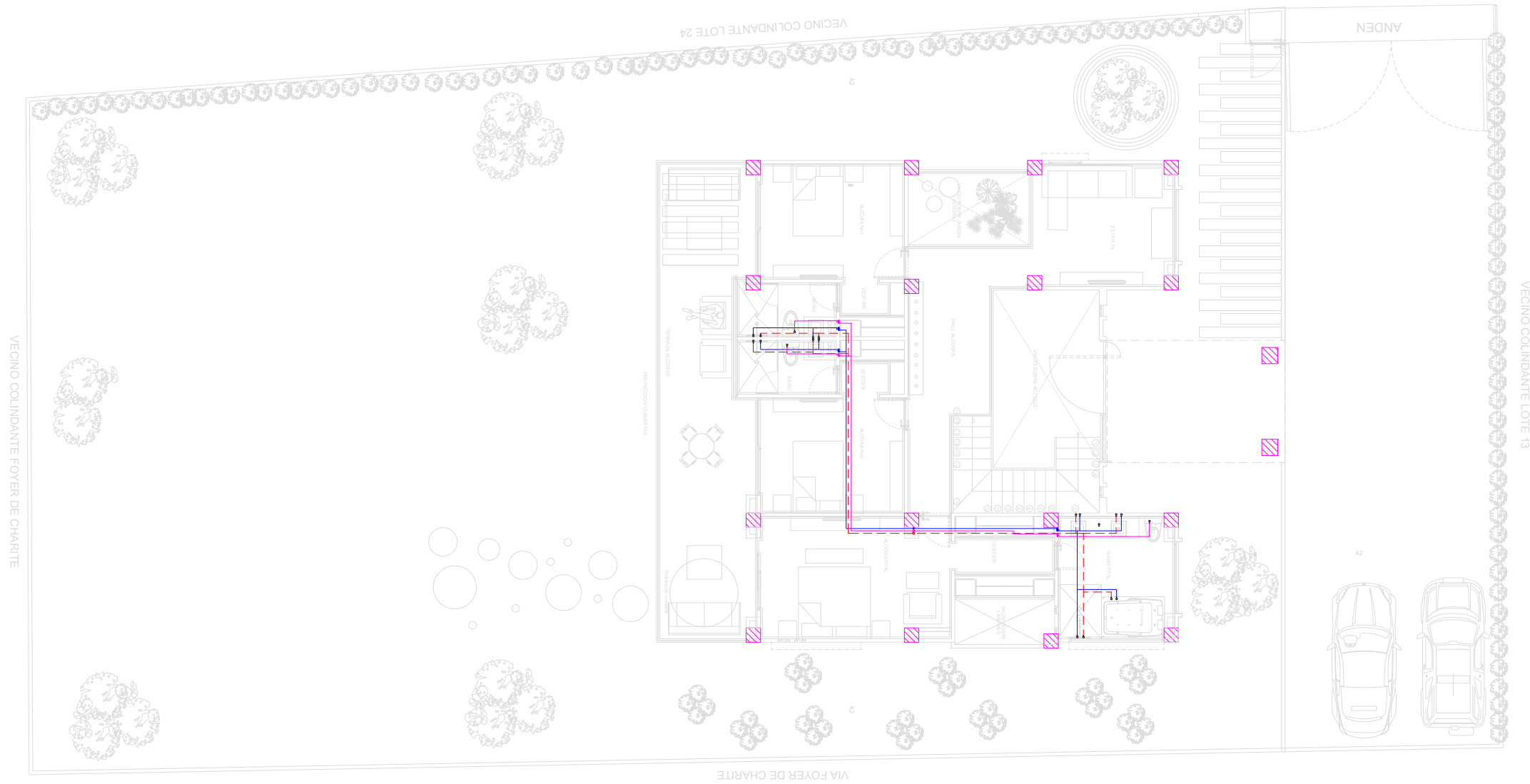
SIMBOLOGÍA	
	LLAVE RIEGO
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	CONTADOR
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	PUNTO HIDRAULICO
	REGISTRO
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  			
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.			
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.	ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.		
RED DE ABASTECIMIENTO SIN APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA PISO 1	<table border="1"> <tr> <td>ESCALA: 1 : 150</td> <td>TAMAÑO: A3</td> </tr> </table>	ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3
ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3		



SIMBOLOGÍA	
→	LLAVE RIEGO
⊘	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
⊠	CONTADOR
■	CALENTADOR
↗	COLUMNA ASCENDENTE
↘	COLUMNA DESCENDENTE
○	PUNTO HIDRAULICO
∞	REGISTRO
—	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
- - -	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
—	RED ABASTECIMIENTO APROVECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES
⊘	SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER			
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.			
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25, MUNICIPIO PIEDECUESTA.		ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
RED DE ABASTECIMIENTO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA PISO 0	ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3	



SIMBOLOGÍA	
	LLAVE RIEGO
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	CONTADOR
	CALENTADOR
	COLUMNA ASCENDENTE
	COLUMNA DESCENDENTE
	PUNTO HIDRAULICO
	RÉGISTRO
	RED ABASTECIMIENTO AGUA FRIA
	RED ABASTECIMIENTO AGUA CALIENTE
	RED ABASTECIMIENTO APROVEECHAMIENTO AGUAS PLUVIALES
	SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

UNIVERSIDADE DO MINHO - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COLOMBIA Y PORTUGAL.				
DIRECCIÓN: PROYECTO ARCADIA. LOTE NÚM 25. MUNICIPIO PIEDECUESTA.			ELABORADO POR: CAROLINA CASTAÑO MUÑOZ.	
RED DE ABASTECIMIENTO CON APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA PISO 1			ESCALA: 1 : 150	TAMAÑO: A3