

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Ambiental

**“Cosecha de agua lluvia para aprovechamiento urbano en el Proyecto Educativo La  
Cometa y el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano”**

María Lourdes Navarro Bianchini

CARTAGO, abril, 2019

**TEC** | Tecnológico de Costa Rica  
Ingeniería Ambiental



**“Cosecha de agua lluvia para aprovechamiento urbano en el Proyecto Educativo La Cometa y el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano”**

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

**Miembros del tribunal**



**M.Sc. Ing. Diana Alexandra Zambrano Piamba**  
Director




**Ing. Macario Pino Gómez**  
Lector 1



**MSc. Jorge Calvo Gutiérrez**  
Lector 2



**M.Sc. Ing. Diana Alexandra Zambrano Piamba**  
Coordinador COTRAFIG



**MGA. Ricardo Coy Herrera**  
Director Escuela de Química



**M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga**  
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

## DEDICATORIA

A mis padres, mis hermanos y en especial a mi esposo, por una hazaña envuelta en sacrificio, esperanza y alegrías.

*“Courage is not having the strength to go on;  
it is going on when you don't have the strength.”*

*“El coraje no es tener la fortaleza de seguir adelante;  
es seguir adelante cuando no tienes la fuerza”*

*- Theodore Roosevelt*

## AGRADECIMIENTOS

Primero deseo agradecer a Dios por darme la fuerza, la sabiduría y guiarme durante este proceso.

A Claudio, por ser mi soporte, mi empuje y mi inspiración, mi apoyo incondicional y el amor de mi vida.

A mis padres, Guillermo y Christy, por siempre creer en mí, mis capacidades y mi fuerza.

A Vicente, por ser un apoyo incondicional en mi vida y ser un gran ejemplo de trabajo duro y entereza. A Víctor, por todo el apoyo, la complicidad y llenarme la vida de alegría.

A mis abuelos, tíos y primos, por estar pendientes, por confiar en mí y ayudarme incondicionalmente.

A mis todos los amigos que hice durante mis años TEC, quienes fueron mi empuje para lograr salir adelante, especialmente a Andrey, quien creyó en mí y me ayudó durante todo el proceso de la carrera, a pesar de los obstáculos.

A M.Sc. Diana Zambrano, por todo el apoyo brindado durante el proceso de este Proyecto Final de Graduación, por creer en él y en mí. Me llevo una gran mentora y amiga a quien admiro cómo una profesional integra y como un ser humano excepcional.

A la señora Natalia Galeano Calderón, directora del Proyecto Educativo La Comta y al señor Pablo Alejandro Masís Boniche, director del CTP Uladislao Gámez Solano, por abrirme las puertas a sus instituciones, por la colaboración y la oportunidad para desarrollar y realizar la investigación.

Por último, agradezco a los profesores del a Carrera de Ingeniería Ambiental y la Escuela de Química, quienes fueron parte fundamental en mi formación profesional, así como en mi crecimiento personal.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
2.1	<i>Objetivo general</i>	2
2.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
<b>3</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
3.1	<i>Calidad de agua lluvia y sus usos</i>	5
3.2	<i>COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA</i>	6
3.2.1	Captación	6
3.2.2	Recolección y conducción	7
3.2.3	Interceptor y filtro	8
3.2.4	Almacenamiento	8
3.3	<i>CRITERIOS DE DISEÑO</i>	9
3.4	<i>FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COSECHA AGUA LLUVIA</i>	9
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>11</b>
4.1	<i>Lugar de estudio</i>	11
4.1.1	Proyecto Educativo La Cometa	11
4.1.2	Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano	12
4.2	<i>Determinación de la oferta y demanda de agua lluvia.</i>	12
4.2.1	Determinación de la oferta	12
4.2.2	Determinación de la demanda	13
4.2.2.1	Descarga de inodoros	13
4.2.2.1.1	Encuesta a usuarios	14
4.2.2.2	Riego de la huerta urbana	15
4.3	<i>Planteamiento y selección de escenarios de recolección de agua lluvia.</i>	16
4.3.1	Planteamiento de escenarios.	16
4.3.2	Cálculo del volumen del tanque de captación	16
4.3.3	Selección de escenarios.	17
4.3.3.1	Definición de criterios de selección	18

4.3.3.2	Selección multicriterio de los escenarios	21
4.1	<i>Diseño del sistema hidráulico de aprovechamiento de agua lluvia</i>	23
4.1.1	Diseño del tanque de almacenamiento	23
4.1.2	Diseño del sistema hidráulico de distribución de agua lluvia	23
4.1.2.1	Trazado de la red de distribución	23
4.1.2.2	Cálculo de Caudales	23
4.1.2.3	Determinación de diámetros y cálculo de pérdidas	24
4.1.2.4	Determinación de las cargas piezométricas	25
4.1.2.5	Potencia de la bomba	26
4.1.3	Diseño de la recolección de agua lluvia	26
4.2	<i>determinación de los costos de inversión para la implemetación del sistema hidráulico de aprovechamiento de agua lluvia.</i>	27
4.2.1	Listado de materiales y servicios	27
4.2.2	Cotización a proveedores	27
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>28</b>
5.1	<i>Determinación de la oferta y la DEMANDA DE agua lluvia.</i>	28
5.1.1	Determinación de la oferta	28
5.1.2	Determinación de la demanda	32
5.1.2.1	Descarga de inodoros	32
5.1.2.1.1	Encuesta a usuarios	36
5.1.2.2	Riego de la huerta urbana	42
5.2	<i>Planteamiento y seleccón de escenarios de recolección de agua lluvia.</i>	44
5.2.1	Planteamiento de escenarios.	44
5.2.2	Cálculo del volumen del tanque de captación	49
5.2.3	Selección de escenarios	51
5.2.3.1	Selección multicriterio de los escenarios	53
5.3	<i>Diseño del sistema hidráulico de aprovechamiento de agua lluvia</i>	55
5.3.1	Diseño del tanque de almacenamiento	55
5.3.1.1	Descripción del tanque de almacenamiento	55
5.3.1.2	Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento	56
5.3.1.3	Ubicación de los tanques de almacenamiento	57

5.3.2	Diseño del sistema hidráulico de distribución de agua lluvia	57
	Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano	57
	Proyecto Educativo La Cometa	57
5.3.3	Diseño del sistema de recolección de agua lluvia	59
5.4	<i>determinación de los costos de inversión para la implementación del sistema hidráulico de aprovechamiento de agua lluvia.</i>	59
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>63</b>
6.1	<i>Conclusiones</i>	63
6.2	<i>recomendaciones</i>	64
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>65</b>
<b>8</b>	<b>APÉNDICES</b>	<b>69</b>
8.1	<i>Apéndice 1: Herramienta para la contabilización el uso de servicios sanitarios en el Proyecto Educativo La Cometa.</i>	70
8.2	<i>Apéndice 2: Herramientas para la contabilización del uso de servicios sanitarios en el CTP Uladislao Gámez Solano</i>	71
8.3	<i>Apéndice 3: Encuesta a usuarios.</i>	81
8.4	<i>Apendice 4: Planos de los tanques de almacenamiento</i>	82
8.5	<i>Apéndice 5: Cálculos hidráulicos</i>	83
8.6	<i>Apendice 6: Planos de distribución mecánica de agua lluvia</i>	91
8.7	<i>Apendice 7: Planos de recolección de agua lluvia</i>	91
<b>9</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>92</b>
9.1	<i>Planta arquitectónica de cubiertas del proyecto educativo la cometa</i>	93
9.2	<i>Plata de conjunto del proyecto educativo la cometa</i>	94
9.3	<i>Plano Obras complementarias CTP uladislao gámez solano</i>	95
9.4	<i>Accesorios de baños (inodoros y orinales)</i>	96
9.5	<i>Tanques de almacenamiento cotizados</i>	100
9.6	<i>Método hunter Colombia</i>	102



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Representación gráfica de los componentes de un sistema de cosecha de agua lluvia.....	6
Figura 4.1. Ubicación del Proyecto Educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	11
Figura 4.2. Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación, en el campus central Cartago, del Tecnológico de Costa Rica. Fuente: (ITCR, 2018).....	19
Figura 5.1. Precipitación mensual a lo largo del periodo 2007 - 2016. ....	29
Figura 5.2. Huella de las edificaciones que componen el CTP Uladislao Gámez Solano... ..	30
Figura 5.3. Huella de las edificaciones que componen el Proyecto Educativo La Cometa. ....	31
Figura 5.4. Croquis de la ubicación de los baños en el Proyecto Educativo La Cometa, en la Casa Vieja. ....	33
Figura 5.5. Croquis de la ubicación de las baterías de baño en las instalaciones del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	35
Figura 5.6. Percepción de disponibilidad de agua en época seca, en la institución por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano.....	37
Figura 5.7. Conocimiento de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano sobre los diferentes usos del agua lluvia. ....	38
Figura 5.8. Consideración del uso de agua lluvia en diversas actividades en CTP Uladislao Gámez Solano. ....	38
Figura 5.9. Anuencia por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano a que la institución cuente con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para usos no potables. ....	39
Figura 5.10. Anuencia por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano a que la institución incluya dentro de sus actividades la creación de una huerta urbana. ....	40
Figura 5.11. Utilización de los baños durante el horario lectivo u horario de trabajo por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	40
Figura 5.12. Regaderas utilizadas para el riego de la huerta urbana en el Proyecto Educativo La Cometa.....	43
Figura 5.13. Representación gráfica del <i>Escenario A</i> , planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	45

Figura 5.14. Representación gráfica del <i>Escenario B</i> , planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	46
Figura 5.15. Representación gráfica del <i>Escenario C</i> , planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	47
Figura 5.16. Representación gráfica del <i>Escenario D</i> , planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	48
Figura 5.17. Representación gráfica del diseño preliminar, planteado para el Proyecto Uladislao Gámez Solano. ....	49

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Coeficiente de escurrimiento según material del techo (Caballero, 2006). .....	7
Cuadro 4.1. Escala de evaluación para el criterio de Requerimiento y complejidad de sistema de bombeo.....	18
Cuadro 4.2. Escala de evaluación para el criterio de Complejidad de operación y mantenimiento.....	19
Cuadro 4.3. Escala de evaluación para el criterio de Sujeción del sistema.....	20
Cuadro 4.4. Valores de medición de escenarios según el criterio técnico a evaluar. ....	21
Cuadro 4.5. Porcentajes de relevancia según el criterio técnico a evaluar.....	22
Cuadro 5.1. Precipitaciones mensuales y anuales para los años 2006-2017 en mm. ....	28
Cuadro 5.2. Áreas totales de coberturas por institución. ....	31
Cuadro 5.3. Precipitación anual de los años 2013, 2014 y 2015.....	31
Cuadro 5.4. Oferta promedio anual por institución. ....	32
Cuadro 5.5. Cantidad de población dentro de la comunidad institucional, horarios y periodos lectivos del Proyecto Educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano. ....	32
Cuadro 5.6. Consumo de agua en los baños del Proyecto Educativo la Cometa. ....	33
Cuadro 5.7. Demanda diaria contabilizada y proyectada de baños en el Proyecto Educativo La Cometa.....	34
Cuadro 5.8. Consumo de agua en los baños del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	35
Cuadro 5.9. Consumo de agua aproximado por parte de la población masculina del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	42
Cuadro 5.10. Consumo de agua aproximado por parte de la población femenina del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	42
Cuadro 5.11. Área de cubierta y demanda de los edificios del CTP Uladislao Gámez Solano. ....	49
Cuadro 5.12. Volúmenes de tanques de almacenamiento de agua lluvia para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa.....	50
Cuadro 5.13. Longitud de las líneas de distribución para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.....	51

Cuadro 5.14 Número de bombas a requerir para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano .....	51
Cuadro 5.15 Nivel de complejidad y mantenimiento de cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.....	52
Cuadro 5.16 Nivel de sujeción de cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano .....	52
Cuadro 5.17 Costo del tanque de captación para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano .....	53
Cuadro 5.18 Valores reales y valores normalizados resultantes de la evaluación de los criterios técnicos para cada escenario planteado de sistema de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano .....	54
Cuadro 5.19 Ponderación de los valores normalizados resultantes de la evaluación de los criterios técnicos para cada escenario planteado de sistema de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano .....	54
Cuadro 5.20. Volúmenes de diseño reducidos al 80% de los volúmenes calculados para los tanques de almacenamiento de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa .....	55
Cuadro 5.21. Dimensiones internas de los tanques de almacenamiento de agua lluvia según los volúmenes requeridos para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa,.....	56
Cuadro 5.22. Potencia de la bomba requerida para la distribución de agua lluvia para la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa, según las pérdidas obtenidas en los cálculos hidráulicos. ....	58
Cuadro 5.23. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano .....	59
Cuadro 5.24. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de la Agrupación 2 del CTP Uladislao Gámez Solano .....	60
Cuadro 5.25. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia del Proyecto Educativo La Cometa.....	61

**LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS (escriba en esta página la lista de siglas y acrónimos)**

CTP	Colegio Técnico Profesional
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
OPS	Organización Panamericana de la Salud
MEP	Ministerio de Educación Pública
DAM	Departamento de Administración de Mantenimiento
CRC	Colones costarricenses, por sus siglas en inglés
CFIA	Colegio de Ingenieros y Arquitectos

## RESUMEN

El cambio climático representa una amenaza para la humanidad y los sistemas naturales, alterando el régimen de lluvias, obteniéndose escenarios extremos, en donde se presenta abundancia en ciertos sitios y otros con periodos largos de sequias, influyendo así sobre la calidad del agua y su disponibilidad a la población. Costa Rica no se ha visto exento de esta situación, llevado a desajustes climatológicos y hasta pérdidas monetarias importantes. La cosecha de agua lluvia constituye una de las Soluciones de Bajo Impacto, que busca reestablecer el ciclo hídrico en un medio urbano. Este Trabajo Final de Graduación propone un diseño para el Proyecto Educativo La Cometa y uno para el Colegio Técnico Profesional de Tirrases, de un sistema de cosecha de agua lluvia que sea aprovechable para usos no potables. Para esto se determinaron para ambas instituciones, la oferta y la demanda de agua lluvia, para el CTP Uladislao Gámez Solano se plantearon una serie de escenarios, los cuales fueron sometidos a una evaluación multicriterio para elegir el escenario con más viabilidad para la institución, se realizó el diseño hidráulico de distribución de agua, el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento, así como la recolección de agua lluvia de las cubiertas y por último se determinó el costo total de la inversión de los sistemas propuestos para cada una de las instituciones. Resultando así una oferta de lluvia promedio y una demanda de 3.55 m<sup>3</sup>/día para el CTP; una oferta anual de 2350.62 y una demanda de 0.68 m<sup>3</sup>/día entre semana, de 0.47 m<sup>3</sup>/día los sábados y de 0.4 m<sup>3</sup>/día para el riego de la huerta en época seca, para La Cometa. Se eligió para el CTP con un 81%, el *Escenario C* como el más efectivo para responder a las características individuales de la institución, cual cuenta con dos sistemas descentralizados que abastecen dos agrupaciones distintas de la institución con dos tanques de almacenamiento, uno de 65 m<sup>3</sup> y otro de 70 m<sup>3</sup>, este último igual al que se obtuvo para el sistema de cosecha de agua de La Cometa. Finalmente se obtuvo un costo de inversión de CRC 19,865,149 para el CTP y de CRC 9,432,1512 para el La Cometa.

**Palabras clave:** Agua lluvia, Demanda de agua, Oferta de agua lluvia, Cosecha de agua, Diseño hidráulico, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## ABSTRACT

Climate change represents a threat to humanity and natural systems, altering the rainfall regime, obtaining extreme scenarios, where there is abundance in certain sites and others with long periods of drought, influencing the quality of water and its availability to the population. Costa Rica has not been exempted from this situation, leading to weather imbalances and even significant monetary losses. Rainwater harvest constitutes one of the Low Impact Solutions, which seeks to reestablish the water cycle in an urban environment. This Final Graduation Project proposes a design for a rainwater harvesting system for La Cometa Educational Project and one for the Tirrases Professional Technical College, that can be used for non-drinking water uses. For this purpose, the supply and demand of rainwater was determined for both institutions, for the CTP Uladislao Gámez Solano a series of scenarios were proposed, which were subjected to a multicriteria evaluation to choose the scenario with the most feasibility for the institution, the hydraulic design of water distribution, the sizing of the storage tanks, as well as the collection of rainwater from the roofs were also products of the present project, and finally the total cost of investment for the proposed systems in each of the institutions was determined. For the CTP the *Scenario C* was chosen with a 81%, as the most effective to respond to the individual characteristics of the institution, which has two decentralized systems that supply two different groupings of the institution with two storage tanks , one of 65 m<sup>3</sup> and another of 70 m<sup>3</sup>, the latter equal to the one obtained for La Cometa's water harvesting system. Finally, an investment cost of CRC 19,865,149 was obtained for the CTP and of CRC 9,432,1512 for the La Cometa.

**Key words:** Rainwater, Water Demand, Rainfall Offer, Rainwater Harvesting, Hydraulic Design, Costa Rican Institute of Technology.

# 1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una amenaza para la colectividad humana y los sistemas naturales, el cual altera el régimen de lluvias, donde se tendrá en ciertos sitios abundancia de precipitaciones que llegarán a ocasionar inundaciones y, por otra parte, se tendrán escenarios donde por periodos largos habrá sequías, lo cual influirá en la calidad del agua y su disponibilidad a la población (Cantú, 2014). El Banco Mundial en su informe “Desarrollo y Cambio Climático 2010” (citado por Cantú, 2014), señala que millones de personas dejarán de tener agua suficiente para atender sus necesidades.

En Costa Rica actualmente se vive el impacto del cambio climático, que ha llevado a desajustes climatológicos, ocasionando efectos extremos como sequías e inundaciones, en las distintas áreas del territorio nacional (Arrieta, 2015). Como se menciona en el Informe Final: “Recurso hídrico y saneamiento: avances y desafíos” del Vigésimosegundo Estado de la Nación (2016), estos efectos, para el año 2014 ocasionaron pérdidas millonarias dado a la escasez de agua, efectos que llevaron a otorgar 461 concesiones, de las cuales un 35,5% fueron utilizadas para el abastecimiento humano.

El cantón de Tirrasas de Curridabat, es uno de los muchos afectados en el Valle Central por los efectos de las sequías extremas, lo cual ha generado en la población una gran preocupación. El Proyecto Educativo La Cometa, ubicado en el cantón y el Colegio Técnico Profesional de Tirrasas, son dos instituciones que perciben la problemática de la faltante del recurso hídrico, de manera directa y dentro de sus horarios de funcionamiento.

Por tanto, con el fin de proponer una posible solución a la problemática planteada, se busca generar una propuesta de un sistema de cosecha de agua lluvia, tanto para el Proyecto Educativo La Cometa, cómo para el CTP Uladislao Gámez Solano, que permita el aprovechamiento del recurso proveniente de una fuente alternativa y gratuita, para saciar la escasez del agua en usos no potables durante la época de sequía.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de aprovechamiento de agua lluvia en Proyecto Educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano, como sistema complementario de abastecimiento de agua para usos urbanos no potables.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar la oferta de captación de agua lluvia y demanda de agua de usos no potables en el proyecto educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano.
2. Planteamiento y selección de escenarios de recolección de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano y el proyecto educativo La Cometa.
3. Diseñar un sistema hidráulico de aprovechamiento de agua en el proyecto educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano.
4. Determinar los costos de inversión para la implementación del sistema de aprovechamiento de agua lluvia diseñado para el proyecto educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano.

### 3 REVISIÓN DE LITERATURA

Los sistemas de captación del agua de lluvia, se definen como la recolección de escorrentía superficial, que se puede lograr de superficies de tejados, para su posterior uso productivo (FAO, 2000). Un término popular que se utiliza en la actualidad es la cosecha de agua lluvia, la cual se define de manera muy similar a la anterior, como el proceso de recolectar, almacenar y posteriormente reutilizar el agua de lluvia de superficies tales, como techos. El agua recolectada podría ser utilizada para remplazar cualquier uso de agua potable o no potable, pero a esta se le da comúnmente un uso para suplir aquellas actividades que no requieren de agua potable, como riego, vaciado de servicios sanitarios y limpieza (Ling & Benham, 2014).

Los sistemas de captación de agua han sido utilizados desde hace más de 4000 años, donde se disponían almacenamientos subterráneos para abastecer a familias y sus rebaños. Una gran cantidad de colonias utilizaban estos sistemas para aprovechar el agua para usos domésticos, como en India, Tailandia, así como en el Norte de México y Sur de Estados Unidos donde antiguas colonias indígenas utilizaban sistemas de captación de agua de lluvia de forma no masiva (Caballero, 2006).

En lugares donde las fuentes de agua potable eran limitadas, las personas solían usar métodos tradicionales de colección y almacenamiento de agua lluvia para usos domésticos y potables durante la época seca. Esta recolección se solía dar en terrazas, techos o cualquier área pavimentada (Gikas & Angelakis, 2009; citado por Gikas & Tsihrintzis, 2012)

Este sistema antiguo de abastecimiento de agua perdió importancia a raíz del rápido crecimiento urbano y los avances tecnológicos que permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios. Sin embargo, hay una variedad de factores como el alto costo de la distribución por tuberías, la lejanía de las fuentes de captación y los volúmenes insuficientes, que han limitado la distribución a viviendas dispersas y han hecho en muchos países que reaparezca el sistema de captación de agua (Caballero, 2006).

La cosecha de agua lluvia constituye una de las soluciones más factibles para hacer frente a las condiciones actuales del cambio climático (Aladenola & Adeboye, 2010) y ya varios países han reevaluado su valor (Hatt et al., 2006; Han et al., 2009; Zhang et al., 2009; Rygaard et al., 2011; citados por Mun & Han, 2012). Así mismo se espera que contribuyan a aliviar los desastres relacionados con el agua, así como a aumentar el suministro de agua (Coombes et al., 2002; Han and Kim, 2007; Kim and Han, 2008; citados por Mun & Han, 2012).

Los sistemas domésticos de cosecha de agua han sido reconocidos recientemente como una de las herramientas de Soluciones de Bajo Impacto que buscan reestablecer el ciclo hídrico natural en un medio urbano. Dichos sistemas limitan la demanda de agua potable y

contribuye a controlar el escurrimiento de aguas pluviales en la fuente (e.g. Petrucci et al., 2012; Zhang et al., 2009; Burns et al., 2015; citados por Palla, Gnecco, & La Barbera, 2017).

En su Tesis de Doctorado, Ward (2010) expone los casos de 3 países y sus diferentes razones por las cuales se han visto en la necesidad de optar por el aprovechamiento del agua lluvia en las diferentes áreas de su territorio. En el caso de Japón tienen una distribución per cápita de agua potable equivalente a la quinta parte del promedio mundial, que se debe a que mucha de la infraestructura se ha perdido por causa de lluvias de alta intensidad (De Graaf, 2009; citado por Ward, 2010). Por lo que a nivel municipal con apoyo del Gobierno han tomado acciones combinando la retención de agua lluvia y el reúso de esta ya sea como reservorios o con tanques de almacenamiento que reciben la escorrentía de los techos de las edificaciones (Takeada et al., 2009; Yashima 2009; citado por Ward, 2010).

En Alemania los sistemas de cosecha de agua lluvia se han usado desde inicios de los años 80, principalmente como alternativa para proteger los cuerpos de agua naturales del agua de lluvia contaminada (Nolde, 2007; citado por Ward, 2010). Esta cultura ha llevado a que actualmente en distintas ciudades se han implementado sistemas de recolección de agua ya sea para uso doméstico o como Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en propiedades privadas. Donde el Gobierno alemán ha promovido estos sistemas con el fin de mejorar las oportunidades de mercado a aquellas compañías que implementen tecnologías verdes (Partzsch, 2009; citado por Ward, 2010).

Para Australia el caso es distinto, este es el país ubicado en uno de los continentes más secos del planeta, donde la precipitación anual promedio es de 469 mm/año (White, 2009; citado por Ward, 2010). Dado a la gran necesidad que se tiene del recurso hídrico se estableció la Iniciativa Nacional del Agua en conjunto con el Consejo de Gobiernos de Australia (2004), con el fin de promover la innovación en distintos suministros de agua ya sea implementando sistemas de cosecha de agua o sistemas de reúso de aguas grises (en caso de ser posible) (Marsden, 2007; citado por Ward 2010).

La cosecha de agua lluvia es una de las formas más prometedoras para complementar los recursos de agua superficiales y subterráneos en áreas donde los sistemas de abastecimiento son incapaces de satisfacer la demanda (Aladenola & Adeboye, 2010).

En un estudio realizado por Palla, Gnecco, & La Barbera (2017), se demuestra cómo la instalación de sistemas de cosecha de agua representa una reducción en el volumen de escurrimiento de aguas de un 33% a un 26%, incluso en eventos de tormentas importantes.

### 3.1 CALIDAD DE AGUA LLUVIA Y SUS USOS

Los usos domésticos de agua potable equivalen a un 10% aproximado del consumo mundial total del agua dulce (Bocanegra-Martínez et al., 2014; citado por Okoye, Solyali, & Akintuğ, 2015). Tomando en cuenta la utilización de agua lluvia para suplir la demanda de dicho 10%, se deben tomar en consideración varios factores de calidad para definir los distintos usos que pueden darse al agua lluvia.

En su estudio Mendez, Afshar, & Kinney (2010), evaluaron distintos materiales en techos, tomando muestras de la primer descarga de lluvia y muestras luego de la primer descarga y se analizaron distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Obteniendo resultados indicando que la calidad del agua lluvia colectada aumenta conforme se va lavando el techo. Sin embargo, las concentraciones de contaminantes luego de la primera descarga continuaban sin cumplir con los estándares de agua potable, lo cual indica que si se desea dar un uso potable a dicha agua se debe proceder a un tratamiento previo a la distribución.

Estudios demuestran que la instalación de un tanque interceptor resulta en una mejora de la calidad fisicoquímica del agua lluvia, pero aun así no evita la contaminación microbiana del agua almacenada, por lo que deben de establecerse diseños de desinfección para minimizar contaminación. Sin embargo, la calidad fisicoquímica del agua si se ha demostrado de suficiente calidad para ser utilizada en usos domésticos no potables, como el riego de jardines y descargas de inodoros sin necesidad de tratamiento (Gikas & Tsihrintzis, 2012).

Sin embargo, si se desea esta agua puede cumplir como suministro de agua a usos no potables como el caso de descarga de inodoros, el cual representa hasta un 30% del consumo total de agua de un hogar, lo cual demuestra un beneficio importante con respecto al ahorro de agua por la implementación de un sistema de cosecha de agua (Mukhopadhyay et al. 2001; Lazarova et al. 2003; Campisano & Modica 2010; citado por A. Campisano, Gnecco, Modica, & Palla, 2013).

Un estudio hecho en Costa Rica en el 2018 por Hernandez, Zambrano, & Mora en el que se realizó un análisis de la calidad de agua lluvia en tres distintas regiones del país, con usos de suelo variable, Cartago a nivel urbano, Santa Elena a nivel rural - no agrícola y Siquirres a nivel rural – agrícola, evidenció que la calidad del agua lluvia recolectada de superficies galvanizadas, cumplen con la legislación nacional para la potabilidad del agua a nivel fisicoquímico, ya que para uso potable, es decir, consumo, si requeriría de desinfección ya que la exposición a agentes microbiológicos es muy elevada.

A medida que la demanda de agua aumente, así va a ser el ahorro en agua potable que se tendrá, el cual oscila entre el 34% y el 92%, esto en el caso de 62 ciudades de Brasil. Si hubiera programas gubernamentales para promover el ahorro de agua potable por el uso del agua de lluvia, habría significativos ahorros de agua potable y consecuente preservación de los recursos (Ghisi, Montibeller, & Schmidt, 2006).

En un estudio realizado en Morelia, México se demostró como un sistema de cosecha de agua lluvia tiene el potencial de reducir el consumo de agua potable en hasta un 80%, en casos de una baja inversión y en un 87% en casos en los que la reducción de la utilización de agua potable es la prioridad. Así mismo se demostró que captar agua durante periodos lluviosos y utilizarla durante los periodos secos, cuando la disponibilidad de agua es menor, presenta mejores resultados con respecto a la reducción de uso de agua potable y su costo (Bocanegra-Martínez et al., 2014).

### 3.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA

Para comprender el funcionamiento de un sistema de cosecha de agua lluvia, es de suma importancia la definición de sus principales componentes, los cuales : captación, recolección y conducción, interceptor filtro y almacenamiento.

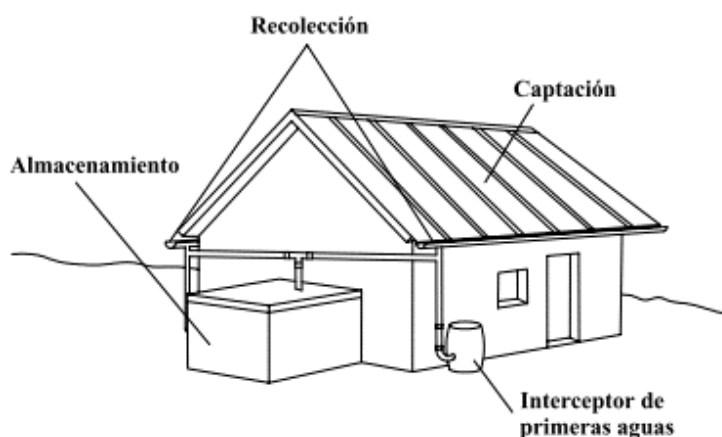


Figura 3.1. Representación gráfica de los componentes de un sistema de cosecha de agua lluvia.

Fuente: (OPS, 2004)

#### 3.2.1 Captación

Es el área del techo proyectado de forma horizontal (Caballero, 2006), el cual debe contar con una pendiente no menor al 5% (UNATSABAR, 2003; citado por Ramírez, 2013), y superficie adecuadas para facilitar el escurrimiento del agua al sistema de recolección (OPS, 2004).

Es importante tomar en cuenta el material del cual esté constituido el techo de la edificación, ya que este contribuye al sistema, especialmente en términos de calidad de agua, que también se ve afectada por las condiciones climáticas y el ambiente alrededor (Krishna, 2005).

El metal más utilizado es la lámina galvanizada la cual es fácil de instalar y requiere de menores cuidados, sin embargo, es más costosa (OPS, 2004), presenta un fácil escurrimiento y actúa como esterilizante debido al calentamiento del metal por el sol (Caballero, 2006). La teja ya sea de arcilla o de cemento, es un material muy poroso y contribuye a pérdidas por textura del material, por lo que es necesario sellarlas para evitar el crecimiento microbiano (Krishna, 2005). Los techos construidos con material de origen vegetal, como lo es la paja, son utilizados principalmente para recolección riego (Krishna, 2005), ya que estos liberan compuestos que pueden dar una apariencia poco agradable al agua (OPS, 2004).

Así mismo, otros estudios han demostrado que independientemente del material del techo, la calidad de agua empeora conforme a la antigüedad de los mismos (Chang et al., 2004; citado por Mendez, Afshar, & Kinney, 2010).

Todos los materiales mencionados presentan un coeficiente de escurrimiento, este representa las pérdidas de agua que pueden darse en el momento que llueve debido a infiltraciones, evaporación y salpicaduras. Este coeficiente es un número que va entre el 0 y 1, y se interpreta como la eficiencia de captación de agua del techo en un año (Caballero, 2006). Este valor para los distintos materiales

**Cuadro 3.1. Coeficiente de escurrimiento según material del techo (Caballero, 2006).**

<b>Material del techo</b>	<b>(1-CR)</b>
Lámina galvanizada	> 0.9
Teja	0.6 a 0.9
Materia orgánica (palma)	0.2

### **3.2.2 Recolección y conducción**

Se conforma principalmente por las canaletas que se encuentran en los bordes bajos de los techos y por los bajantes El material debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, para reducir las fugas de agua. Los materiales más utilizados para las estructuras madera(OPS, 2004).

Las dimensiones de las canaletas están en función a las dimensiones del techo y de la precipitación, así mismo es importante tener en cuenta que la separación entre el alero del

techo y la canaleta debe ser mínima para evitar que el agua sujeta a vientos no caiga fuera de ella. Así mismo, importante limpiar las canaletas continuamente antes de canalizar el agua al tanque de almacenamiento, ya que puede haber obstrucción por hojas que han caído al techo (Caballero, 2006).

### **3.2.3 Interceptor y filtro**

Este es el dispositivo de descarga de las primeras aguas que provienen del lavado del techo y contienen los materiales que se encuentran al inicio de la lluvia. Este impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento minimizando la contaminación del agua (OPS, 2004).

Luego del interceptor puede colocarse un filtro que puede contener material como grava, arena y carbón activado, esto con el fin de retener partículas que logren pasar el interceptor, así mismo para eliminar color, sabor y hasta mal olor (Caballero, 2006).

### **3.2.4 Almacenamiento**

Está destinado a contener y almacenar el volumen de agua lluvia necesario para el consumo diario de una familia, durante todo el año y sobre todo durante la temporada de sequía (Caballero, 2006). Dicha unidad debe ser duradera y debe cumplir con las siguientes especificaciones según la Guía de diseño para captación de agua lluvia (OPS, 2004):

- Ser impermeable para evitar pérdidas de agua por goteo o transpiración,
- De no más de 2m de altura para minimizar las sobrepresiones,
- Tener tapa para impedir ingreso de polvo, insectos y luz solar,
- Disponer de escotilla con tapa sanitaria, suficientemente grande para permitir el ingreso de una persona para realizar limpieza y reparaciones de ser necesario,
- La entrada y el rebose deben cubrirse con malla para evitar el ingreso de animales,
- Contar con dispositivos para retiro de agua y drenaje.
- Tener suficiente resistencia estructural ante fenómenos naturales (sismo) (Caballero, 2006).

Los tanques de almacenamiento pueden ser de materiales como mampostería (para volúmenes menores a los 0,5 m<sup>3</sup>), ferrocement y concreto (OPS, 2004). Estos pueden ser ubicados según preferencia o disposición del terreno o infraestructura, estos pueden ser tanques elevados, tanques superficiales, es decir asentados en la superficie del terreno, tanques semienterrados o tanques enterrados (cisternas) (Caballero, 2006).

### 3.3 CRITERIOS DE DISEÑO

Antes de iniciar con un diseño de cosecha de agua lluvia es necesario conocer una serie de aspectos del lugar específico donde se desea implementar dicho sistema.

Se debe conocer la precipitación de la zona, es decir, tener los datos de precipitación de al menos los últimos 10 años, el material del que está construida la superficie de captación para así conocer el coeficiente de escorrentía, el número de personas beneficiadas y la demanda de agua (OPS, 2004). Para posteriormente proceder a las siguientes etapas de diseño:

- *Determinación de la precipitación promedio mensual:* se realiza con los datos de precipitaciones diarias para los años de interés en mm/mes, de los cuales se obtiene el dato de precipitación mensual.
- *Determinación de la demanda:* a partir de la cantidad de personas beneficiadas, el número de días al mes que sea necesario el suministro de agua y el consumo per cápita del establecimiento se calcula la demanda de agua mensual que debe satisfacer el sistema.
- *Determinación del volumen del tanque de abastecimiento:* con los resultados de la precipitación promedio mensual y el coeficiente de escorrentía del material del techo se procede al cálculo de la cantidad de agua captada para diferentes áreas del techo por mes. Posteriormente se calcula la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda, si esta resulta negativa se descarta ya que no habrá capacidad de captar la cantidad de agua necesaria para suplir la demanda.

### 3.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COSECHA AGUA LLUVIA

La factibilidad económica, los costos asociados y la recuperación de la inversión han sido estudiados de manera recurrente, enfocando específicamente la construcción del tanque de almacenamiento como el elemento más costoso del sistema.

En un estudio realizado en España demuestra, contrario a lo que se ha promovido y creído, la escala óptima para los sistemas de cosecha de agua parece ser a nivel de urbanización a gran escala y desarrollos de gran densidad. Desde un punto de vista financiero, para dichos sistemas en desarrollos urbanos a gran escala se espera un retorno de la inversión a corto plazo, por lo que son la mejor estrategia (Morales-Pinzón, Lurueña, Rieradevall, Gasol, & Gabarrell, 2012).

Así mismo se tienen estudios que se basan en distintas metodologías para el diseño de tanques de almacenamiento. (Santos & Taveira-Pinto, 2013), diseño criterio de eficiencia de



80 %, mejor escenario con relación al ahorro económico y costo de instalación, con un tanque de volumen menor que si se emplea un criterio de eficiencia 100%.

Devkota, Schlachter, & Apul (2015), estudian varios escenarios instalación de sistemas de cosecha de agua, destinados a la descarga de servicios sanitarios y al riego, casos donde se hace la instalación en edificaciones ya existentes y casos donde se instalan en construcciones nuevas. Para lo que concluyen que los escenarios donde se instalan en construcciones nuevas son los más favorables, basado en costos, energía y emisiones de gases de efecto invernadero. Así también resulta que dependiendo de en qué momento de la construcción se instale el sistema así deberá enfocarse el uso final del agua recolectada, es decir, si se instala en una edificación existente es mejor utilizarla para riego, y en caso de que sea una edificación nueva es ideal usarla para descargas de inodoros.

Usualmente las evaluaciones financieras de los sistemas de cosecha de agua muestran periodos de recuperación de la inversión muy largos, por lo que debe prestarse atención en desarrollar tecnologías y sistemas de bajo costo, con fines de modernizar los existentes. Pero es importante tomar en consideración los múltiples beneficios ambientales en el proceso de evaluación, como en un Análisis de Ciclo de Vida, ya que estos no se limitan a la conservación de agua, sino que contribuyen a la gestión de aguas pluviales, consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero de forma que se pueda mejorar la viabilidad económica general dependiendo del contexto (Campisano et al., 2017).

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 LUGAR DE ESTUDIO

El proyecto fue desarrollado en dos instituciones ubicadas en el distrito Tirrases de Curridabat, en la provincia de San José. La primera, el Proyecto Educativo La Cometa y el segundo el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano. La ubicación de ambas instituciones se muestra en la figura 4.1.

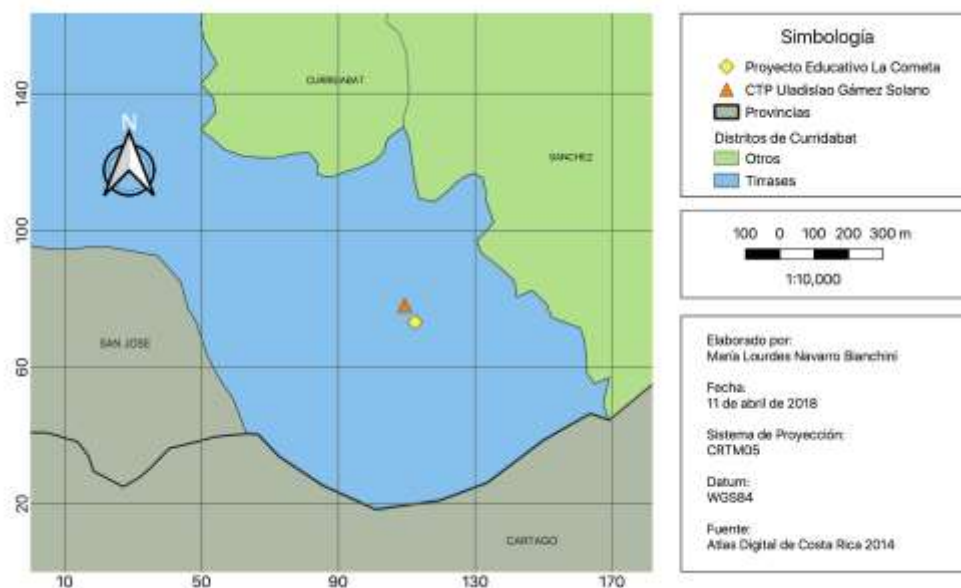


Figura 4.1. Ubicación del Proyecto Educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano.

El distrito de Tirrases tiene una población considerada urbano-marginal, con problemas como acceso inadecuado a servicios públicos, alta contaminación por su cercanía al relleno sanitario que brinda servicio a la ciudad de San José y comunidades aledañas. Se caracteriza por ser una comunidad que surge por colonización de tierras consideradas en desuso y apropiadas por personas de muy escasos recursos (Benavides & Lobo, 2008).

#### 4.1.1 Proyecto Educativo La Cometa

El Proyecto Educativo La Cometa surge en el año 2012, como un centro de educación para el desarrollo integral de la comunidad de Tirrases, a partir del convenio firmado entre la Municipalidad de Curridabat y la Fundación Universidad Católica, ofreciendo a la población una serie de programas educativos tales como: apoyo al estudio, cursos libres, formación integral de técnicos, educación abierta, programas de arte y recreación y otras actividades (Municipalidad de Curridabat, n.d.).

La propuesta para generar un programa de mejoramiento integral de la educación nace a raíz que la población del distrito, según censo INEC y las Encuestas de Hogares de la Municipalidad de Curridabat en el 2011, presenta una serie de características de riesgo social tales como pobreza extrema, altos índices de drogadicción, prostitución, sicariato, violencia doméstica, entre otros. Así mismo en una encuesta realizada por la unicipalidad en el año 2012, el distrito presentó un 37% de la población mayor a los 15 años con Educación Primaria incompleta o menor. Por tanto, la Municipalidad de Curridabat propone la generación de dicho programa de mejoramiento integral de la educación (Municipalidad de Curridabat, n.d.).

#### **4.1.2 Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano**

El CTP Uladislao Gámez Solano se inaugura en el año 2006 ante la necesidad de crear un centro de educación secundaria en el distrito de Tirrases, ofreciendo a jóvenes de la comunidad la oportunidad de educarse, aumentando la probabilidad de superación y oportunidad de recibir educación universitaria o técnica (Benavides & Lobo, 2008).

La institución se encuentra en una finca de aproximadamente 4.5 ha, y cuenta con un área de construcción aproximada de 1000 m<sup>2</sup>. Terreno que fue adquirido por la Municipalidad de Curridabat en el año 2007 y posteriormente donado al Ministerio de Educación en el 2011 (Benavides & Lobo, 2008).

### **4.2 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA LLUVIA**

En la primera etapa del proyecto se realizó la determinación de la oferta y la demanda de agua lluvia en ambas instituciones, así como un análisis de los usuarios que las integran.

#### **4.2.1 Determinación de la oferta**

Para el cálculo de la oferta se levantaron datos de percepción diaria de los últimos diez años (2006 – 2017), de la estación meteorológica Hacienda La Laguna. De estos datos se extrajeron los tres años consecutivos con menor cantidad de lluvia. Esto permite plantear un escenario con baja oferta de recurso hídrico CEPIS *et al*, citado por Zambrano, 2012).

La captación se considera a nivel de cubiertas, para lo cual se calcularon las áreas de las edificaciones de La Cometa y el CTP, a partir de los planos proporcionados por la Municipalidad de Curridabat. Se usó el programa AutoCAD, delineando los perímetros de las edificaciones que componen cada una de las instituciones. Para cada institución, se realizó

la determinación del área de las cubiertas y posteriormente se realizó la suma total de área de captación por institución, lo cual permite la cuantificación de cada

El volumen de agua lluvia que representa la oferta hídrica, se calcula empleando la fórmula 4.1, con los datos de precipitación, área de las cubiertas y el coeficiente de escorrentía, que para el caso en estudio para ambas instituciones es de 0.9, dado el uso de láminas galvanizadas (Caballero, 2006).

$$A_d = \frac{Pp_d \times Ac \times Ce}{1000}$$

**Fórmula 4.1. Oferta de agua**  
**Fuente: (OPS, 2004)**

$A_d$ : oferta de agua diaria (m<sup>3</sup>)

$Pp_d$ : precipitación (L/m<sup>2</sup>)

$Ac$ : área de captación (m<sup>2</sup>)

$Ce$ : coeficiente de escorrentía

## **4.2.2 Determinación de la demanda**

### **4.2.2.1 Descarga de inodoros**

De manera preliminar a la obtención de los datos de la demanda hídrica de las instituciones en estudio, se solicitó a cada una de ellas una serie de datos correspondientes a cada periodo lectivo o de atención:

- Número aproximado de estudiantes inscritos.
- Número aproximado de personas recibidas en un día
- Número de profesores y/o voluntarios.
- Número de personal administrativo de la institución.
- Número de personal de conserjería.
- Número de personal de seguridad y/o mantenimiento.
- Horarios diarios.
- Periodo lectivo o de atención.

Debido a que el alcance del presente proyecto se limita a la utilización del agua lluvia cosechada para usos no potables, específicamente en descarga de inodoros y riego de huertas, no se usan los datos de los registros de consumo dado que estos engloban consumos potables y no potables. Por tanto, el levantamiento de la demanda se realiza de manera específica para los usos de interés.

La demanda de agua en la descarga de inodoros para cada institución realizó una visita de campo donde se hizo un conteo de la cantidad de personas que hacían uso de los servicios sanitarios en un día. Así mismo se levantó la capacidad de descarga de cada uno de los servicios sanitarios presentes en cada institución.

En el Proyecto Educativo La Cometa se realizó el conteo a partir de las 8:00 am hasta las 4:00 pm, el lunes 18 de septiembre del 2017. Se seleccionó este día, dado que la Sra. Natalia Galeano, directora de La Cometa, indicó que el lunes es el día que se recibe la mayor cantidad de personas. La herramienta levantamiento de información se presenta en el Apéndice 1.

Con el consumo obtenido para un intervalo de ocho horas, se calculó la demanda diaria y se proyectó para cada uno de los días de la semana.

Es importante recalcar que al momento que se realizó la contabilidad de la demanda el Proyecto Educativo La Cometa, se encontraba en proceso de construcción de sus nuevas instalaciones. Para el momento de apertura se proyecta un aumento de la población, por lo que con la demanda diaria obtenida fue necesario realizar una proyección del consumo, con respecto al aumento esperado.

En el caso del CTP Uladislao Gámez Solano, se realizó el conteo en cada batería sanitaria, un día durante el horario lectivo normal, desde las 7:00 am hasta las 4:20 pm. La herramienta de levantamiento de información para cada punto de interés se presenta en el Apéndice 2, la cual cuenta con un croquis de la batería de servicios sanitarios, cuadro con la capacidad de descarga de cada inodoro y el número de personas que hacían uso del servicio sanitario, además de una sección para comentarios u observaciones.

#### 4.2.2.1.1 Encuesta a usuarios

Se realizó una encuesta (ver apéndice 3) tanto del CTP como de La Cometa, para conocer información con respecto al uso del agua y su aceptación de alternativas de abastecimiento. Esta encuesta presenta tres secciones:

- *Información general*, se especifica la institución a la que pertenece, la ocupación dentro de la misma y el género.
- *Receptividad de usuarios*, se evalúa el conocimiento que tengan con respecto a la disponibilidad de agua en la institución, el conocimiento y el concepto que manejen de la utilización de agua lluvia en diversas actividades, tales como, descarga de inodoros, riego de huertas, aseo y consumo (luego de desinfección), y la aceptación que podrían tener a un sistema de cosecha de agua en la institución.

- *Cuantificación de la demanda*, donde se especificaba la cantidad de veces en un día que se utilizaba el servicio sanitario.

Para obtener la demanda agua con los resultados de la encuesta aplicada se tomaron las repuestas de los apartados de *Información general* (específicamente el género) y las de *Cuantificación de la demanda*.

A partir de la cantidad de personas beneficiadas, según el género y el consumo per cápita según el servicio utilizado (inodoro u orinal) se calcula la demanda diaria, empleando la fórmula 4.2. Una vez obtenidas las demandas específicas se realiza una suma de ambas para obtener una demanda diaria total

$$D_i = \frac{Nu \times Dot}{1000}$$

**Fórmula 4.2. Demanda diaria.**  
Fuente: (OPS, 2004)

*Nu*: número de usuarios que se beneficiarán del sistema

*Dot*: dotación (L/persona día)

*D<sub>i</sub>*: demanda diaria (m<sup>3</sup>)

#### **4.2.2.2 Riego de la huerta urbana**

Cómo parte del alcance del presente proyecto está el riego de huertas como uso no potable del agua lluvia a recolectar. En el caso de las instituciones en estudio, la única que cuenta con una huerta urbana es el Proyecto Educativo La Cometa.

Para la cuantificación de la demanda de agua para el riego de la huerta se realizó una visita de campo en la cual se tenía como fin realizar el cálculo del caudal de riego aplicado a la huerta, in situ, mediante el método volumétrico, empleando la fórmula 4.3.

$$D_h = \frac{V}{t}$$

**Fórmula 4.3. Demanda de huerta.**

*D<sub>h</sub>*: caudal (L/s)

*V*: volumen del recipiente (L)

*t*: tiempo de llenado del recipiente (s)

Así mismo, durante la visita se entrevistó el personal a cargo del curso en el que se trabaja la huerta, José Fernando González Acuña, ingeniero agrónomo. Esto con el fin de conocer los tiempos de riego diario y semanal.

### 4.3 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ESCENARIOS DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.

Cómo etapa previa al diseño del sistema de cosecha de agua lluvia se realizó el planteamiento de una serie de escenarios, en los cuales se exponen distintas configuraciones preliminares de un posible sistema. Estos escenarios serán evaluados para la determinación del escenario más viable para la institución específicamente.

El proceso del planteamiento de escenarios se realiza solamente para el diseño del CTP Uladislao Gámez Solano considerando la complejidad de la infraestructura de la institución y su dimensión en comparación a La Cometa, la cual solamente cuenta con dos edificaciones, y una dinámica de uso muy distinta a la del CTP. Sin embargo realizó el mismo procedimiento para escenario único planteado para el Proyecto Educativo La Cometa.

#### 4.3.1 Planteamiento de escenarios

Se tomaron en cuenta diversas características de la institución y su infraestructura, tal como, la topografía del terreno en donde se encuentra y la distribución de las edificaciones a lo largo del mismo.

Se procedió a hacer una representación gráfica de cada uno de los escenarios planteados utilizando la distribución en planta de las edificaciones.

Una vez planteados los escenarios, se realizó la determinación de los volúmenes de los tanques de almacenamiento que requería cada uno, según el balance de masa de la oferta y demanda.

#### 4.3.2 Cálculo del volumen del tanque de

Para determinar el volumen de tanque que requería cada escenario se realizó la determinación de oferta, según el área de las cubiertas a utilizar, empleando la fórmula 4.1. Dicha oferta se calculó con el dato diario por 3 años consecutivos previamente establecidos como los más secos.

Así mismo se determinó la demanda de agua del CTP, para lo cual se realizó la sumatoria de las demandas obtenidas anteriormente, según la necesidad de los sistemas propuestos. Con

respecto al cálculo de la demanda de La Cometa, esta se dividió en la demanda de agua para los servicios sanitarios y la demanda para la huerta que se trabaja en el sitio.

Posteriormente se realizó la determinación del volumen diario requerido para satisfacer la demanda obtenida, esto empleando la fórmula 4.4.

$$V_i = A_i - D_i$$

**Fórmula 4.4.**  
**Fuente: (OPS, 2004)**

$A_i$ : oferta de agua para el día “i” (m<sup>3</sup>)

$D_i$ : demanda de agua para el día “i” (m<sup>3</sup>)

$V_i$ : volumen de almacenamiento necesario para el día “i” (m<sup>3</sup>)

Una vez obtenido el dato diario a almacenar, se procede a realizar la curva de masas, el acumulado día a día del volumen a almacenar, esto empleando la fórmula 4.5.

$$V_a = V_i + V_{i-1}$$

**Fórmula 4.5.**  
**Fuente: (OPS, 2004)**

$V_i$ : volumen de almacenamiento necesario para el día “i” (m<sup>3</sup>)

$V_a$ : volumen de almacenamiento acumulado (m<sup>3</sup>)

Luego de obtenidos los valores del volumen acumulado diario para los tres años seleccionados, se procede a darle valor cero a todo acumulado que resulte en un valor negativo. número negativo se entiende como un sobre oferta de agua, la cual no es necesaria ya que la demanda no la requiere.

Así una vez realizada la revisión de todos los volúmenes acumulados se procede a obtener el dato del valor  $V_a$  máximo, el cual indica el tamaño del tanque requerido para la demanda para el periodo más prolongado con baja oferta durante cada año. Los valores obtenidos por cada año se promedian para obtener el valor final del tanque o tanques necesarios.

### 4.3.3 Selección de escenarios

La sección de la selección de escenarios es exclusiva para el caso del CTP Uladislao Gámez Solano, por la diversidad de opciones para dicha institución. El Proyecto Educativo La Cometa, al ser más compacto tiene una opción.



#### **4.3.3.1 Definición de criterios de selección**

Con el fin de seleccionar los escenarios planteados, se determinaron 5 criterios técnicos, los cuales posteriormente se compararon entre los escenarios para determinar el más viable para la institución. Estos criterios son:

##### *Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria*

Este criterio hace referencia al requerimiento de tuberías tanto de recolección como de distribución. Para dicho criterio solamente se procedió a hacer la revisión de la longitud aproximada que se prevería para cada escenario según el trazado hecho en AutoCAD. Este criterio se manejó contemplando la longitud en metros del resultante.

##### *Requerimiento y complejidad de sistema de bombeo*

Con respecto al bombeo, este se determinó según la necesidad del sistema diseñado en cada escenario específico. Tomando en cuenta la movilidad de agua a tanques superiores o el requerimiento de tanques subterráneos por las dimensiones obtenidas durante el diseño preliminar.

Para darle valor al criterio se manejó con respecto a una escala según el nivel de complejidad del sistema requerido, tomando en cuenta la magnitud de los posibles sistemas. Esta escala se presenta en el cuadro 4.1.

**Cuadro 4.1. Escala de evaluación para el criterio de Requerimiento y complejidad de sistema de bombeo.**

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>
Alto	2 bombas de alta potencia
Medio - Alto	2 bombas baja potencia
Medio	1 bomba de alta potencia
Medio - Bajo	1 bomba de baja potencia
Bajo	0 requerimiento de bombeo

##### *Complejidad de operación y mantenimiento*

La operación y mantenimiento fue un criterio para el cual se acudió a consultar a expertos que trabajan en el área de operación y mantenimiento, como lo son el Sr. Manuel Adolfo Centeno López, director del Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM) del Tecnológico de Costa Rica, el Sr. Carlos Humberto Rodríguez Villalobos, supervisor de la unidad civil del DAM y el Sr. José Ángel Cascante Arias, supervisor de la unidad de electromecánica del DAM.

Durante la consulta se analizaron los escenarios propuestos para el caso estudio, específicamente para el CTP, esto para dar grados de complejidad según las características propuestas, tomando en cuenta los demás criterios a evaluar cómo, por ejemplo, son los sistemas de bombeo. Para este criterio los grados de complejidad se manejaron dentro de una escala del 1 – 5 cómo se muestra en el cuadro 4.2, con respecto la cual los expertos asignaban el valor a los distintos escenarios.

**Cuadro 4.2. Escala de evaluación para el criterio de Complejidad de operación y mantenimiento.**

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>
Alto	5
Medio - Alto	4
Medio	3
Medio - Bajo	2
Bajo	1

Así mismo se realizó una visita de campo con el Sr. José Ángel Cascante a observar el sistema de cosecha de agua lluvia con el que cuenta el Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación, edificio que alberga las carreras de Ingeniería en Electrónica, Ingeniería en Mecatrónica e Ingeniería en Computadores, en el campus central del TEC, que se muestra en la figura 4.2. Esto con el fin de observar el funcionamiento y la composición del sistema instalado en el sitio



**Figura 4.2. Núcleo de Tecnologías de Información y Comunicación, en el campus central Cartago, del Tecnológico de Costa Rica. Fuente: (ITCR, 2018)**

### *Sujeción del sistema*

La sujeción del sistema es un criterio que hace referencia a la autonomía que este podría tener, es decir, que tan sujeto está de sí mismo, si es o no dependiente. Este fue analizado tomando en cuenta el escenario de una posible avería en el sistema y cómo el mantenimiento podría afectar la totalidad de este a la hora que se deba dar un paro para su reparación.

Por tanto, se toma cómo una sujeción alta cuando el sistema es único, es decir, cuando un solo sistema abastece toda la institución y una sujeción baja cuando el sistema tiene agrupaciones, es decir, cuando está conformado por subsistemas.

Con respecto al valor asignado según la sujeción del sistema se utilizó la escala en el cuadro 4.3, según el nivel de sujeción del sistema, es decir, si está sujeto a sí mismo o no. Con respecto al valor medio, de sujeción parcial, se refiere a que es un sistema sujeto, pero suficientemente autónomo para no verse afectado por todas las posibles fallas que se presenten.

**Cuadro 4.3. Escala de evaluación para el criterio de Sujeción del sistema.**

<b>Clasificación</b>	<b>Valor</b>
Alto	Sujeto
Medio	Parcialmente sujeto
Bajo	No sujeto

### *Costo de infraestructura de almacenamiento*

Para la obtención del costo de la infraestructura se cotizaron tanques de almacenamiento comerciales con la empresa La Casa del Tanque, esto para los casos en que las dimensiones de los tanques existieran en el mercado. En los casos en que los tanques fueran de dimensiones muy grandes, se realizó el cálculo de la construcción del mismo utilizando el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva (Ministerio de Hacienda, 2017). En este se encuentran los valores para lo que es la excavación con maquinaria por m<sup>3</sup>, así como el valor por m<sup>2</sup> de losa de concreto con refuerzo de varilla N° 3, de 15 cm de espesor. Así que para este criterio se utiliza cómo valor de evaluación el costo en colones costarricenses (CRC por sus siglas en inglés)

### 4.3.3.2 Selección multicriterio de los escenarios

Para el proceso de selección del escenario más viable, se procedió a realizar un proceso de selección empleando el análisis de decisión multicriterio por Romero (1996), cómo un instrumento objetivo para mejorar la comprensión de los procesos de decisión, así como para ayudar a los centros decisores a abordar la necesaria comparación entre alternativas, con el objetivo de identificar la solución factible para la que la función objetivo alcance su valor óptimo. Siendo la función objetivo el sistema de cosecha de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano y la solución factible el escenario a elegir que sea el más apto para la institución.

El cuadro 4.4 resume los valores de medición para cada uno de los criterios técnicos evaluados en cada escenario.

**Cuadro 4.4. Valores de medición de escenarios según el criterio técnico a evaluar.**

<b>Criterio</b>	<b>Valor de medición</b>
Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria	Longitud (m)
	Alto: 5
Requerimiento y complejidad del sistema de bombeo	Medio - Alto: 4
	Medio: 3
	Medio - Bajo: 2
	Bajo: 1
Complejidad de operación y mantenimiento	Alto: 5
	Medio - Alto: 4
	Medio: 3
	Medio - Bajo: 2
Sujeción del sistema	Bajo: 1
	Alto: 5
	Medio: 3
Costo de infraestructura de almacenamiento	Bajo: 1
	Costo del Sistema (CRC)

El proceso de normalización de los valores es de suma importancia, dado que las unidades en las que se miden los diferentes criterios suelen ser diferentes, como ejemplo, el costo de la infraestructura y el requerimiento de infraestructura hidrosanitaria, siendo una medida en CRC y la otra en metros, respectivamente. En segundo lugar los valores alcanzables por criterio pueden ser muy distintos, cómo en el ejemplo anterior, uno llega a valores en el rango de los millones de CRC y el otro no pasa de los cientos de metros (Romero, 1996). Por lo tanto, se utiliza la normalización lineal para llevar los valores de los criterios a evaluar al mismo orden numérico, de manera que estén en términos dentro del rango del cero al uno (Zeng, Jiang, Huang, Xu, & Li, 2007).

La normalización de los valores, en este caso de estudio se dio minimizándolos, lo cual se refiere a que se quiere “menos del mejor valor” (Romero, 1996), entendiéndose que entre más pequeño el valor este es más positivo. Esto porque los cinco criterios a evaluar se plantearon en una denotación negativa, es decir, entre mayor sea el valor obtenido peor es el resultado obtenido.

Así que se emplea la fórmula 4.6 para la minimización de los valores obtenidos según cada criterio.

$$X_{ij} = \frac{\min_i s_i(j)}{s_i(j)}$$

**Fórmula 4.6. Normalización por minimización**  
Fuente: (Zeng et al., 2007)

$X_{ij}$  = Valor normalizado de alternativa i en el criterio j.

$s_i(j)$  = Dato de la alternativa i en el criterio j.

$\min_i s_i(j)$  = Mínimo valor de beneficio en el criterio j entre las alternativas.

Así con la normalización por minimización de los valores se obtiene que el que resulte con la mayor nominación, es decir, igual a 1, es el óptimo y el que se acerque más a cero es el menos óptimo.

A cada uno de los criterios se procedió a asignarles un porcentaje de prioridad, esto se realiza ya que los criterios relevantes para la toma de decisiones pueden tener diferente importancia (Romero, 1996). Esta ponderación se realizó según la relevancia considerada que cada uno de los criterios propuestos pudiese tener dentro de la toma de decisiones.

Los valores de porcentuales que se presenta en cuadro 4.5, se definieron de manera tal que los criterios que se refieren a términos de diseño y la operación del sistema, tal como el requerimiento y complejidad del sistema de bombeo, la complejidad en la operación y mantenimiento y la sujeción que presenten los sistemas, tuvieran un mayor peso porcentual, seguido del costo de infraestructura de almacenamiento y por último lo que es la infraestructura hidrosanitaria.

**Cuadro 4.5. Porcentajes de relevancia según el criterio técnico a evaluar.**

<b>Criterio</b>	<b>Porcentaje de relevancia</b>
Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria	10 %
Requerimiento y complejidad del sistema de bombeo	23%
Complejidad de operación y mantenimiento	23%
Sujeción del sistema	23%
Costo de infraestructura de almacenamiento	20%

Así, los datos normalizados por criterio para cada escenario se someten a una ponderación según el porcentaje del cada uno de los criterios. De manera que para cada uno de los escenarios se obtiene una evaluación específica de los mismos, la cual posteriormente se suma para cada uno de ellos. El valor resultante de esta ponderación será igualmente un valor porcentual, por tanto, el escenario que presente mayor porcentaje será el escenario elegir.

Por tanto, el escenario que obtenga el mayor valor luego de la ponderación de sus resultados por cada uno de los criterios será el escenario elegir.

#### 4.1 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA

Una vez seleccionado el escenario se procedió a realizar el diseño específico del tanque de almacenamiento, del sistema de distribución hidráulica del agua lluvia recolectada y el diseño de la línea de recolección del agua lluvia hacia el tanque.

##### 4.1.1 Diseño del tanque de almacenamiento

Para el dimensionamiento real de los volúmenes de los tanques de almacenamiento obtenidos de los escenarios seleccionados, estos se redujeron a un 80%. Esto ya que resulta en un escenario más efectivo en relación con el ahorro económico y con respecto a los costos de instalación y construcción (Santos & Taveira-Pinto, 2013).

##### 4.1.2 Diseño del sistema hidráulico de distribución de agua lluvia

###### 4.1.2.1 *Trazado de la red de distribución*

El trazado de la red de distribución se realizó teniendo en cuenta la distribución arquitectónica de los espacios, la ubicación adecuada de la misma con respecto a los accesorios existentes. Se contempla una instalación de la tubería externa a los muros mediante anclajes para tener la menor afectación a la integridad de estos.

Las líneas fueron trazadas horizontalmente paralelas a los muros, incluyendo los accesorios estrictamente necesarios para evitar la mayor cantidad de pérdidas longitudinales y por accesorios posibles.

###### 4.1.2.2 *Cálculo de Caudales*

Para el caudal máximo probable se utiliza el método Hunter Colombia, el cual los calcula con un porcentaje de error bajo con relación a otros métodos, específicamente en el caso de

centros educativos y su dinámica, según el estudio realizado por el Ing. Renán Zamora (2013), en su Proyecto Final de Graduación, *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*.

#### 4.1.2.3 Determinación de diámetros y cálculo de pérdidas

Los diámetros de la tubería fueron establecidos según la relación con respecto a la velocidad del fluido, la cual debe encontrarse dentro del rango de 0.6 a 2.0 m/s (CFIA, 2017). Para esto se utilizó la tabla de especificaciones, del manual técnico de Amanco, el cual especifica el diámetro interno real en milímetros según el diámetro comercial en pulgadas, para las tuberías de PVC para SDR 17. Se opta por el PVC debido su peso ligero, a sus resistencia a la corrosión, su facilidad de instalación y sus buenas características de flujo (Mott, 2006).

Con dicha información se procede a obtener el área interna de la tubería y así mismo la velocidad del fluido dentro de esta, empleando las fórmulas 4.7 y 4.8.

$$A_i = \pi \left( \frac{D_r}{2} \right)^2$$

**Fórmula 4.7. de la tubería**  
**Fuente:** (Mott, 2006)

$A_i$ : área interna de la tubería (m<sup>2</sup>)  
 $D_r$ : diámetro real de la tubería (m)

$$v = \frac{Q/A_i}{1000}$$

**Fórmula 4.8. Velocidad del fluido**  
**Fuente:** (Mott, 2006)

$v$ : velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s)  
 $Q$ : caudal máximo probable (L/s)  
 $A_i$ : área interna de la tubería (m<sup>2</sup>)

Para el cálculo de las pérdidas longitudinales se estableció la ruta crítica, la cual corresponde a la ruta que abastece el aparato más lejano. Considerando la demanda de cada uno de los aparatos, que en caso del presente proyecto solo son inodoros y orinales, y aplicando el método Hunter Colombia para la obtención del caudal máximo probable según la cantidad de aparatos acumulados en los nodos de la ruta crítica. Se calculan las pérdidas en los tramos por medio de la ecuación de Hazzen Williams, fórmula 4.9.

$$h_L = L \left[ \frac{Q}{0.2785CD^{2.63}} \right]^{1/0.54}$$

**Fórmula 4.9. Ecuación de Hazzen Williams**  
Fuente: (Mott, 2006)

$h_L$ : pérdida longitudinal

$L$ : longitud total (m)

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/s)

$C$ : coeficiente de Hazzen Williams (PVC  $C = 150$ )

$D$ : diámetro de la tubería (m)

Para las pérdidas por accesorios, se estableció el tipo de así como la cantidad que fuese necesaria de este, entre cada tramo de la ruta crítica establecida. Para cada uno de ellos se empleó la ecuación de pérdida menor de energía, fórmula 4.10. En caso de haber más de un accesorio, ya sea del mismo o distinto, se hace la suma de las pérdidas individuales.

$$h_s = k \frac{v^2}{2g}$$

**Fórmula 4.10. Pérdida menor de energía**  
Fuente: (Mott, 2006)

$h_s$ : pérdida menor de energía

$k$ : coeficiente de resistencia del accesorio

$v$ : velocidad del fluido dentro de la tubería (m/s)

$g$ : gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>)

Para la obtención de las pérdidas totales por tramo se hace una suma entre las pérdidas longitudinales y las pérdidas por accesorio.

#### **4.1.2.4 Determinación de las cargas piezométricas**

Las cargas piezométricas corresponden a las presiones que se obtendrá en cada nodo de la ruta crítica establecida, para esto se utiliza la ecuación de energía del sistema, fórmula 4.11, la cual es una modificación de la ecuación de Bernoulli (Mott, 2006). De esta ecuación se despeja la presión que debe obtenerse en la posición  $n$ , si se tiene una presión esperada y/o conocida para la posición  $n+1$ . Esta presión conocida sería la presión que requeriría el último aparato en la ruta crítica para su funcionamiento adecuado. Para esto se consultó el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (2017).

$$\frac{P_n}{\gamma} + z_n = \frac{P_{n+1}}{\gamma} + z_{n+1} + h_{n \rightarrow n+1}$$

**Fórmula 4.11. Ecuación general de la energía.**  
Fuente: (Mott, 2006)



$$\frac{P_n}{\gamma} = \frac{P_{n+1}}{\gamma} + (z_{n+1} - z_n) + h_{n \rightarrow n+1}$$

$P$ : presión (psi)

$\gamma$ : peso específico (agua = 9.8Kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

$z$ : altura en el punto  $n$  (m)

$h_{n \rightarrow n+1}$ : pérdidas totales en el tramo de  $n \rightarrow n + 1$

#### 4.1.2.5 Potencia de la bomba

Para la obtención de la potencia de la bomba se utiliza igualmente la ecuación de energía del sistema, despejándola de tal manera que se obtenga la pérdida en la bomba, fórmula 4.12.

$$\frac{P_n}{\gamma} + z_n + h_a = \frac{P_{n+1}}{\gamma} + z_{n+1} + h_{n \rightarrow n+1}$$

**Fórmula 4.12. Ecuación general de la energía.**

**Fuente:** (Mott, 2006)

$$h_a = \left( \frac{P_{n+1}}{\gamma} - \frac{P_n}{\gamma} \right) + (z_{n+1} - z_n) + h_{n \rightarrow n+1}$$

$P$ : presión (psi)

$\gamma$ : peso específico (agua = 9.8Kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

$z$ : altura en el punto  $n$  (m)

$h_a$ : pérdida de la bomba

$h_{n \rightarrow n+1}$ : pérdidas totales en el tramo de  $n \rightarrow n + 1$

Una vez obtenida la pérdida de la bomba se procede a obtener la potencia requerida por esta, por medio de la fórmula 4.13.

$$P_A = \frac{h_a \gamma Q}{745.7}$$

**Fórmula 4.13. Potencia de la bomba**

**Fuente:** (Mott, 2006)

$P_A$ : potencia de la bomba (hp)

$h_a$ : pérdida de la bomba

$\gamma$ : peso específico (agua = 9.8Kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/s)

### 4.1.3 Diseño de la recolección de agua lluvia

Para el diseño específico de la recolección de agua lluvia para cada uno de los sistemas de cosecha diseñados, se realizó un análisis de las canoas, bajantes y drenajes existentes en el lugar. Por lo que se realizó un trazado de una tubería de conexión entre cada uno de los bajantes de manera que el agua de las cubiertas sea conducida al tanque de almacenamiento

correspondiente. Esto se realizó base a los planos proporcionados, así como de lo que se observó en las visitas a las instituciones.

## 4.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN PARA LA IMPLMETACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA.

Cómo parte del producto del presente proyecto se calculan las cantidades de obra y los costos de inversión, estos a nivel de perfil debido a que el alcance del presente se limita a un diseño conceptual más no incorpora la componente estructural.

### 4.2.1 Listado de materiales y servicios

Se realizó un listado de los materiales y servicios necesarios, cumpliendo con las especificaciones requeridas por cada uno de los sistemas diseñados. Este listado se hizo para la línea de distribución, para la línea de recolección y para el tanque de almacenamiento. Para la línea de distribución y de recolección se utilizó el diseño hidráulico y se calcularon las cantidades de tuberías y accesorios. Para los tanques de almacenamiento se listó los ítems principales; el costo por excavación y por losa según los volúmenes y dimensiones obtenidas para cada diseño.

### 4.2.2 Cotización a proveedores

Se cotizaron los materiales en distintos distribuidores para estimar el monto de la inversión. Luego de obtenidos los costos por sistema se procede a realizar una sumatoria de estos para obtener un valor total de la inversión. Esto se realizó para cada uno de los sistemas diseñados, así como por etapa del sistema, costos por tanque, por la línea de distribución y por la línea de recolección.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DE AGUA LLUVIA.

#### 5.1.1 Determinación de la oferta

Los datos de precipitaciones diarias para los últimos diez años proporcionados por el IMN provienen de la estación meteorológica Hacienda La Laguna, la cual se encuentra a 3 km de la zona de interés, siendo así la estación más cercana a la misma.

De los datos proporcionados se seleccionaron, como los tres años consecutivos con menor cantidad de lluvias, el 2013, el 2014 y el 2015, cómo se muestran resaltados en el cuadro 5.1. Los mismos ayudan a representar un escenario de escasez en la oferta del recurso hídrico pluvial para el desarrollo del proyecto, de manera que se logren prever temporadas de sequía importantes y así el sistema a diseñar logre saciar la demanda.

**Cuadro 5.1. Precipitaciones mensuales y anuales para los años 2006-2017 en mm.**

Año	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Precipitación Anual
<b>2006</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.1	<b>30.1</b>
<b>2007</b>	0.0	4.8	0.0	112.0	429.9	166.7	294.9	559.4	393.3	435.5	117.1	17.0	<b>2530.6</b>
<b>2008</b>	0.0	8.4	14.0	119.5	588.3	449.2	545.9	433.7	400.8	491.7	277.7	33.2	<b>3362.4</b>
<b>2009</b>	8.1	0.0	15.0	1.7	227.8	532.9	96.4	168.1	182.9	331.4	199.0	9.1	<b>1772.4</b>
<b>2010</b>	9.3	29.0	14.4	188.0	196.0	577.6	427.4	755.4	714.4	254.5	291.9	55.2	<b>3513.1</b>
<b>2011</b>	9.9	6.2	15.8	38.9	256.2	270.2	245.4	277.0	333.0	600.4	198.9	106.0	<b>2357.9</b>
<b>2012</b>	0.0	0.0	0.0	187.6	210.2	175.5	91.5	205.0	342.8	239.2	123.3	41.7	<b>1616.8</b>
<b>2013</b>	0.0	0.0	1.0	23.4	219.2	331.5	106.1	283.6	385.2	496.2	232.4	5.3	<b>2083.9</b>
<b>2014</b>	-	-	0.0	106.8	225.3	186.6	55.0	145.4	731.1	286.7	76.1	41.2	<b>1854.2</b>
<b>2015</b>	1.7	3.6	1.0	7.0	81.5	170.0	300.9	34.6	326.6	370.8	298.7	13.3	<b>1609.7</b>
<b>2016</b>	0.0	0.0	0.0	81.0	188.5	380.5	96.0	164.1	243.3	642.5	291.1	158.4	<b>2245.4</b>
<b>2017</b>	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>4.6</b>

En el cuadro 5.1 se muestran las precipitaciones mensuales para los últimos diez años. En este se puede observar que para el año 2014 no se tiene registros para los meses de enero y febrero. Sin embargo, se toma la decisión de otorgar valor cero a los mismos, principalmente debido a que, el mes de enero es un mes donde las instituciones permanecen fuera de uso debido al tiempo de vacaciones, así mismo permite mantener la temática de buscar representar un escenario de escasez en la oferta de agua.

Así mismo de la información mostrada anteriormente se puede destacar que los meses que presentan menor precipitación son los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre;

con promedios de precipitación de 0.57 mm, 1.20 mm, 0.67 mm, 45.73 mm y 19.93 mm, respectivamente.

En la figura 5.1 se presenta gráficamente, como a través de los últimos diez años los meses de enero y febrero presentan la menor cantidad de lluvia en el año, seguidos de marzo y diciembre. Esto también se presta como justificante de la posición que no hay mayor incidencia en darle valor cero a los meses sin reporte.

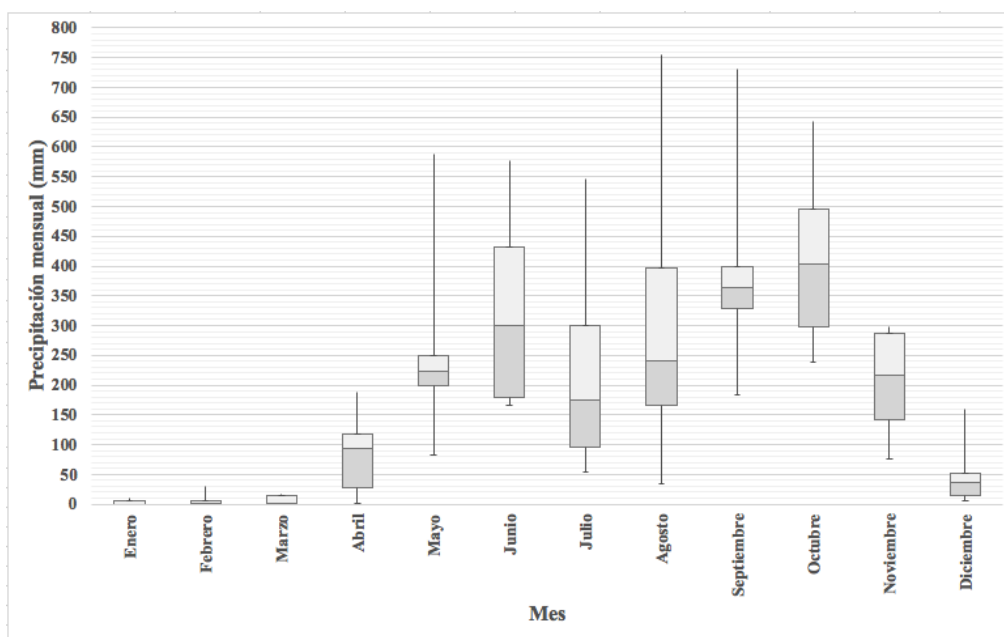
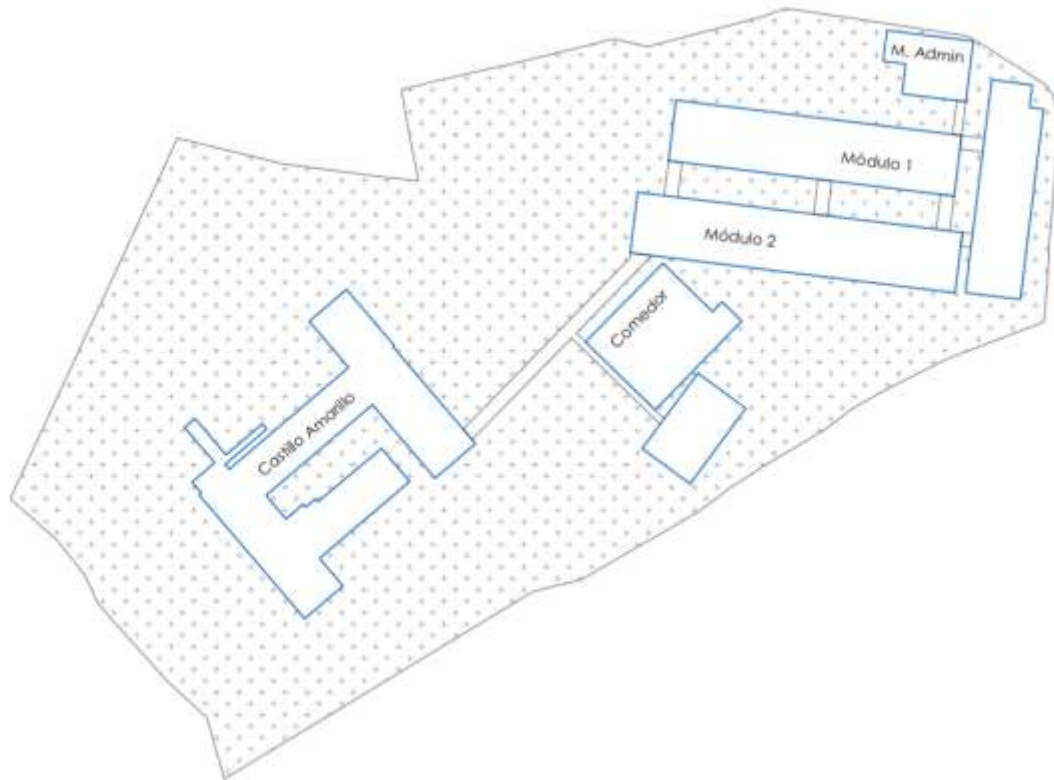


Figura 5.1. Precipitación mensual a lo largo del periodo 2007 - 2016.

Con respecto a las áreas de captación, en el caso de las cubiertas de los distintos módulos del CTP Uladislao Gámez Solano, en los planos se establece la magnitud del área tanto para los siete módulos existentes, cómo para las edificaciones que están en planes de construcción. Por lo tanto, era necesario discriminar las edificaciones futuras ya que estas no están dentro del alcance de este proyecto. Solamente se realizó el cálculo de las cubiertas correspondientes a las edificaciones existentes y sin tomar en cuenta las cubiertas de pasillos y aceras. En la figura 5.2 se observa la huella del conjunto de 7 módulos que conforman el CTP y los pasillos que los conectan entre sí.



**Figura 5.2. Huella de las edificaciones que componen el CTP Uladislao Gámez Solano.**

Con respecto a las cubiertas de La Cometa, este cuenta con dos edificaciones, lo que se conoce como la casa vieja y el edificio nuevo que fue inaugurado recientemente. Se calculó el área total de cobertura de ambas edificaciones, igualmente en AutoCAD, tomando las vistas de la planta arquitectónica de cubiertas y de la planta de conjunto. En la figura 5.3, se muestra la huella de las cubiertas de ambos edificios dentro del terreno.

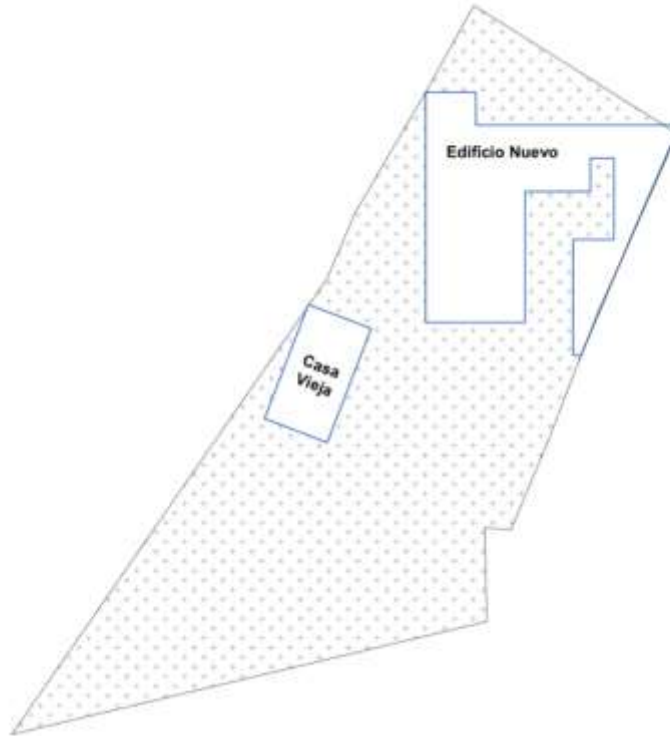


Figura 5.3. Huella de las edificaciones que componen el Proyecto Educativo La Cometa.

En el cuadro 5.2 se presentan las áreas totales de cubiertas que constituyen las edificaciones existentes de cada una de las instituciones en cuestión.

Cuadro 5.2. Áreas totales de coberturas por institución.

Institución en estudio	Área total de cubiertas (m <sup>2</sup> )
CTP Uladislao Gámez Solano	4930.18
Proyecto Educativo La Cometa	1487.02

La oferta hídrica pluvial obtenida de los datos de los años previamente seleccionados se encuentra en el cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Precipitación anual de los años 2013, 2014 y 2015.

Año	Precipitación anual (mm)
2013	1754.20
2014	2184.10
2015	1330.90
<b>Promedio</b>	<b>1756.40</b>

La oferta de agua lluvia promedio con potencial de ser captada en cada una de las instituciones se presenta en el cuadro 5.4.

**Cuadro 5.4. Oferta promedio anual por institución.**

<b>Institución en estudio</b>	<b>Oferta promedio anual (</b>
CTP Uladislao Gámez Solano	7793.43
Proyecto Educativo La Cometa	2350.62

## **5.1.2 Determinación de la demanda**

### **5.1.2.1 Descarga de inodoros**

Cada una de las instituciones en estudio presenta las características de población, horarios y periodos de servicio a la comunidad, detalladas en el cuadro 5.5. Esta información fue proporcionada por personal de cada una de ellas. Para La Cometa se consultó a la Sra. Natalia Galeano y para el CTP la Sra. Laura Hernández, auxiliar administrativa de la institución.

**Cuadro 5.5. Cantidad de población dentro de la comunidad institucional, horarios y periodos lectivos del Proyecto Educativo La Cometa y el CTP Uladislao Gámez Solano.**

	<b>Proyecto Educativo La Cometa</b>	<b>CTP Uladislao Gámez Solano</b>
Aproximado de estudiantes inscritos	869	1045
Aproximado de personas recibidas en un día	150	-
Profesores y/o voluntarios	56	62
Personal administrativo de la institución	2	5
Personal de conserjería	1	3
Personal de seguridad y/o mantenimiento	1	5
Horarios diarios	L – V: 8:00 am – 9:00 pm S: 8:00 am – 5:00 pm	L – V: 7:00 am – 4:20 pm 5:40m – 9:45 pm
Periodo lectivo o de atención	Enero – Junio Julio – Diciembre	Periodo lectivo MEP

En el Proyecto Educativo La Cometa el conteo de la ubicación de los servicios sanitarios se realizó en la Casa Vieja donde solamente se cuenta con dos servicios, cómo se muestra en la figura 5.4, uno para hombres y otro para mujeres.

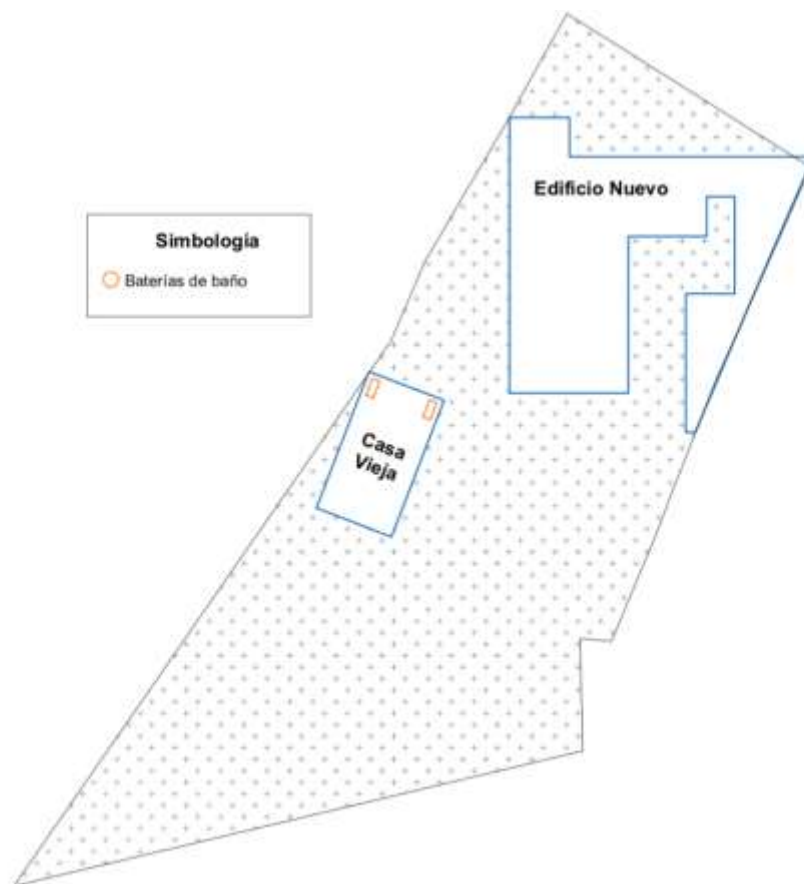


Figura 5.4. Croquis de la ubicación de los baños en el Proyecto Educativo La Cometa, en la Casa Vieja.

Para dicho conteo se obtuvo cómo resultado que por 8 horas de funcionamiento hay un consumo de 180 litros aproximadamente, lo que equivale a  $0.18 \text{ m}^3$ , cómo se muestra en el cuadro 5.6.

Cuadro 5.6. Consumo de agua en los baños del Proyecto Educativo la Cometa.

Baño	*Capacidad del inodoro (L/descarga)	Consumo contabilizado (L/)
Mujeres	6	144
Hombres	6	36
<b>Total</b>		<b>180</b>

\* Ver anexos 9.4 para fichas técnicas de inodoros y orinales que se encuentran en el Proyecto Educativo La Cometa.

Es importante rescatar que el consumo que se presenta es reducido para la cantidad de población que se atiende en un día, como se muestra en el cuadro 5.5, que serían aproximadamente 150 personas. Lo anterior se da principalmente a que la dinámica de la institución no se presta para que los estudiantes, profesores y/o voluntarios estén en las



instalaciones por tiempos prolongados. Quienes permanecen de manera continua por varias horas en las instalaciones serían el personal administrativo y el oficial de seguridad.

La institución maneja una dinámica en la cual se imparten cursos y espacios de estudio y/o tutorías, por 1 hora. Esto se observó durante el periodo de conteo y se evidenció que los estudiantes reciben su lección, salen y no necesariamente hacen uso de los baños en las instalaciones, en la mayoría de los casos. Así que a pesar que el movimiento de personas en un día sea importante, esto no se ve reflejado en el consumo ya que la estancia en el lugar no es prolongada, cómo ocurrió en el caso del día que se realizó el conteo en la institución.

Otro aspecto importante que considerar es que al momento de hacer el conteo estaba en proceso de construcción el nuevo edificio de La Cometa. El cual representa a la institución un aumento en la capacidad de atención a la comunidad. Por tanto, según lo indicó la Sra. Natalia Galeano, se proyecta un aumento en la población atendida diariamente, esperando llegar a 350 personas al día, al momento de dar uso a las nuevas instalaciones.

Tomando en cuenta la proyección esperada para el aumento de población de un 133% y la demanda obtenida al realizar el conteo del uso de los baños, se esperaría una demanda diaria de 0.68 m<sup>3</sup> entre semana y de 0.47 m<sup>3</sup> los sábados.

En el cuadro 5.7 se presentan dichas demandas calculadas tanto de lo obtenido en la contabilización del uso de baño, así como de la proyección de población esperada con el uso del nuevo edificio. Las demandas diarias se obtuvieron tomando en cuenta los horarios de atención que se especifican en el cuadro 5.5, lo cual corresponde a 13 horas diarias entre semana y 9 horas los sábados.

**Cuadro 5.7. Demanda diaria contabilizada y proyectada de baños en el Proyecto Educativo La Cometa.**

<b>Demanda contabilizada</b>		<b>Demanda proyectada</b>	
<b>Periodo</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Periodo</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>)</b>
Cada 8 h	0.18	Cada 8 h	0.42
Diario (lunes a viernes)	0.29	Diario (lunes a viernes)	0.68
Sábados	0.20	Sábados	0.47

En el caso del CTP Uladislao Gámez Solano, el conteo de utilización de los baños se realizó en todas las baterías de baños de la institución que se encuentren señaladas en los planos proporcionados por la Municipalidad de Curridabat, cómo se puede observar en la figura 5.5.

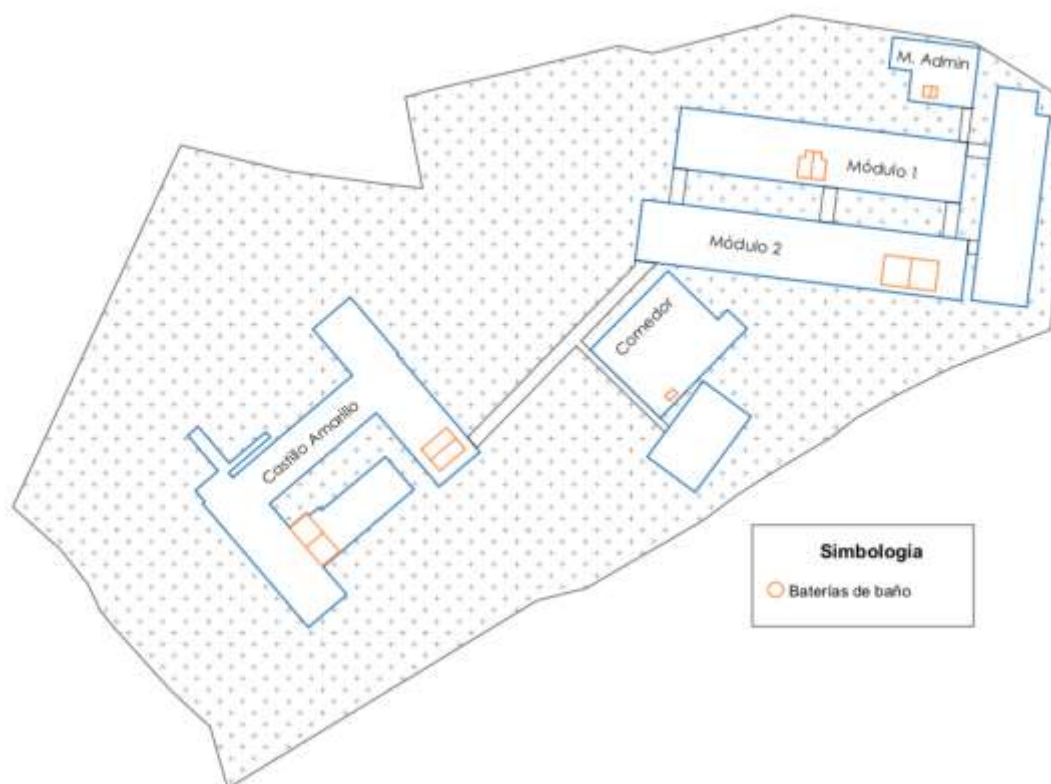


Figura 5.5. Croquis de la ubicación de las baterías de baño en las instalaciones del CTP Uladislao Gámez Solano.

El conteo realizado tuvo un resultado de 2778.1 L/día, lo cual corresponde a 2.78 m<sup>3</sup>/día aproximadamente. Dato que se divide, cómo se muestra en el cuadro 5.8, entre el comedor institucional, el cual es solo para el personal de este, el módulo administrativo, módulo 1, módulo 2 y Castillo Amarillo, el último cuenta con cuatro baterías de baño, dos para mujeres y dos para hombres.

Cuadro 5.8. Consumo de agua en los del CTP Uladislao Gámez Solano.

Batería	Cantidad y capacidad de inodoros y orinales				Consumo contabilizado (L/día)
	Número de inodoros	*Capacidad de tanque	Número de orinales	*Capacidad de tanque	
Sanitario Comedor	1	5 L	-	-	30
Sanitario Administrativos	Mujeres	1	4.8 L	-	100.8
	Hombres	1	6 L	-	6
Módulo 1	Hombres	3	6 L	3	237.9
	Mujeres	6	6 L	-	420
Módulo 2	Hombres	4	5 L	4	811
	Mujeres	1	5 L	-	281.6
Catillo Amarillo	Hombres 1	3	5 L	4	295.8
	Mujeres 1	5	5L	-	475

Hombres 2	1	5 L	-	-	30
Mujeres 2	1	5 L	-	-	90
<b>Total</b>					<b>2778.1</b>

\* Ver anexos 9.4 para fichas técnicas de inodoros y orinales que se encuentran en el CTP Uladislao Gámez Solano.

Con respecto a la información mostrada en el cuadro 5.8, es importante resaltar que los baños que se encuentran en el módulo administrativo se limitan a uso de personal de la institución, es decir, los estudiantes no tienen acceso a los mismos, por lo que su consumo es bajo. Así mismo las baterías destacadas con el número dos del Castillo Amarillo, se encontraban cerradas el día que se realizó el conteo. Solamente se encontraban habilitados los servicios sanitarios exclusivos de los profesores, quienes manejan su propia llave para ingresar a ellos; por tanto, el bajo consumo en dichas baterías.

A pesar que los servicios sanitarios del Castillo Amarillo denotados como número dos estuviesen fuera de servicio, se decide otorgarles el mismo valor que los servicios denotados con el número uno. Esto para simular los días donde si estuvieran en uso y poder así reflejar su demanda aproximada dentro de los cálculos que se darán en la etapa de diseño. Por tanto, la demanda se considera como un total de 3548.9 L lo cual equivale a un total de 3.55 m<sup>3</sup>.

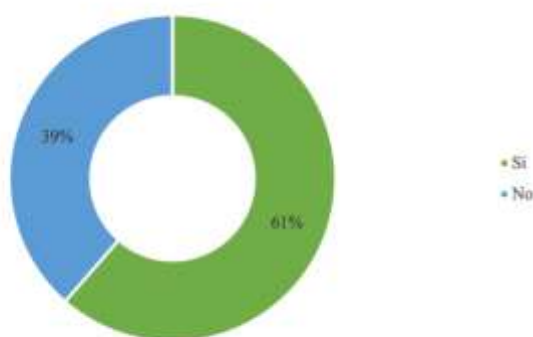
Dentro de las observaciones realizadas por los integrantes del equipo de trabajo durante la jornada de contabilización de uso de los baños, se destaca que los estudiantes en muchas ocasiones no descargan los inodoros. Dado a que la contabilización se realizó observando a los estudiantes entrar a los cubículos de baño se asume que cada vez que se hace uso de este se descarga el inodoro. Por lo que se obvia la no descarga del inodoro y/u orinal utilizado. Lo anterior permite también tomar la situación como un escenario de demanda constante, lo cual permite diseñar un sistema que tenga la capacidad de satisfacer una demanda importante en épocas secas.

#### 5.1.2.1.1 Encuesta a usuarios

A partir de las encuestas aplicadas se logra conocer el grado de conocimiento y aceptación que hay dentro de la institución por parte de sus usuarios, a la aplicación de un sistema de cosecha de agua lluvia y la utilización de esta en diferentes actividades. Así mismo se logra complementar el cálculo de demanda tomando en cuenta la frecuencia con la que los usuarios consideran que hacen uso de los baños durante un día. Se consideraron un total de 140 usuarios de la institución, 128 estudiantes y 12 personas del personal (profesores, administrativos, conserjes y seguridad y mantenimiento). De los cuales un 62% eran mujeres y un 38% hombres.

Los resultados de las encuestas que serán presentados corresponden en su totalidad al CTP Uladislao Gámez Solano. Esto debido a que las encuestas entregadas al Proyecto Educativo La Cometa no fueron devueltas dado a una pérdida de fluidez en los canales de comunicación.

Con respecto a la percepción de la población de la escasez de agua en la zona en la figura 5.6 se muestra que la mayoría, con un 61%, afirma haber notado que la institución presenta problemas con la disponibilidad del recurso hídrico, especialmente durante la época seca del año, mientras que el 39% afirma no haber notado la situación expuesta. Lo cual evidencia la existencia de una problemática real con respecto a la disponibilidad del recurso hídrico en la zona.



**Figura 5.6. Percepción de disponibilidad de agua en época seca, en la institución por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano.**

Con respecto al conocimiento de la utilización de agua lluvia para diversos usos, principalmente no potables, se puede observar en la figura 5.7 que los usuarios afirman conocer de la utilización de esta, con mayor porcentaje, para la descarga de inodoros y riego de huertas, 37.4% y 36% respectivamente. Se presenta un bajo conocimiento en lo que es la utilización del agua para los usos de aseo y consumo luego de la desinfección, con porcentajes 26.6% y 19.4% respectivamente. Así mismo un 25% de la población indica que no tiene ningún conocimiento con respecto a los usos que podrían darse al agua de lluvia.

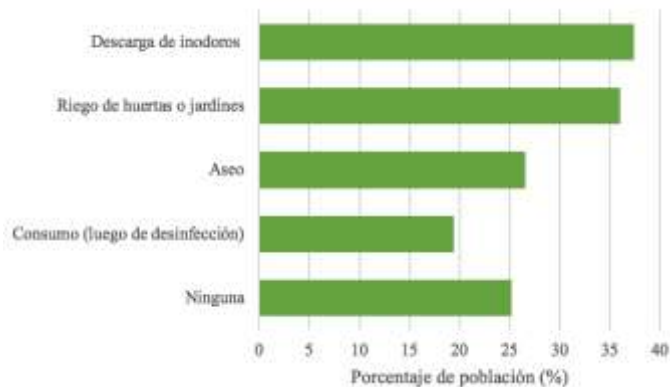


Figura 5.7. Conocimiento de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano sobre los diferentes usos del agua lluvia.

Se consultó a los usuarios si consideraban adecuado el uso de agua lluvia con o sin tratamiento para diversos usos. En todos los usos expuestos, representados en la figura 5.8, más de un 65% de la población se encontraba anuente a la utilización del agua lluvia para usos como en la descarga de inodoros, riego, aseo y consumo, la última siendo luego de desinfección.

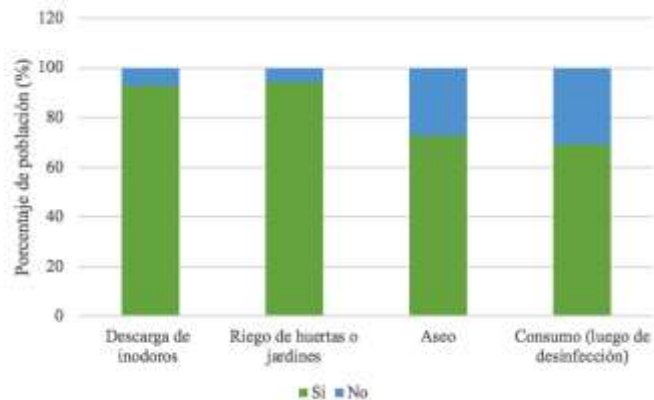
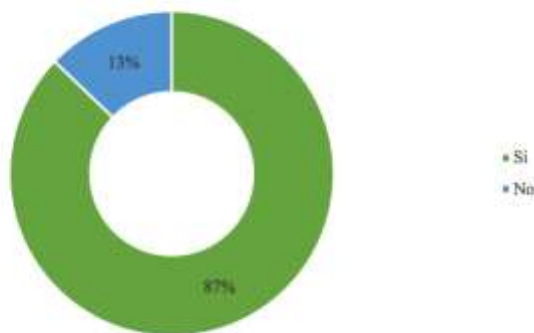


Figura 5.8. Consideración del uso de agua lluvia en diversas actividades en CTP Uladislao Gámez Solano.

En la figura 5.8 puede notarse cómo una parte de la población, se negó a la utilización del agua lluvia para las actividades de aseo y consumo. Comportamiento que responde a una preocupación por parte de los usuarios a tener contacto con agua contaminada. Esto se evidenció al preguntar, ¿por qué no?, a alguno de los usos presentados. Para la descarga de inodoros, la principal razón para negarse a dicho uso fue la falta de conocimiento de la calidad del agua y las impurezas que esta podría presentar. Con respecto al riego de huertas destacan igualmente la posible presencia de impurezas y una preocupación por la afectación a las cosechas. Ambas actividades siendo los que presenta un menor porcentaje de respuesta negativa con respecto al uso de agua lluvia, 7% y 6% respectivamente.

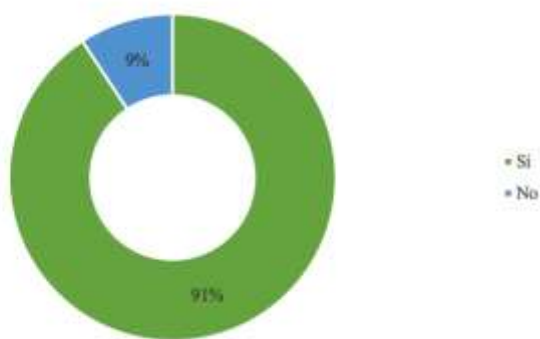
Las dos actividades que presentan un mayor porcentaje en la respuesta negativa son el aseo (27%) y el consumo, este luego de ser desinfectada el agua (31%). Ambas presentan preocupaciones similares, en su mayoría se refieren a la contaminación que consideran tiene el agua lluvia, donde se destaca la presencia de bacterias y enfermedades. Con respecto al consumo se manifiesta una preocupación por una mala desinfección.

Sin embargo, a pesar de que parte de la población no tenía conocimiento y/o no estaba de acuerdo en algunos de los usos que podría darse al agua de lluvia. La respuesta por parte de los usuarios a que la institución contase con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para usos no potables se muestra bastante favorable, cómo se observa en la figura 5.9, donde un 87% responde afirmativamente que les gustaría la opción y solamente un 13% manifiesta no gustarle la opción de contar con un sistema de cosecha de agua lluvia.



**Figura 5.9. Anuencia por parte de los usuarios del CTP Uladislao Gámez Solano a que la institución cuente con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para usos no potables.**

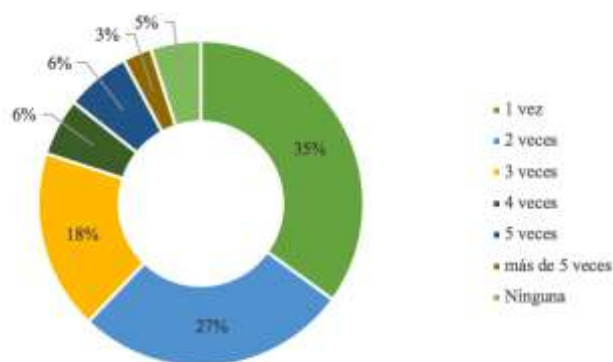
Como forma complementaria y dado a que fue uno de los usos presentados dentro del listado de posibilidades de actividades que podrían realizarse utilizando el agua de lluvia, se les consultó a los usuarios si les parecía de su agrado que la institución incluya dentro de sus actividades la creación de una huerta urbana donde se dé el riego con agua lluvia. Esta pregunta se dirigía principalmente a los usuarios del CTP, ya que la cometa ya maneja una huerta urbana que se trabaja dentro del curso de jardinería que imparten.



**Figura 5.10. Anuencia por parte de los usuarios del CTP Uladislao G3mez Solano a que la instituci3n incluya dentro de sus actividades la creaci3n de una huerta urbana.**

C3mo se muestra en la figura 5.10, la respuesta de la poblaci3n fue muy favorable con un 95% de la poblaci3n afirmando que si le gustar3a que dicha actividad se llevara a cabo dentro de la instituci3n y solo un 9% dice que no le gustar3a.

Dentro de la encuesta se agreg3 una secci3n para la cuantificaci3n de la demanda donde se le consult3 a los usuarios aproximadamente cuantas veces hac3an uso del ba3o durante el horario lectivo u horario de trabajo. En la figura 5.11, se encuentra distribuido de manera porcentual la distribuci3n seg3n el n3mero de veces que los usuarios consideran que hacen uso de los ba3os.



**Figura 5.11. Utilizaci3n de los ba3os durante el horario lectivo u horario de trabajo por parte de los usuarios del CTP Uladislao G3mez Solano.**

Seg3n la respuesta recibida por los encuestados la mayor3a hace uso de los ba3os solamente una vez (35%) durante su horario lectivo o de trabajo en la instituci3n. A esta le siguen quienes consideran ir 2 veces (27%) y 3 veces (18%) al ba3o durante su asistencia a la instituci3n. A esos le siguen con porcentajes bajos quienes dicen ir 4 veces (6%), 5 veces (6%) y m3s de 5 veces (3%); un 5% de la poblaci3n asegura no ir al ba3o del todo durante su horario de asistencia.

Los resultados anteriormente especificados obtenidos de la encuesta aplicada fueron clave para la obtención de un dato de demanda que considera, los porcentajes que responden al género de la población, así como los porcentajes de las veces que los usuarios hacen uso de los baños en la institución en un día.

Así, tomando en cuenta los datos que se presentan en el cuadro 5.5, la institución cuenta con una población total de 1120 personas aproximadamente. De las cuales, considerando los porcentajes de género obtenidos de las encuestas, 695 mujeres y 426 hombres aproximadamente.

Teniendo en cuenta que los hombres en su mayoría hacen uso de los orinales dentro de las baterías de los baños y que la institución cuenta con 11 orinales en operación constante, que tienen una capacidad promedio de 2.5 litros por descarga, el cuadro 5.9 muestra la demanda de agua aproximada por parte de la población masculina de la institución por día.

De igual manera, tomando en consideración que las mujeres solamente utilizan inodoros y que en la institución se cuenta con un total 18 unidades en ocupación constante disponibles para mujeres, con una capacidad promedio de 5.3 litros por descarga, se puede observar en el cuadro 5.10 la demanda diaria de agua aproximada por parte de la población femenina de la institución.

Con los resultados descritos en los cuadros 5.9 y 5.10 se tiene una demanda total de 10313.00 L/día, equivalentes a 10.31 m<sup>3</sup>/día. Comparando los resultados obtenidos del ejercicio de conteo de personas que utilizan los baños durante un día, en el que se obtuvo un consumo total de 3.55 m<sup>3</sup>, se puede notar una diferencia de 6.76 m<sup>3</sup>/día.

Es de suma importancia destacar que el CTP presenta una dinámica donde los estudiantes no tienen lecciones durante la totalidad del horario lectivo todos los días de la semana. Es decir, dentro de los horarios de clase los estudiantes tienen bloques de tiempos libres, los cuales pueden estar ya sea en las mañanas, significando que entran después de las 7:00 am, durante el transcurso del día o al final de este, lo que significa que se retiran de la institución antes de las 4:20 pm. Así mismo los profesores manejan horarios variados por lo que tampoco están presentes en la institución durante todo el horario lectivo, ni durante todos los días de la semana. Esto sin contar el factor variable de ausencias y retiros de la institución que puede presentar el centro educativo de manera diaria.

También cabe rescatar que el centro educativo presenta un porcentaje de deserción anual importante, por ejemplo, para el año 2017, según la información proporcionada por la Sra. Laura Hernández, de aproximadamente 1050 estudiantes matriculados, al mes de octubre se contaba con tan solo 900 estudiantes activos.



**Cuadro 5.9. Consumo de agua aproximado por parte de la población masculina del CTP Uladislao Gámez Solano.**

<b>Frecuencia de uso del baño al día</b>	<b>Porcentaje de usuarios</b>	<b>Número de personas</b>	<b>Demanda diaria (L/día)</b>
1 vez	35.00%	149	387.40
2 veces	27.14%	116	603.20
3 veces	17.86%	76	592.80
4 veces	5.71%	24	249.60
5 veces	6.43%	28	364.00
Más de 5 veces	2.86%	12	187.20
Ninguna	5%	21	0.00
<b>Total</b>			<b>2384.20</b>

**Cuadro 5.10. Consumo de agua aproximado por parte de la población femenina del CTP Uladislao Gámez Solano.**

<b>Frecuencia de uso del baño al día</b>	<b>Porcentaje de usuarios</b>	<b>Número de personas</b>	<b>Demanda diaria (L/día)</b>
1 vez	35.00%	243	1287.90
2 veces	27.14%	188	1992.80
3 veces	17.86%	124	1971.60
4 veces	5.71%	40	848.00
5 veces	6.43%	45	1192.50
Más de 5 veces	2.86%	20	636.00
Ninguna	5%	34	0.00
<b>Total</b>			<b>7928.80</b>

Dada la diversidad de factores encontrados en una institución con un comportamiento de población tan dinámica como lo es el caso del CTP Uladislao Gámez Solano, se toma la decisión de utilizar como demanda diaria de la institución el dato obtenido del ejercicio de conteo de personas que hacen uso de los baños durante un día. Esto no solo porque representa de manera más clara realidad de la institución sino también porque se iguala a la dinámica que se utilizó para la obtención del dato para el Proyecto Educativo La Cometa, a falta de los resultados de sus encuestas.

### **5.1.2.2 Riego de la huerta urbana**

El Proyecto Educativo La Cometa cuenta dentro de sus actividades educativas con un curso de jardinería, por lo cual, dentro de del terreno tienen una huerta urbana. Esta huerta tiene una dimensión de 150 m<sup>2</sup>, pero está proyectada a alcanzar hasta los 250 m<sup>2</sup>.

Durante la visita de campo se observó que el riego se realiza por parte de los estudiantes del curso quienes se encargan de trasladar el agua de una pileta hacia la huerta con regaderas

ya que no se tiene una manguera que alcance la longitud para llegar al sitio donde esta se encuentra, por lo que no pudo realizarse un cálculo de caudal de riego cómo el que se tenía previsto.

Para el riego utilizan dos tipos de regaderas distintas. Las cuales se muestran en la figura 5.12. La primera es una regadera metálica con una capacidad de 7.5 L, mientras la segunda es una regadera plástica con una capacidad de 5 L.



**Figura 5.12. Regaderas utilizadas para el riego de la huerta urbana en el Proyecto Educativo La Cometa.**

Durante la visita realizada no se dio mucho riego ya que se encontraban al inicio del curso y debían recuperar la huerta. Por lo que la principal actividad que se realizó fue eliminar hierba y acondicionar el espacio para la siembra o recuperación de especies que se encontraban en la misma.

Sin embargo, se conversó con el Ing. José Fernando González Acuña, profesor del curso de jardinería en La Cometa, sobre el riego de la huerta, para lo cual menciona que se da un riego diario de la misma durante la época seca del año. Durante la época lluviosa, menciona, que es necesario realizar drenajes alrededor de la huerta para que el agua no se estanque.

Al momento de realizar la visita de campo la huerta contaba solamente con uchuvas, camote, espinaca y frijoles, esto dado a que se encontraba en un proceso de recuperación e iniciación. Sin embargo, se proyecta contar con varios tipos de hortalizas. Dada la variedad de especies que se manejan dentro de la huerta no se tiene un riego específico por especie presente, sino que se realiza de manera general.

El riego que presenta la huerta actualmente se calculó por parte del profesor, considerando tener una cinta de goteo de alto caudal, unos 5 L/min, por una hora. Lo cual tendría una equivalencia de 300 L/h por día o 0.3 m<sup>3</sup>/h por día. Sin embargo, al proyectarse un aumento en el tamaño de la huerta debe tomarse en cuenta una proyección en el riego de esta, que podría llegar a uno 0.4 m<sup>3</sup>/h por día, según lo manifiesta el Ing. González.

Por tanto, se toma cómo demanda diaria en época seca  $0.4 \text{ m}^3/\text{día}$ . Esto principalmente ya que para lo que es la etapa de diseño se pretende analizar la solución a un escenario de consumo extremo.

## 5.2 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE ESCENARIOS DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA.

### 5.2.1 Planteamiento de escenarios.

Para el CTP Uladislao Gámez Solano se plantearon cuatro escenarios los cuales se denominaron *A*, *B*, *C* y *D*. Cada uno cuenta con distintas características con las que se pretende acoplar de la mejor manera el sistema con la infraestructura existente.

Es importante tener en cuenta que la institución cuenta con siete módulos independientes, de los cuales solamente cinco cuentan con sanitarios. Está ubicado en un terreno que presenta importantes desniveles con diferencias de hasta 15 m de altura. En los escenarios planteados, que serán detallados a continuación, se trató de tomar ventaja del terreno y de las cubiertas disponibles ya que representan un área de captación importante.

Para el Proyecto Educativo La Cometa, se hace un único planteamiento donde se abarcan los dos edificios existentes y la cobertura de la demanda tanto de agua para la huerta urbana cómo para los servicios sanitarios.

#### *Escenario A*

Consiste en realizar la captación de agua de las siete cubiertas disponibles, hacer llegar esta por una línea de captación a un tanque subterráneo que se encontraría en la zona más baja del terreno. Posteriormente se elevaría el agua, por medio de bombeo, hacia un tanque, ubicado en la parte más elevada del terreno, del cual por medio de la línea de distribución se haría la distribución del agua por gravedad a todas las edificaciones de la institución. En la figura 5.13 se detalla de manera gráfica la logística del escenario planteado. Este escenario responde al objetivo de aprovechar al máximo todas las cubiertas disponibles, así como el aprovechar los desniveles que se presentan en el terreno. De manera tal que se utiliza el punto más bajo cómo recolección y el punto más para distribución.

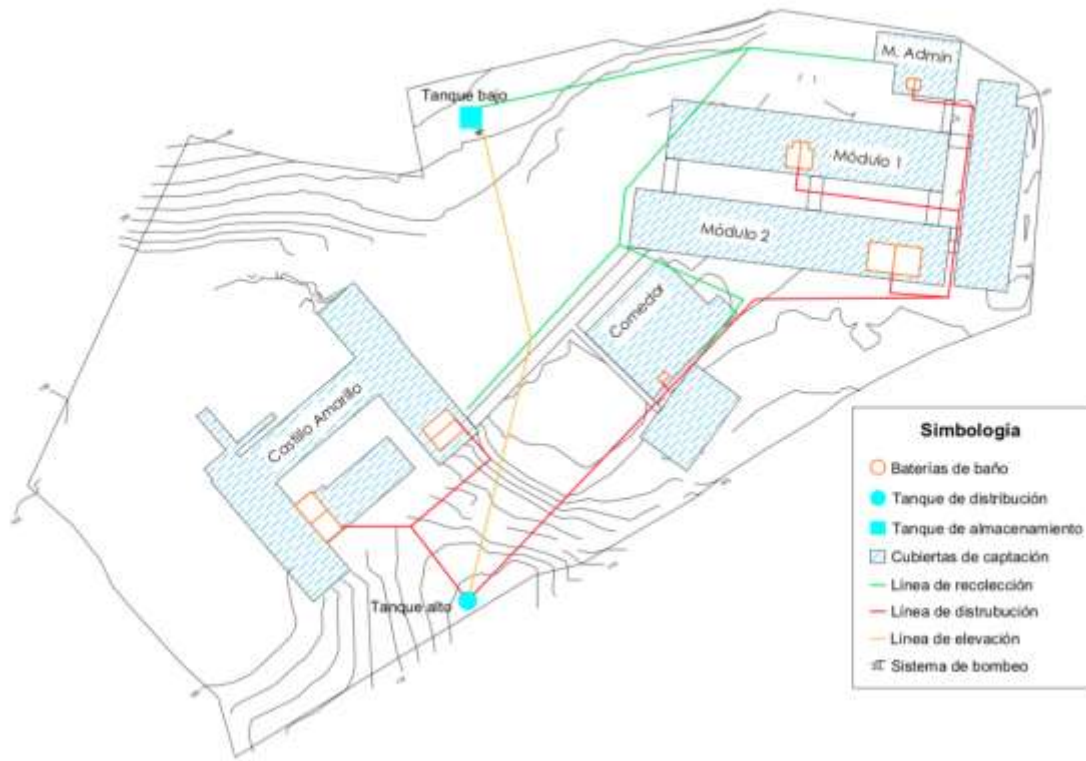


Figura 5.13. Representación gráfica del *Escenario A*, planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.

*Escenario B*

Se propone un sistema donde cada edificación se abastece a sí misma, es decir, solo se toman en cuenta las cinco cubiertas de las edificaciones que cuentan con servicios sanitarios, donde cada una de estas recolecta el agua lluvia a un tanque que suministrará el agua necesaria a los servicios sanitarios que posee según la demanda de cada uno de los edificios. En la figura 5.14 se puede observar cómo este se trata de un sistema autónomo, es decir, es un sistema compuesto de subsistemas. Este escenario se conceptualizó principalmente por la diversidad de interacciones que se tienen según el módulo específico, dando respuesta a estas diferentes dinámicas de manera independiente. También cabe rescatar que al ser un sistema tan independiente resulta más permisivo a cualquier tipo de suspensión que deba hacerse ya sea por mantenimiento o avería, sin comprometer a toda la institución.

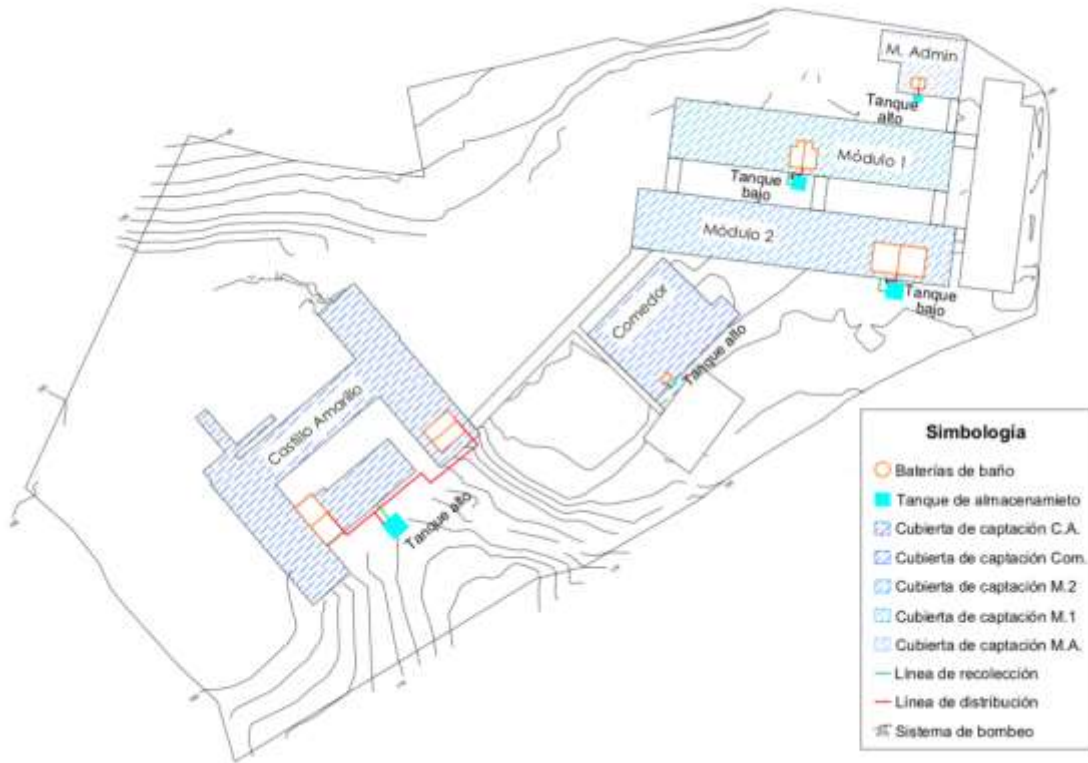


Figura 5.14. Representación gráfica del *Escenario B*, planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.

### *Escenario C*

Consiste en la agrupación de los módulos, tal cómo se muestra en la figura 5.15, en este se propone un sistema compuesto por dos grandes grupos. El primero compuesto por el módulo 1, el módulo 2 y el módulo administrativo. Para esta agrupación se recolecta el agua de las cubiertas de los módulos 1 y 2 solamente, llevando el agua a un tanque subterráneo encontrado en medio de ambos módulos, de donde posteriormente se estaría distribuyendo el agua a los servicios sanitarios de las tres edificaciones que componen la agrupación. La segunda agrupación consiste en el Castillo Amarillo y el comedor institucional, donde el agua lluvia será recolectada de la cubierta del Castillo Amarillo, alimentando un tanque encontrado en la parte más elevada del terreno, el cuál proveerá agua los servicios sanitarios tanto del Castillo Amarillo como del comedor.

Este escenario tiene como fin principal buscar un intermedio de lo que son los dos escenarios anteriores, de manera que es un sistema descentralizado y a su vez aprovecha la topografía del terreno en donde se encuentra ubicada la institución, al menos en lo que es la primera agrupación.

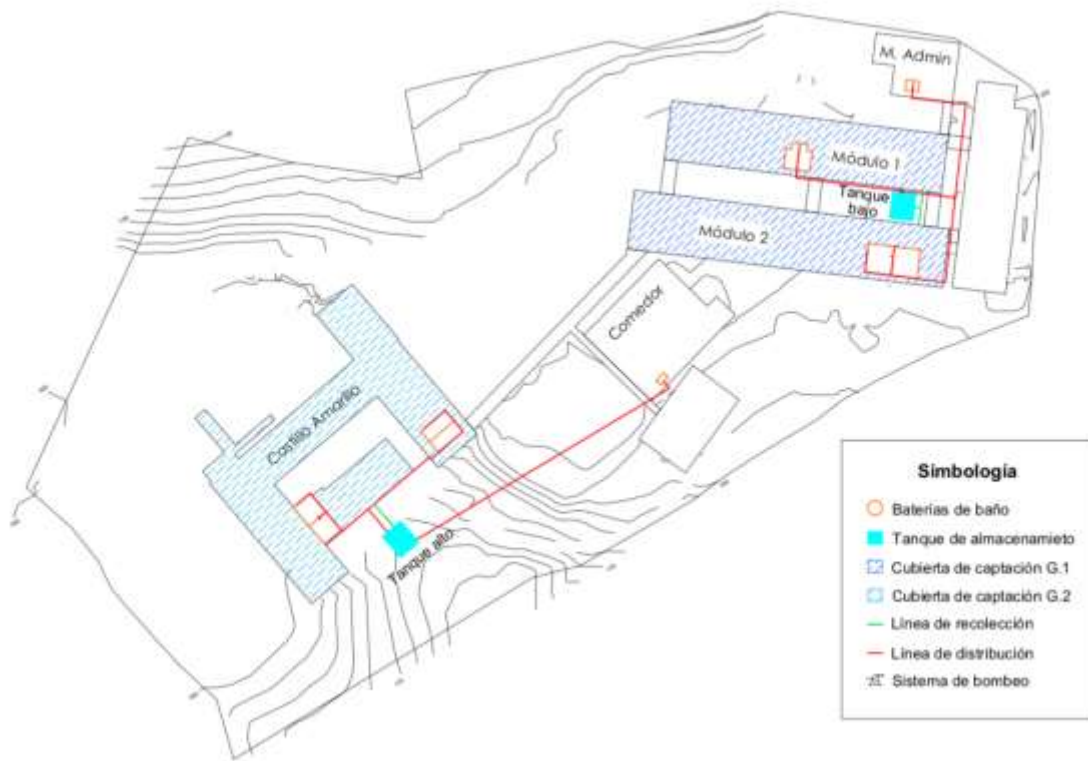


Figura 5.15. Representación gráfica del *Escenario C*, planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.

#### *Escenario D*

Este busca tomar provecho total de la parte más alta del terreno y del hecho de que la cubierta más importante se encuentre justo al lado. De manera que se propone una recolección exclusiva de la cubierta del Castillo Amarillo, que dirige el agua a un tanque semi-enterrado, ubicado en la parte más alta del terreno, que posteriormente distribuya el agua por medio de la gravedad a todos los servicios sanitarios de la institución por medio de la línea de distribución. En la figura 5.16 puede observarse que se trata de la propuesta más simple ya que no contaría con un sistema de bombeo importante y es el escenario que mejor se adapta a la topografía que presenta el terreno. Sin embargo, también se puede visualizar el hecho de que es el escenario que está más sujeto a sí mismo que cualquiera de las otras propuestas. Así mismo sería el que presente el mayor volumen de tanque ya que contempla la demanda total de la institución y solamente una cubierta para la recolección del agua.

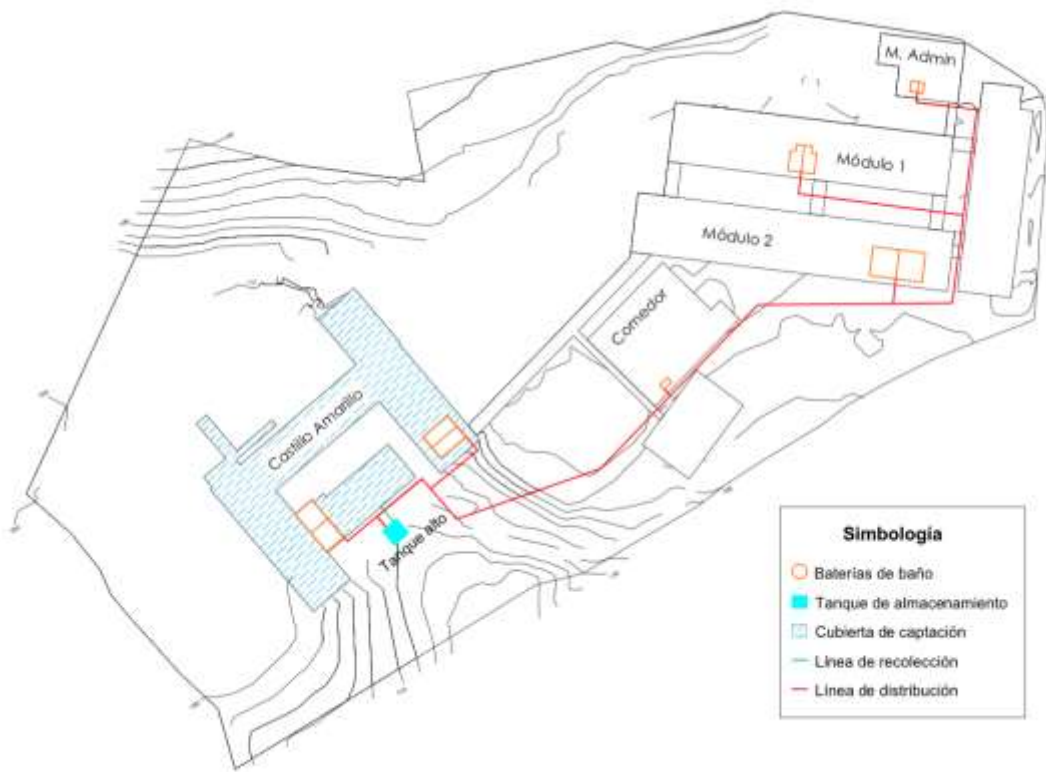


Figura 5.16. Representación gráfica del *Escenario D*, planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano.

### *Proyecto Educativo La Cometa*

Cómo planteamiento único para lo que es el sistema de cosecha de agua lluvia para La Cometa, mostrado en la figura 5.17, se propone una recolección de agua de las dos cubiertas de las edificaciones existentes, esta se dirige a un solo tanque subterráneo, del cual por medio de un sistema de bombeo se distribuye tanto al edificio como a una llave de riego. Esta última con el fin que funcione como toma de agua exclusiva para la huerta urbana con la que cuenta el proyecto, de manera que a este se le pueda conectar un sistema de riego para la misma. Así mismo dentro de la propuesta se recomienda la reubicación de la huerta, ya que actualmente se encuentra fuera de la delimitación del terreno que corresponde a La Cometa. Por lo que se recomienda ubicarla al costado de la Casa Vieja, donde hay un sector que funcionaría de manera ideal para la ubicación de dicha huerta.

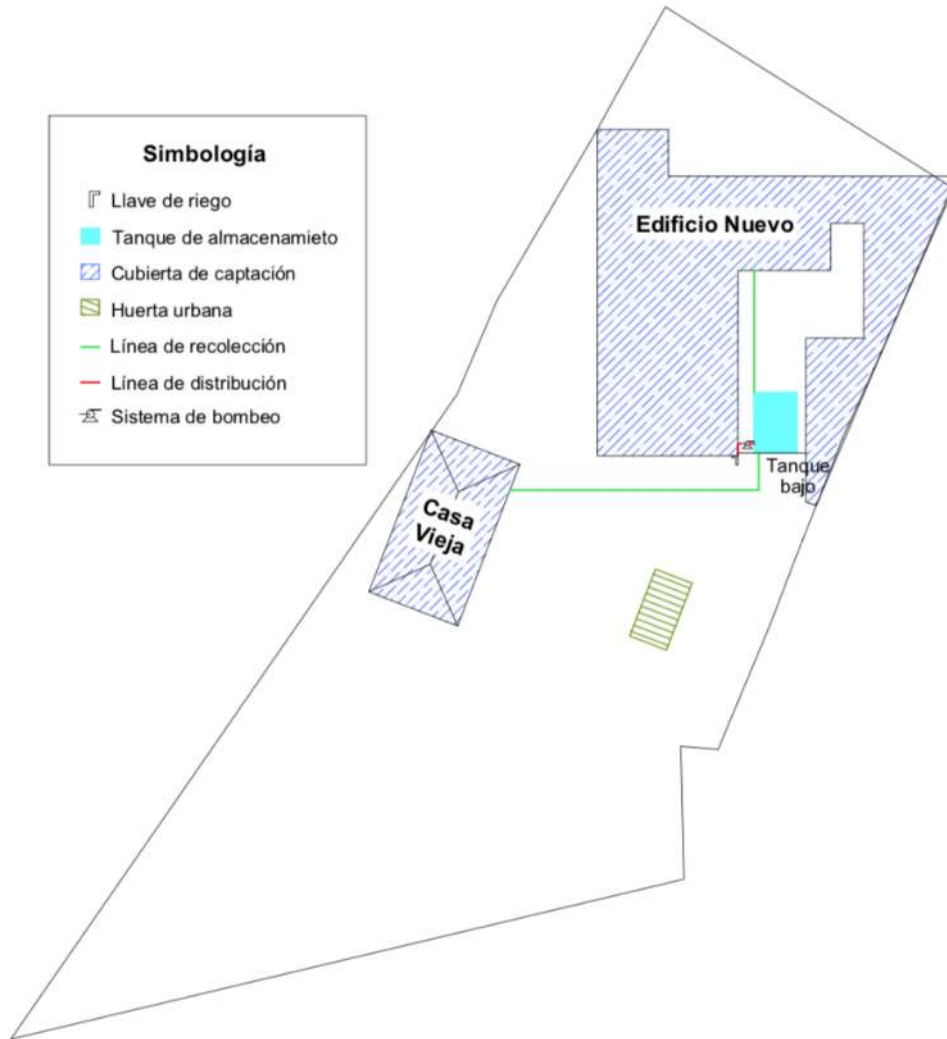


Figura 5.17. Representación gráfica del diseño preliminar, planteado para el Proyecto .

### 5.2.2 Cálculo del volumen del tanque de captación

Una vez establecidos los escenarios se obtuvieron las áreas específicas por cubiertas, así como las demandas por edificio individualmente. De esta manera podrían hacerse los cálculos de las combinaciones necesarias para obtener los valores de los volúmenes de tanques requeridos según cada escenario planteado.

Cuadro 5.11. Área de cubierta y demanda de los edificios del CTP Uladislao Gámez Solano.

	Módulo Administrativo	Módulo 1	Módulo 2	Comedor	Castillo Amarillo	La Cometa		
Demanda (m <sup>3</sup> )	0.11	0.66	1.09	0.03	1.66	L-V	Sábados	Huerta
						0.68	0.47	0.4
Área de cubierta (m <sup>2</sup> )	223.40	847.99	963.41	535.59	1533.94	1487.02		



Con respecto al dato de área de cubierta de La Cometa que se encuentra en el cuadro 5.11, este equivale a la sumatoria de la cubierta del edificio nuevo y la asfáltica, esto porque el tanque se calculará para una recolección conjunta de ambas cubiertas, como se explicó en la descripción del diseño preliminar.

Es importante recalcar que los cálculos para la obtención de los volúmenes de los tanques de captación, se utilizaron los datos de demanda y de precipitación diaria. Para la distribución de las demandas para el CTP, se tomaron como referencia los periodos lectivos del año escolar. Es decir 5 días a la semana, iniciando la primera semana de febrero posteriormente contemplando una semana libre durante el mes de marzo, la cual corresponde a Semana Santa, seguidamente en el mes de julio interrupción correspondiente a las vacaciones de medio periodo y finalizando el curso para la tercera semana de diciembre.

Para la distribución de la demanda para La Cometa, parte que se trabajan periodos semestrales y periodos de vacaciones, ya que prestan a la comunidad cursos de verano, así mismo se tiene en cuenta que se trabaja durante 6 días de la semana. Por tanto, se maneja una demanda anual con interrupciones, una semana en el mes de marzo, contemplando Semana Santa, dos semanas en el mes de julio, contemplando vacaciones de medio año y las últimas y las primeras semanas de diciembre y enero respectivamente, como vacaciones de Navidad y Año Nuevo.

Para la demanda de la huerta urbana, se determinó que se requiere de riego diario solamente durante la época seca del año. Por lo que la demanda se estableció solamente durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

En el cuadro 5.12 se encuentran los valores obtenidos para los tanques de captación según los escenarios plantados, tanto para el CTP como para La Cometa.

**Cuadro 5.12. Volúmenes de tanques de almacenamiento de agua lluvia para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa.**

		Escenario A	Escenario B		Escenario C	Escenario D	La Cometa
<b>Tanque de captación (m<sup>3</sup>)</b>	Tanque subterráneo	108.48	Castillo Amarillo	77.69	Tanque Agrupación 1		
			Comedor	0.92			
			Módulo 1	28.41		186.15	85.28
	Tanque elevado	46.5	Módulo 2	51.61	Tanque Agrupación 2	85.81	
			Administrativo	4.54			

En el *escenario A*, se realizó el cálculo de un solo tanque, dato que posteriormente fue dividido en proporciones 70% – 30%, para generar dos tanques. Esto para obtener los volúmenes de los tanques subterráneos y elevados, siendo el primero el 70% del valor total obtenido y el segundo de un 30%, actuando así también como un tanque no solo de distribución, sino que también cumpliendo la función almacenamiento de parte del agua.

Con respecto al valor del tanque de captación para La Cometa se realizó el cálculo de un solo tanque, tomando en cuenta las tres demandas presentes, distribuidas a lo largo de los años, y contemplando las sumas necesarias cada día de la semana durante los periodos establecidos para cada demanda, a lo largo de los tres años consecutivos.

### 5.2.3 Selección de escenarios

Para la selección de los escenarios fueron sometidos a los cinco criterios técnicos establecidos para la evaluación de estos.

#### *Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria*

En el cuadro 5.13 se encuentran los resultados obtenidos de la infraestructura hidrosanitaria aproximada requerida según cada uno de los escenarios propuestos.

**Cuadro 5.13. Longitud de las líneas de distribución para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano**

		Escenario A	Escenario B		Escenario C	Escenario D		
<b>Línea de distribución (m)</b>	Recolección	245.77	Castillo Amarillo	59.88	Agrupación 1	134.21	Recolección	43.13
			Comedor	1.70				
	Elevación	108.13	Módulo 1	8.58	Agrupación 2	118.43	Distribución	302.93
	Distribución	328.36	Módulo 2 Administrativo	9.10 2.40				
	<b>Total</b>	<b>574.13</b>	<b>Total</b>	<b>81.66</b>	<b>Total</b>	<b>252.64</b>	<b>Total</b>	<b>346.06</b>

#### *Requerimiento y complejidad de sistema de bombeo*

En el cuadro 5.14 se aprecian tanto la cantidad de bombas que serían requeridas para cada uno de los escenarios propuestos, así como predicción de la dimensión de esta.

**Cuadro 5.14 Número de bombas a requerir para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano**

	<b>Escenario A</b>	<b>Escenario B</b>	<b>Escenario C</b>	<b>Escenario D</b>
<b>Sistemas de bombeo requeridos</b>	1 bomba alta potencia	2 bombas baja potencia	1 bomba baja potencia	1 bomba baja potencia

Es importante resaltar que, cómo se muestra en el cuadro anterior, para el *escenario D* se tiene que este requeriría de un sistema de bombeo de baja potencia, puesto que los expertos recomendaron complementar a la distribución por gravedad, un sistema de presurización.

#### *Complejidad de operación y mantenimiento*

Los expertos del DAM del Tecnológico de Costa Rica asignaron las categorías del cuadro 5.15. Para este criterio se dio una consideración conjunta de la dimensión de los tanques para cada propuesta, la cantidad de sistemas de bombeo planteados y la sujeción de estos. Este criterio abarca integralmente la totalidad del sistema en términos operativos.

**Cuadro 5.15 Nivel de complejidad y mantenimiento de cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano**

	<b>Escenario A</b>	<b>Escenario B</b>	<b>Escenario C</b>	<b>Escenario D</b>
<b>Nivel de complejidad y mantenimiento</b>	4	5	3	2

#### *Sujeción del sistema*

Con respecto a la sujeción de cada uno de los sistemas planteados en los escenarios propuestos, el cuadro 5.16 muestra los resultados obtenidos para este criterio.

**Cuadro 5.16 Nivel de sujeción de cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano**

	<b>Escenario A</b>	<b>Escenario B</b>	<b>Escenario C</b>	<b>Escenario D</b>
<b>Nivel de sujeción del sistema</b>	3	1	1	5

Los valores obtenidos para los *escenarios B, C y D*, reflejan si estos están o no sujetos a sí mismos. Por lo que se tienen niveles extremos representados con uno y cinco. Sin embargo, para el *escenario A*, se tiene un valor intermedio, este se determinó debido a que a pesar de que es un solo sistema cuenta con dos tanques de almacenamiento, lo cual da una mayor flexibilidad para atención a averías, es decir, si se presenta una avería a nivel de sistema de bombeo el tanque elevado tiene suficiente capacidad para continuar con la

distribución sin necesidad de que esta se vea interrumpida por la atención al sistema averiado. Es por esto por lo que se decide dar una calificación media a dicho sistema.

### *Costo de infraestructura de almacenamiento*

En el cuadro 5.17 se muestran los valores que corresponden al costo de cada uno de los tanques de captación de agua lluvia para los cuatro escenarios planteados así como los valores totales por escenario.

**Cuadro 5.17 Costo del tanque de captación para cada escenario de sistema de cosecha de agua lluvia planteado para el CTP Uladislao Gámez Solano**

		Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D
Costo de tanque de captación (CRC)	Tanque subterráneo	4 160	Castillo Amarillo 3 301 849.25	Tanque Agrupación 1 3 309 018.00	5 469 228.75
		112.00	Comedor 180 134.50		
	Tanque elevado		Módulo 1 1 692 916.50	Tanque Agrupación 2 3 559 296.50	
			Módulo 2 2 528 922.50		
			Administrativo 426 562.94		
		<b>Total</b>	6 311 832.00		

Casi la totalidad de los costos tuvo que ser calculada por construcción de infraestructura ya que no hay en el mercado tanques con dimensiones como las obtenidas para los escenarios planteados, exceptuando dos tanques del *Escenario B*, correspondientes al módulo administrativo y al comedor. Para los últimos dos se realizó la cotización de dos modelos de tanques con la empresa La Casa del Tanque, para el comedor se cotizó el tanque “Slim Tank Ecotank” el cual tiene una capacidad de 1000 L y para el módulo administrativo se cotizó el modelo “Tanque industrial Ecotank 5000 L”. Las fichas técnicas de los mismos pueden encontrarse en la sección de anexos.

Con respecto a los demás tanques se realizó el cálculo empleando los precios de excavación por m<sup>3</sup> con maquinaria el cual corresponde a CRC 650, así mismo se calculó el costo del tanque asumiendo dimensiones de estos y calculando el costo de los seis lados con el valor por m<sup>2</sup> de losa de concreto con refuerzo de varilla N° 3, de 15 cm de espesor, el cual equivale a CRC 30 000.

#### **5.2.3.1 Selección multicriterio de los escenarios**

Para la selección multicriterio de los escenarios plantados se realizó la normalización de los valores reales obtenidos para cada uno de los criterios evaluados por escenario. En el cuadro 5.18 se presenta el resumen de los criterios y los normalizados.

**Cuadro 5.18 Valores reales y valores normalizados resultantes de la evaluación de los criterios técnicos para cada escenario planteado de sistema de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano**

Criterio técnico	Valores Reales				Valores Normalizados			
	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D
Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria (m)	574	82	253	346	0.14	1.00	0.32	0.24
Requerimiento y complejidad del sistema de bombeo	3	4	2	2	0.67	0.50	1.00	1.00
Complejidad de operación y mantenimiento	4	5	3	2	0.50	0.40	0.67	1.00
Sujeción del sistema	3	1	1	5	0.33	1.00	1.00	0.20
Costo de infraestructura de almacenamiento (colones)	6,311,832	8,130,386	6,868,315	5,469,229	0.87	0.67	0.80	1.00

En el cuadro anterior se pueden ver con un tono sombreado los valores normalizados equivalentes a uno, estos representan los valores óptimos. Se puede notar a simple vista que el *Escenario A* podría ser descartado como solución óptima ya que no presenta un solo valor equivalente a uno, lo cual responde a la complejidad de este escenario.

Posteriormente los datos normalizados son sometidos a la ponderación correspondiente según los porcentajes de prioridad asignados a cada uno de los criterios técnicos evaluados. En el cuadro 5.19 se encuentran los resultados obtenidos de la ponderación realizada.

**Cuadro 5.19 Ponderación de los valores normalizados resultantes de la evaluación de los criterios técnicos para cada escenario planteado de sistema de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano**

Criterio técnico	Porcentaje de prioridad	Escenario A	Escenario B	Escenario C	Escenario D
Requerimiento de infraestructura hidrosanitaria	10%	1%	10%	3%	2%
Requerimiento y complejidad del sistema de bombeo	23%	16%	12%	23%	23%
Complejidad de operación y mantenimiento	23%	12%	9%	16%	23%
Sujeción del sistema	23%	8%	23%	23%	5%
Costo de infraestructura de almacenamiento	20%	17%	13%	16%	20%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>54%</b>	<b>68%</b>	<b>81%</b>	<b>74%</b>

Según se evidencia en el cuadro anterior el escenario que cumple de manera óptima con los criterios planteados es el *Escenario C*. A pesar de que el *Escenario D* es el que presenta mayoría de criterios con mayor porcentaje, cuenta con muy bajos porcentajes en los criterios restantes, lo cual es insuficiente para lograr la mejor puntuación. Es por esto por lo que, el escenario a elegir para el CTP Uladislao Gámez Solano es el *Escenario C* ya que obtuvo la mejor calificación dentro de la selección análisis multicriterio empleada.

### 5.3 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA

#### 5.3.1 Diseño del tanque de almacenamiento

Para el diseño de los tanques de almacenamiento se redujeron a un 80% los volúmenes obtenidos tanto para los dos tanques del CTP Uladislao Gámez Solano, cómo para el Proyecto Educativo La Cometa, cómo se muestra en el cuadro 5.20. Para esto es importante destacar que los volúmenes en ambas instituciones fueron obtenidos utilizando datos que corresponderían a escenarios críticos, especialmente para lo que fue la oferta de agua lluvia. Por lo que reducir el volumen implica así también un acercamiento a la realidad ya que el escenario crítico no es el escenario con mayor recurrencia. Así mismo, otro aspecto importante a tomar en cuenta es que a la hora de hacer la recolección del agua lluvia, se debe desviar el volumen correspondiente a la primera lluvia de la época lluviosa, por lo que implicaría una disminución en el volumen de agua a ser captada para la posterior utilización.

**Cuadro 5.20. Volúmenes de diseño reducidos al 80% de los volúmenes calculados para los tanques de almacenamiento de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa**

Tanque de almacenamiento	Volumen calculado (m <sup>3</sup> )	Volumen de diseño al 80% (m <sup>3</sup> )
CTP Agrupación 1	79.44	63.55 ~ 65
CTP Agrupación 2	85.81	68.65 ~ 70
La Cometa	85.28	68.22 ~ 70

Cómo se muestra en el cuadro anterior los valores obtenidos de la reducción de volumen para cada uno de los tanques a diseñar se redondeó al número múltiplo de cinco más cercano. Esto para facilitar los cálculos de las dimensiones de los tanques de almacenamiento requeridos.

##### 5.3.1.1 Descripción del tanque de almacenamiento

Los tres tanques de almacenamiento son estructuras de concreto enterrados o semienterrados, según sea necesario. Cada uno cuenta con cuatro paredes y un suelo con un espesor de 20 cm y una losa superior con un espesor de 15 cm, todas reforzados con varilla de acero N° 3. Cuentan con seis columnas de concreto reforzado para soporte de la estructura, cuatro en las esquinas y dos en medio de las dos losas de mayor longitud, así mismo cuentan con una viga de concreto debajo de la losa superior conectando con las columnas de soporte. En la parte superior cuentan con dos accesos con tapas de hierro para reparaciones y/o limpieza de los tanques. Cada uno de los accesos cuenta con su escalera respectiva para el ingreso de personal de mantenimiento al tanque. Así mismo cuenta con dos tubos de ventilación en la superficie. Internamente el tanque cuenta con un espacio libre de agua de 25 cm, una tubería de rebose que se encuentra 10 cm más arriba del nivel máximo de agua. Cuentan con una entrada y una salida de agua, ambas con su válvula respectiva, para así interrumpir el flujo del líquido según sea necesario, en caso de mantenimiento, ya sea en tanque o en tubería. La salida del agua del tanque tiene una distancia de 15 cm con respecto al piso, esto con el fin de evitar el ingreso de material sedimentable que pueda acumularse en la base, a las tuberías. La entrada al tanque se encuentra a la misma altura del nivel máximo de agua. A nivel de piso el tanque cuenta con un desnivel hacia el centro con una pendiente de 1%, el cual llega a una tubería de desagüe para la limpieza de este.

### 5.3.1.2 Dimensionamiento de los tanques de almacenamiento

El diseño de los tanques de almacenamiento de agua requeridos en el presente proyecto se basó en un tanque de un volumen de 75 m<sup>3</sup>. Con respecto al dimensionamiento específico de los tanques requeridos se debió tener en cuenta que el volumen interno efectivo, dentro del diseño base, se ve interrumpido por dos de las seis columnas de soporte, específicamente las que se encuentran en las paredes de mayor longitud las cuales tienen una exposición de la mitad de su volumen, por lo que debe restarse para la obtención del volumen efectivo. Estas columnas tienen dimensiones de 40 cm x 40 cm y una altura de 2.25 m, de la cual solo se toman en cuenta 2 m efectivos ya que los restantes 25 cm deben ser libres de agua. Teniendo en cuenta los volúmenes necesarios para los tanques de almacenamiento y asumiendo una altura igual a la del diseño base, se procede al cálculo del ancho así como del largo interno, obteniendo los resultados del cuadro 5.21.

**Cuadro 5.21. Dimensiones internas de los tanques de almacenamiento de agua lluvia según los volúmenes requeridos para el CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa,**

<b>Tanque de almacenamiento</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ancho interno (m)</b>	<b>Largo interno (m)</b>	<b>Alto interno (m)</b>
CTP Agrupación 1	65	5	6.5	2.25

CTP Agrupación 2	70	4.6	7.7	2.25
La Cometa				

Para cada uno de los tanques se realizaron planos con vista en planta y vista lateral a detalle. Estos planos se presentan en el Apéndice 8.4

### **5.3.1.3 Ubicación de los tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento de los sistemas de cosecha de agua lluvia diseñados para el CTP Uladislao Gámez Solano, mantienen la ubicación propuesta en el escenario elegido ya que son espacios que no presentan limitaciones para las dimensiones obtenidas de los tanques. Para el sistema de la Agrupación 1, el tanque de almacenamiento se ubicará enterrado en el espacio entre el Módulo 1 y el Módulo 2 y para el sistema de la Agrupación 2, es se ubica en la colina que colinda con el Castillo Amarillo y sería un tanque semienterrado. En caso del Proyecto Educativo La Cometa, de almacenamiento, dentro de la edificación, de manera subterránea del patio multiusos que se encuentra en la primera planta, justamente contiguo a las baterías de baños de este nivel.

## **5.3.2 Diseño del sistema hidráulico de distribución de agua lluvia**

### ***Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano***

*Agrupación 1:* Esta agrupación que está constituida por los módulos 1 y 2, así como el módulo administrativo y presenta distribución de agua por medio de un sistema de bombeo, dado que tiene un tanque de almacenamiento subterráneo.

*Agrupación 2:* Esta agrupación se abastece solamente al Castillo Amarillo y se hace por medio de gravedad ya que el tanque de almacenamiento está en un terreno elevado. Se toma la decisión de dejar por fuera el servicio sanitario del comedor ya que este es un único inodoro que presenta una demanda muy baja, dado a que su uso se limita al personal del comedor.

### ***Proyecto Educativo La Cometa***

Para La Cometa se tiene un sistema de distribución por bombeo, dado a que el tanque de almacenamiento es subterráneo, este distribuye a las baterías de baño del primer, segundo y tercer nivel del edificio nuevo, así como a un grifo que se colocará al costado del edificio para el riego de la huerta. Para esta última se propone un cambio en su ubicación ya que actualmente está en una zona que se encuentra fuera del terreno de La Cometa, por lo que se recomienda reubicarla en la zona baja que se encuentra al lado de abajo del edificio y de esta manera el riego sería más efectivo según el diseño propuesto. Se decide no alimentar dos



servicios sanitarios en que se encuentran en el segundo nivel, esto principalmente porque se encuentran al lado contrario de las baterías de baño principales, las cuales si se alimentan en su totalidad.

Por cada uno de los sistemas se realizaron los cálculos hidráulicos respectivos, en los cuales se obtuvieron las dimensiones de las tuberías, así como las características hidráulicas de estas. Estos cálculos se presentan Apéndice 8.5. Para los cálculos se utilizaron presiones de servicio que cumplieran tanto con el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias, así como las especificaciones requeridas según el modelo de los aparatos, específicamente de los fluxómetros.

Se realizaron los planos generales de distribución mecánica de la red agua lluvia, así como las plantas generales de distribución mecánica para cada una de las baterías alimentada. Estos planos se presentan en el Apéndice 8.6

Para el sistema de distribución tanto de la agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano, así como el de La Cometa, es necesario un sistema de bombeo para llevar el abastecer de agua las instalaciones. Para esto se estableció una ruta crítica para cada uno, con la cual se calculó la potencia de la bomba según las pérdidas energéticas del sistema y de la bomba. En el cuadro 5.22 se muestra la potencia de las bombas obtenidas para cada uno de los sistemas.

**Cuadro 5.22. Potencia de la bomba requerida para la distribución de agua lluvia para la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa, según las pérdidas obtenidas en los cálculos hidráulicos.**

<b>Sistema de distribución</b>	<b>ha</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Potencia (hp)</b>
CTP Agrupación 1	12.08	75%	1.31
La Cometa	29.97	75%	3.01

La diferencia entre las potencias y hasta entre las pérdidas por unidad de cada uno de los sistemas es importante. Esto se da principalmente porque La Cometa requiere de una distribución a un tercer piso lo cual hace que la elevación sea mucho mayor que lo que requiere la agrupación 1 del CTP. Así mismo es importante tener en cuenta la diferencia entre los aparatos de cada una de las instituciones ya que esto representa una diferencia en el caudal máximo probable que se va a obtener en el método Hunter Colombia, ya que La Cometa tiene inodoros y orinales con descarga con fluxómetro, mientras que el CTP solo tiene inodoros de tanque y orinales con descarga por sistema *push*, que a pesar de que se considera fluxómetro a nivel de descarga son muy pocos y no representan una gran demanda. Así mismo esto va a generar una diferencia en las presiones necesarias donde los fluxómetros necesitan un

mínimo de 15 psi para su funcionamiento ideal y los inodoros de tanque requieren un mínimo de 3 psi (CFIA, 2017).

### 5.3.3 Diseño del sistema de recolección de agua lluvia

Dentro del diseño del sistema de recolección de agua lluvia, un elemento importante es el tanque de intersección, el cual tiene fin la recolección de las aguas de las primeras lluvias de la temporada. Sin embargo, para el presente proyecto se obvia el diseño de este y se incluye una válvula de intersección, la cual es básicamente una válvula de tres vías, que desviará el agua de la tubería de recolección al drenaje de agua lluvia ya existente de las instituciones. La válvula de intersección pretende cumplir con la misma función que el tanque, desviar el agua de las primeras lluvias, las cuales arrastrarían material no deseado que pudiesen encontrarse en las cubiertas de las edificaciones (OPS, 2004), de forma que estas no sean introducidas al tanque de almacenamiento. Estas válvulas deben abrirse por el personal de mantenimiento de la institución al momento de las primeras lluvias por máximo un día, esto dependiendo de la cantidad de precipitación que se presente y cerrarse luego de este periodo para que así se proceda a llenar el tanque de almacenamiento.

El diseño del sistema de recolección puede observarse en los planos prestados en el Apéndice 8.7.

### 5.4 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN PARA LA IMPLEMETACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA.

En los cuadros 5.23, 5.24 y 5.25, se detallan las cantidades de obra, así como los costos unitarios y totales.

**Cuadro 5.23. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano**

Detalle	Diámetro (pulg)	Unidad	Cantidad	Valor unitario (CRC)	Subtotal (CRC)	TOTAL (CRC)
<b>Distribución</b>						
<b>Tubería PVC</b>	1/2	m	53	4,200.00	37,100.00	
	3/4	m	95	6,400.00	101,333.33	
<b>Codo 90 PVC</b>	1/2	unidad	10	200.00	2,000.00	
	3/4	unidad	15	400.00	6,000.00	
<b>Tee PVC</b>	1/2	unidad	8	200.00	1,600.00	
	3/4	unidad	20	430.00	8,600.00	
<b>Válvula de globo</b>	1/2	unidad	1	2,000.00	2,000.00	
	3/4	unidad	2	3,100.00	6,200.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	221,961.46	55,490.37	

Detalle	Diámetro (pulg)	Unidad	Cantidad	Valor unitario (CRC)	Subtotal (CRC)	TOTAL (CRC)
<b>Bomba 0.5 hp</b>		unidad	1	57,128.13	57,128.13	277,451.83
<b>Recolección</b>						
<b>Tubería PVC</b>	3	m	300	31,900.00	1,595,000.00	
<b>Válvula 3 vías</b>	2 1/2	unidad	4	41,019.00	164,076.00	
<b>Reductor PVC</b>	3 x 2 1/2	unidad	8	6,400.00	51,200.00	
<b>Válvula de globo</b>	3	unidad	2	5,999.99	11,999.98	
<b>Codo 90 PVC</b>	3	unidad	4	9,000.00	36,000.00	
<b>Tee PVC</b>	3	unidad	44	10,100.00	444,400.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	2,302,675.98	575,669.00	2,878,344.98
<b>Tanque de almacenamiento</b>						
<b>Excavación con maquinaria *</b>		m3	100.287	650.00	65,186.55	
<b>Losa de concreto reforzado 15 cm *</b>		m2	42.34	30,000.00	1,270,200.00	
<b>Losa de concreto reforzado 20 cm *</b>		m2	90.81	55,000.00	4,994,550.00	6,329,936.55
						<b>9,485,733.36</b>

\*Dato incluye costo de mano de obra

**Cuadro 5.24. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de la Agrupación 2 del CTP Uladislao Gámez Solano**

Detalle	Diámetro (pulg)	Unidad	Cantidad	Valor unitario (CRC)	Subtotal (CRC)	TOTAL (CRC)
<b>Distribución</b>						
<b>Tubería PVC</b>	1/2	m	23	4,200.00	16,100.00	
	3/4	m	64	6,400.00	68,266.67	
<b>Codo 90 PVC</b>	1/2	unidad	8	200.00	1,600.00	
	3/4	unidad	16	400.00	6,400.00	
<b>Tee PVC</b>	1/2	unidad	11	200.00	2,200.00	
	3/4	unidad	18	430.00	7,740.00	
<b>Válvula de globo</b>	3/4	unidad	3	3,100.00	9,300.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	111,606.67	27,901.67	139,508.33
<b>Recolección</b>						
<b>Tubería PVC</b>	3	m	358	31,900	1,903,366.67	
<b>Válvula 3 vías</b>	2 1/2	unidad	5	41,019	205,095.00	
<b>Reductor PVC</b>	3 x 2 1/2	unidad	10	6,400.00	64,000.00	
<b>Válvula de globo</b>	3	unidad	2	5,999.99	11,999.98	
<b>Codo 90 PVC</b>	3	unidad	21	9,000.00	189,000.00	
<b>Tee PVC</b>	3	unidad	36	10,100.00	363,600.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	2,737,061.65	684,265.41	3,421,327.06

<b>Tanque de almacenamiento</b>					
<b>Excavación con maquinaria *</b>	m3	108.969	650.00	70,829.85	
<b>Losa de concreto reforzado 15 cm *</b>	m2	45.9	30,000.00	1,377,000.00	
<b>Losa de concreto reforzado 20 cm *</b>	m2	97.65	55,000.00	5,370,750.00	6,818,579.85
*Dato incluye costo de mano de obra					<b>10,379,415.24</b>

Con los datos obtenidos para ambas agrupaciones del CTP Gámez Solano, se tiene un total 19,865,148.60 , como inversión total para el sistema global de aprovechamiento de agua lluvia para el CTP Uladislao Gámez solano.

**Cuadro 5.25. Costo de inversión por elemento del sistema de aprovechamiento de agua lluvia del Proyecto Educativo La Cometa**

Detalle	Diámetro (pulg)	Unidad	Cantidad	Valor unitario (CRC)	Subtotal	TOTAL
<b>Distribución</b>						
<b>Tubería PVC</b>	¾	m	39	6,400.00	41,600.00	
	1	m	14	11,500.00	53,666.67	
	1 ¼	m	5	17,900.00	14,320.00	
<b>Codo 90 PVC</b>	¾	unidad	17	400.00	6,800.00	
	1	unidad	3	830.00	2,490.00	
	1 ¼	unidad	1	1,600.00	1,600.00	
<b>Tee PVC</b>	¾	unidad	18	430.00	7,740.00	
	1	unidad	7	1,100.00	7,700.00	
	1 ¼	unidad	2	1,800.00	3,600.00	
<b>Válvula de globo</b>	1	unidad	3	4,000.00	12,000.00	
<b>Grifo riego</b>	¾	unidad	1	5,500.00	5,500.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	250,674.68	62,668.67	
<b>Bomba 4hp</b>		unidad	1	93,658.02	93,658.02	313,343.36
<b>Recolección</b>						

<b>Tubería PVC</b>	3	m	129	31,900.00	685,850.00	
<b>Codo 90 PVC</b>	3	unidad	5	9,000.00	45,000.00	
<b>Tee PVC</b>	3	unidad	15	10,100.00	151,500.00	
<b>Válvula 3 vías</b>	2 ½	unidad	7	41,019.00	287,133.00	
<b>Reductor PVC</b>	3 x 2 ½	unidad	14	6,400.00	89,600.00	
<b>Válvula de globo</b>	3	unidad	2	5,999.99	11,999.98	
<b>Canoa</b>		m	63	35,800.00	375,900.00	
<b>Bajante de PVC</b>	3	m	12	11,400.00	45,600.00	
<b>Codo 90 PVC</b>	3	unidad	36	4,100.00	147,600.00	
<b>Mano de obra</b>		CRC	25%	1,840,182.98	460,045.75	2,300,228.73
<b>Tanque de almacenamiento</b>						
<b>Excavación con maquinaria *</b>		m3	108.969	650.00	70,829.85	
<b>Losa de concreto reforzado 15 cm *</b>		m2	45.9	30,000.00	1,377,000.00	
<b>Losa de concreto reforzado 20 cm *</b>		m2	97.65	55,000.00	5,370,750.00	6,818,579.85
*Dato incluye costo de mano de obra						<b>9,432,151.93</b>

Es importante tomar en consideración que estos son sistemas de aprovechamiento de agua lluvia de dimensiones medias, que pretenden apoyar la escasez de agua durante un tiempo prolongado de sequía, tiempo que tendría una duración mensual.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- La oferta de agua lluvia promedio anual con precipitación predominante entre los meses de abril a noviembre, es de 7793.43 para el CTP Uladislao Gámez Solano en un área total de cubiertas de 4030.18 m<sup>2</sup> y de 2350.62 para el Proyecto Educativo La Cometa en un área total de cubiertas de 1487.02 m<sup>2</sup>.
- La demanda de agua para servicios sanitarios en el CTP Uladislao Gámez Solano equivale a 3.55 m<sup>3</sup>/día. En el Proyecto Educativo La Cometa esta demanda equivale a 0.68 m<sup>3</sup>/día entre semana, a 0.47 m<sup>3</sup>/día los sábados, mientras que la demanda de agua para el riego de la huerta equivale a 0.4 m<sup>3</sup>/día, en época seca, es decir entre los meses de diciembre a mayo.
- La población del CTP Uladislao Gámez Solano presenta un reconocimiento de la escasez de agua en la zona, con un 61% de respuesta positiva. La mayoría afirma conocer los usos del agua lluvia para descarga de inodoros y riego, sin embargo, hay un 25% que aún no tiene conocimiento la utilización de esta. Más del 65%, considera correcto el uso de esta para descarga de inodoros, riego, aseo y consumo luego de la desinfección y un 87% se muestra anuente a que la institución cuente con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia en sus instalaciones.
- Para el CTP Uladislao Gámez Solano se presentaron cuatro escenarios que comprendían distintos planteamientos de diseño para el sistema de aprovechamiento de agua lluvia. Estas se sometieron a una evaluación multicriterio donde se evaluó el requerimiento de infraestructura hidrosanitaria, el requerimiento de bombeo, la operación y mantenimiento, la sujeción del sistema y el costo por infraestructura de almacenamiento. Obteniéndose como resultado, con un 81%, el *Escenario C* como el más efectivo para responder a las características individuales de la institución.
- De los diseños planteados, tomando la demanda y la oferta obtenidas, se obtiene un tanque de almacenamiento para la agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano de 65 m<sup>3</sup>, mientras que para la agrupación 2 del CTP Uladislao Gámez Solano y el Proyecto Educativo La Cometa se obtienen tanques de almacenamiento de 70 m<sup>3</sup>.
- El costo de la inversión para el sistema de aprovechamiento de agua lluvia para la agrupación 1 el CTP Uladislao Gámez solano es de CRC 9,485,733.36 y para la agrupación 2 el CTP Uladislao Gámez solano es de CRC 10,379,415.24, para un total de CRC 19,865,148.60 por el sistema de aprovechamiento de agua lluvia del CTP Uladislao Gámez Solano. Para el Proyecto Educativo La Cometa el costo de la inversión es de CRC 9,432,151.93.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar una contabilización de la demanda actual en el Proyecto Educativo La Cometa, una vez inaugurado el nuevo edificio.
- el diseño hidráulico presentado con un diseño estructural, no solo para afinar el detalle del proyecto sino también los costos de este.
- Generar un manual de protocolos de operación y mantenimiento para cada uno de los sistemas diseñados tanto para el CTP Uladislao Gámez Solano cómo para el Proyecto Educativo La Cometa.
- Elaborar un análisis costo – beneficio, para obtener una visión más amplia del valor del proyecto en términos de beneficios ambientales, valorizados económicamente a mediano o largo plazo.

## 7 REFERENCIAS

- Aladenola, O. O., & Adeboye, O. B. (2010). Assessing the potential for rainwater harvesting. *Water Resources Management*, 24(10), 2129–2137. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9542-y>
- Arrieta, C. (2015, 19/07/2015). Costa rica en crisis de agua y ley de recurso hídrico suma 15 años en discusión legislativa. El País. Recuperado de <http://www.elpais.cr/2015/07/09/costa-rica-en-crisis-de-agua-y-ley-de-recurso-hidrico-suma-15-anos-en-discusion-legislativa/>
- Benavides, A. L., & Lobo, E. (2008). *Plan de Desarrollo Institucional Quinquenal 2006 - 2010*. San José.
- Bocanegra-Martínez, A., Ponce-Ortega, J. M., Nápoles-Rivera, F., Serna-González, M., Castro-Montoya, A. J., & El-Halwagi, M. M. (2014). Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. *Resources, Conservation and Recycling*, 84, 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.01.001>
- Caballero, T. (2006). *Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento. Manual Técnico*. México.
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., ... Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>
- Campisano, A., Gnecco, I., Modica, C., & Palla, A. (2013). Designing domestic rainwater harvesting systems under different climatic regimes in Italy. *Water Science and Technology*, 67(11), 2511–2518. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.143>
- Cantú Martínez, P. C. (2014). Cambio climático : sus repercusiones para la sustentabilidad. *Ciencia UANL*, 17(67), 31–36.
- Colegio de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). (2017). Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. Recuperado a partir de: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83561&nValor3=107558&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83561&nValor3=107558&strTipM=TC)
- Devkota, J., Schlachter, H., & Apul, D. (2015). Life cycle based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation. *Journal of Cleaner Production*, 95, 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.021>
- FAO. (2000). Manual de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Experiencias en América Latina. Serie Zonas Áridas y Semiáridas, 194.
- Ghisi, E., Montibeller, A., & Schmidt, R. W. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, 41(2), 204–210. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.014>
- Gikas, G. D., & Tsihrintzis, V. A. (2012). Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology*, 466–467, 115–126. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.020>
- Hernandez-Alpiza, L., Zambrano-Piamba, D., & Mora-Molina, J. (2018). *Tropical*



- rainwater harvesting , natural events and land-use influence on the rainwater quality.*  
Cartago, Costa Rica.
- Herrera, J. (2016). Recurso hídrico y saneamiento: avances y desafíos. *Estado de La Nación*, 1, 38.
- Krishna, J. (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. Texas Water Development Board (Third, Vol. 1). Austin, Texas. <https://doi.org/10.1007/s10350-008-9244-1>
- Ling, E., & Benham, B. (2014). *Rainwater Harvesting Systems*. Virginia: Virginia Cooperative Extension.
- Mendez, C. B., Afshar, B. R., & Kinney, K. (2010). *Effect of roof material on water quality for rainwater harvesting systems*. Texas Water Development Board. Retrieved from [http://nsf.kavi.com/apps/group\\_public/download.php/18168/Effect-of-Roof-Material-on-Water-Quality-for-Rainwater-Harvesting-Systems\[1\].pdf](http://nsf.kavi.com/apps/group_public/download.php/18168/Effect-of-Roof-Material-on-Water-Quality-for-Rainwater-Harvesting-Systems[1].pdf)
- Ministerio de Hacienda. (2017). *Manual de valores base unitarios por tipología constructiva*. San José.
- Morales-Pinzón, T., Luruña, R., Rieradevall, J., Gasol, C. M., & Gabarrell, X. (2012). Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 69, 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.014>
- Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. *Mecánica de Fluidos* (Vol. 6 ed.). <https://doi.org/10.1109/CDC.2011.6160241>.
- Mun, J. S., & Han, M. Y. (2012). Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: Definition, sensitivity and verification. *Journal of Environmental Management*, 93(1), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.08.024>
- Municipalidad de Curridabat. (n.d.). *La Cometa*. San José.
- Okoye, C. O., Solyali, O., & Akintug̃, B. (2015). Optimal sizing of storage tanks in domestic rainwater harvesting systems: A linear programming approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.08.015>
- OPS. (2004). *Guía de diseño para captación del agua de lluvia*. Lima.
- Palla, A., Gnecco, I., & La Barbera, P. (2017). The impact of domestic rainwater harvesting systems in storm water runoff mitigation at the urban block scale. *Journal of Environmental Management*, 191, 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.025>
- Ramírez, G. (2013). *Optimización del uso del agua de lluvia en el Tecnológico de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio* (4th ed.). Madrid: Isdefe.
- Santos, C., & Taveira-Pinto, F. (2013). Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. *Resources, Conservation and Recycling*, 71, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.11.004>
- Ward, S. L. (2010). *PhD Thesis: Rainwater harvesting in the UK: a strategic framework to enable transition from novel to mainstream*. *Quality*. University of Exeter.
- Zambrano, D. (2012). *Minimización y prevención como estrategia para el control de la contaminación por aguas residuales municipales en la zona de expansión de Cali*. Universidad del Valle.
- Zamora Álvarez, R. A. (2013). *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Zeng, G., Jiang, R., Huang, G., Xu, M., & Li, J. (2007). Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. *Journal of Environmental Management*, 82(2), 250–259.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.12.024>



## **8 APÉNDICES**

## 8.1 APÉNDICE 1: HERRAMIENTA PARA LA CONTABILIZACIÓN EL USO DE SERVICIOS SANITARIOS EN EL PROYECTO EDUCATIVO LA COMETA.

Instituto Tecnológico de Costa Rica – Carrera de Ingeniería Ambiental

Proyecto Final de Graduación: Cosecha de agua lluvia para aprovechamiento urbano en el Proyecto Educativo La Cometa y el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_

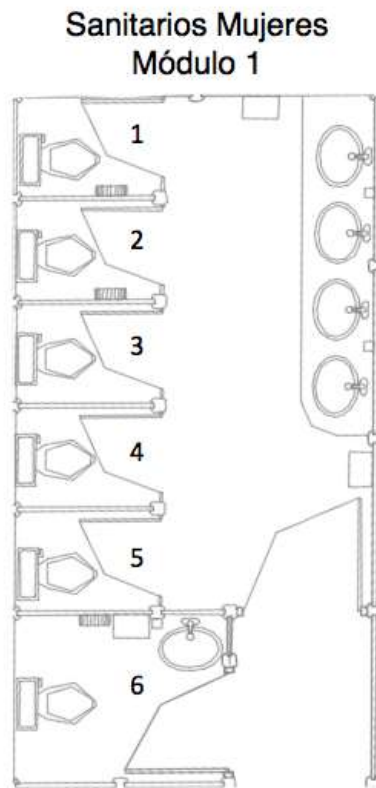
Lugar: \_\_\_\_\_

Hora de finalización: \_\_\_\_\_

Servicio Sanitario de Hombres	Servicio Sanitario de Mujeres
Capacidad (L): _____	Capacidad (L): _____

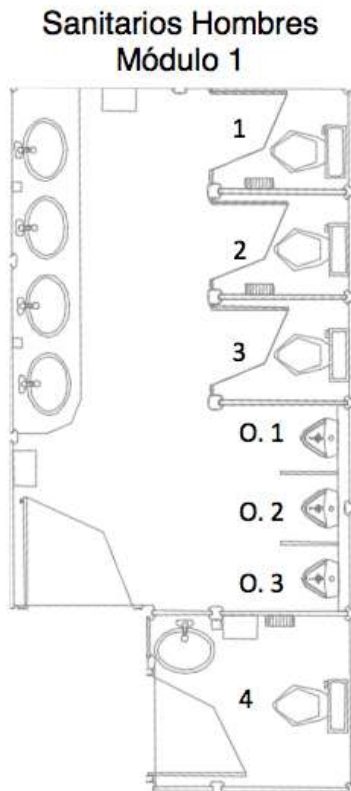
8.2 APÉNDICE 2: HERRAMIENTAS PARA LA CONTABILIZACIÓN DEL USO DE SERVICIOS SANITARIOS EN EL CTP ULADISLAO GÁMEZ SOLANO

Apéndice 2.1: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la batería de baños de mujeres del módulo uno.



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Observaciones:		

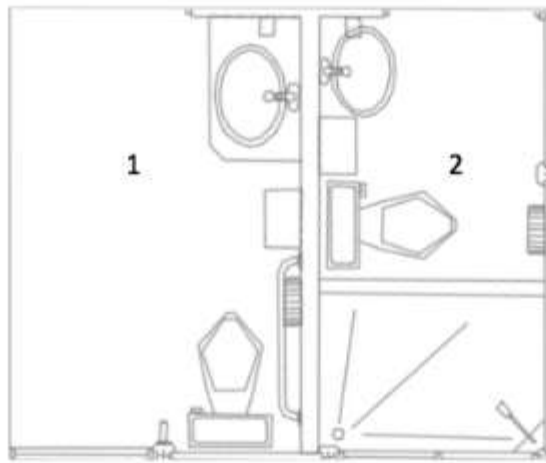
Apéndice 2.2: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la batería de baños de hombres del módulo uno.



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
O.1		
O.2		
O.3		
Observaciones:		

Apéndice 2.3: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para los baños del módulo administrativo.

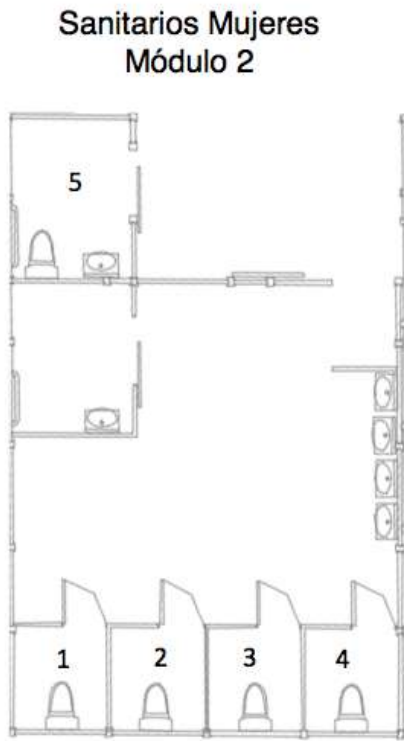
### Sanitarios Administrativos



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
Observaciones:		



Apéndice 2.4: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la batería de baños de mujeres del módulo dos.



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
<b>Observaciones:</b>		

Apéndice 2.5: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la batería de baños de hombres del módulo dos.

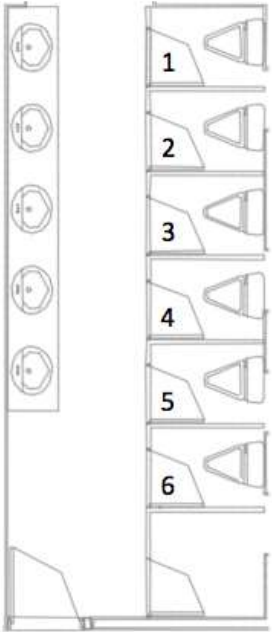
**Sanitarios Hombres  
Módulo 2**

The diagram shows a layout of a men's bathroom. On the left, there is a row of four urinals labeled O.1, O.2, O.3, and O.4. Below them are four stalls labeled 1, 2, 3, and 4. To the right of the stalls is a larger area labeled 5, which contains a sink, a mirror, and a door. There are also two small rectangular fixtures on the right wall of area 5.

Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
O.1		
O.2		
O.3		
O.4		
<b>Observaciones:</b>		

Apéndice 2.6: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la primer batería de baños de mujeres en el Castillo Amarillo.

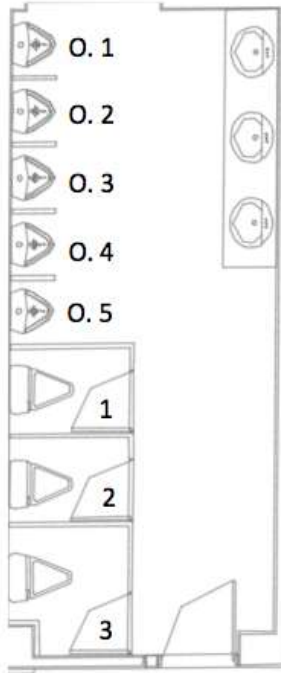
**Sanitarios Mujeres 1  
Castillo Amarillo**



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Observaciones:		

Apéndice 2.7: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la primer batería de baños de hombres en el Castillo Amarillo.

**Sanitarios Hombres 1  
Castillo Amarillo**



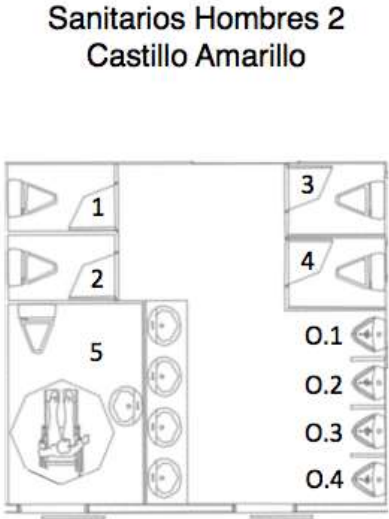
Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
O. 1		
O. 2		
O. 3		
O. 4		
O. 5		
Observaciones:		

Apéndice 2.8: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la segunda batería de baños de mujeres en el Castillo Amarillo.



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
Observaciones:		

Apéndice 2.9: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para la Segunda batería de baños de hombres en el Castillo Amarillo.



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
2		
3		
4		
5		
O. 1		
O. 2		
O. 3		
O. 4		
Observaciones:		

Apéndice 2.10: Herramienta para la contabilización del uso de servicios sanitarios para el baño en el comedor.

**Sanitarios  
Comedor**



Sanitario	Capacidad	Conteo
1		
Observaciones:		

### 8.3 APÉNDICE 3: ENCUESTA A USUARIOS.

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Carrera de Ingeniería Ambiental

Proyecto Final de Graduación: Cosecha de agua lluvia para aprovechamiento urbano en el Proyecto Educativo La Cometa y el Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano.

**Encuesta a usuarios:** esta encuesta pretende conocer información de parte de los usuarios de la institución con respecto al uso del agua y su aceptación a alternativas de abastecimiento. A continuación, encontrará una serie de preguntas que debe de contestar en el orden presentado.

#### Sección A. Información General de usuario.

1. Institución a la que pertenece:
  - Proyecto Educativo La Cometa
  - Colegio Técnico Profesional
2. Ocupación:
  - Estudiante       Profesor(a)
  - Personal administrativo     Conserjería
  - Mantenimiento
3. Género:
  - Femenino       Masculino

#### Sección B. Receptividad de usuarios.

4. ¿Ha notado usted que en la institución se presentan problemas con la disponibilidad del agua, especialmente durante la época seca del año?
  - Sí       No
5. Si tiene conocimiento de la utilización de agua lluvia con o sin tratamiento en los siguientes usos, marque con una X
  - Descarga de inodoros
  - Riego huertas o jardines
  - Aseo
  - Consumo (luego de desinfección)
6. Considera adecuado el uso de agua lluvia con o sin tratamiento para usos tales como:

Uso	Si	No	Si su respuesta fue NO ¿Por qué?
Descarga de inodoros			

Uso	Si	No	Si su respuesta fue NO ¿Por qué?
Riego de huertas o jardines			
Aseo			
Consumo (luego de desinfección)			

7. ¿Le gustaría que la institución cuente con un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para usos no potables?
  - Sí       No
8. ¿Le gustaría que la institución incluya dentro de sus actividades la creación de una huerta urbana donde se dé el riego con agua lluvia?
  - Sí       No

#### Sección C. Cuantificación de la demanda.

Como parte del proyecto, es necesario conocer la demanda de agua de usos no potables de la institución. Dentro de estos usos se encuentra la descarga de inodoros, por lo que es de suma importancia conocer el consumo de agua que tiene una persona al día cada vez que va al baño.

9. ¿Aproximadamente cuantas veces va usted al baño durante el horario lectivo u horario de trabajo?
  - 1 vez       2 veces
  - 3 veces       4 veces
  - 5 veces       Más de 5 veces



#### 8.4 APENDICE 4: PLANOS DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Ver PDF Adjunto.

## 8.5 APÉNDICE 5: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

### Proyecto Educativo La Cometa

**Cuadro 8.1. Cálculos hidráulicos de la ruta crítica del Proyecto Educativo La Cometa**

Tramo	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud total (Lh+Lv)	Pérdida primaria (hL)	Accesorios			Pérdida secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga piezométrica 2		Carga piezométrica 1		
			Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K			Pérdida por accesorio	Pi+1/γ	Zi+1	Pi/γ	Zi
A - B	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	0.91	0	0.91	0.0914	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.1877	20.00	7.65	20.19	7.65
B - C	2	0.67	0.75	0.02353	1.54	0.91	0	0.91	0.1024	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1750	20.19	7.65	20.36	7.65
C - D	3	0.71	0.75	0.02353	1.63	3.65	0	3.65	0.4575	T directa	1	0.6	0.0815	0.0815	0.5390	20.36	7.65	20.90	7.65
D - E	4	0.75	0.75	0.02353	1.72	1.5	0	1.5	0.2081	T directa	1	0.6	0.0910	0.0910	0.2991	20.90	7.65	21.20	7.65
E - F	7	0.86	0.75	0.02353	1.98	1.83	0	1.83	0.3271	T directa	1	0.6	0.1196	0.1196	0.4467	21.20	7.65	21.65	7.65
F - G	8	0.89	1	0.02948	1.30	0.91	0	0.91	0.0578	T directa	1	0.6	0.0520	0.0520	0.1098	21.65	7.65	21.76	7.65
G - H	9	0.92	1	0.02948	1.35	0.93	0	0.93	0.0628	T directa	1	0.6	0.0556	0.0556	0.1184	21.76	7.65	21.88	7.65
H - I	10	0.96	1	0.02948	1.41	0.64	0	0.64	0.0468	T directa	1	0.6	0.0605	1.0687	1.1155	21.88	7.65	22.99	7.65
										Válvula Globo	1	10	1.0082						
I - J	10	0.96	1	0.02948	1.41	0	3.5	3.5	0.2558	Codo 90	1	0.9	0.0907	0.0907	0.3466	22.99	7.65	26.84	4.15
J - K	20	1.24	1	0.02948	1.82	0	3.5	3.5	0.4109	T directa	1	0.6	0.1009	0.1009	0.5119	26.84	4.15	30.85	0.65
K - L	29	1.46	1.25	0.03718	1.34	0	0.65	0.65	0.0334	T directa	1	0.6	0.0553	0.0553	0.0887	30.85	0.65	31.59	0
L - M	30	1.46	1.25	0.03718	1.34	0	2.2	2.2	0.1129	T directa	1	0.6	0.0553	0.0553	0.1682	30.85	0	33.22	-2.2
M - N	30	1.46	1.25	0.03718	1.34	1.3	0	1.3	0.0667	Codo 90	1	0.9	0.0830	0.0830	0.1497	31.59	-2.2	31.74	-2.2
N - O	30	1.46	1.25	0.03718	1.34	0.65	0	0.65	0.0334	Bomba	1		0.0000	0.0000	0.0334	31.74	-2.2	0.00	-0.4
														ha	29.9714				

**Cuadro 8.2. Cálculos hidráulicos de las rutas secundarias del Proyecto Educativo La Cometa**

Tramo	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud total (Lh+Lv)	Pérdida primaria (hL)	Accesorios				Pérdida secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga piezométrica 2		Carga piezométrica 1			
			Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K	Pérdida por accesorio			Pi+1/γ	Zi+1	Pi/γ	Zi		
<b>SUB-SECCIONES TERCER NIVEL</b>																					
<b>D</b>	D1 - D	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	1.8	0	1.8	0.1808	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.2771	20.92	7.65	21.20	7.65	
	<b>E</b>	E1 - E2	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	0.76	0	0.76	0.0763	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.1778	0.2542	20.21	8.22	20.47	8.22
		E2 - E3	2	0.67	0.75	0.02353	1.54	0.76	0	0.76	0.0856	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1582	20.47	8.22	20.62	8.22
		E3 - E	3	0.71	0.75	0.02353	1.63	0.44	0.57	1.01	0.1266	Codo 90 T directa	2 1	0.9 0.6	0.1223 0.0815	0.3261	0.4527	20.62	8.22	21.65	7.65
<b>SEGUNDO NIVEL</b>																					
<b>J</b>	J1 - J2	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	0.91	0	0.91	0.0914	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.1877	23.82	4.15	24.00	4.15	
	J2 - J3	2	0.67	0.75	0.02353	1.54	0.91	0	0.91	0.1024	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1750	24.00	4.15	24.18	4.15	
	J3 - J4	3	0.71	0.75	0.02353	1.63	3.65	0	3.65	0.4575	T directa	1	0.6	0.0815	0.0815	0.5390	24.18	4.15	24.72	4.15	
	J4	J4A - J4	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	1.8	0	1.8	0.1808	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.2771	24.39	4.15	24.72	4.1
		J4 - J5	4	0.75	0.75	0.02353	1.72	1.5	0	1.5	0.2081	T directa	1	0.6	0.0910	0.0910	0.2991	24.72	4.15	25.02	4.15
	J5	J5A - J5B	1	0.63	0.75	0.02	1.45	0.76	0	0.76	0.0763	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.1778	0.2542	23.58	4.72	23.84	4.72
		J5B - J5C	2	0.67	0.75	0.02	1.54	0.76	0	0.76	0.0856	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1582	23.84	4.72	23.99	4.72
		J5C - J5	3	0.71	0.75	0.02	1.63	0.44	0.57	1.01	0.1266	Codo 90 T directa	2 1	0.9 0.6	0.1223 0.0815	0.3261	0.4527	23.99	4.72	25.02	4.15
	J5 - J6	7	0.86	0.75	0.02353	1.98	1.83	0	1.83	0.3271	T directa	1	0.6	0.1196	0.1196	0.4467	25.02	4.15	25.46	4.15	
	J6 - J7	8	0.89	1	0.02948	1.30	0.91	0	0.91	0.0578	T directa	1	0.6	0.0520	0.0520	0.1098	25.46	4.15	25.57	4.15	
J7 - J8	9	0.92	1	0.02948	1.35	0.93	0	0.93	0.0628	T directa	1	0.6	0.0556	0.0556	0.1184	25.57	4.15	25.69	4.15		
J8 - J	10	0.96	1	0.02948	1.41	0.64	0	0.64	0.0468	Codo 90 Válvula Globo	1 1	0.9 10	0.0907 1.0082	1.0990	1.1457	25.69	4.15	26.84	4.15		
<b>PRIMER NIVEL</b>																					
<b>K</b>	K1 - K2	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	2.84	0	2.84	0.2853	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.3816	28.71	0.65	29.09	0.65	
	K2	K2A - K2B	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	0.91	0	0.91	0.0914	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.0963	0.1877	28.44	0.65	28.68	0.6
		K2B - K2C	2	0.67	0.75	0.02353	1.54	0.91	0	0.91	0.1024	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1750	28.68	0.65	28.91	0.6
		K2C - K2	3	0.71	0.75	0.02353	1.63	0.44	0	0.44	0.0552	T directa	1	0.6	0.0815	0.0815	0.1367	28.91	0.65	29.09	0.6

Tramo	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud total (Lh+Lv)	Pérdida primaria (hL)	Accesorios				Pérdida secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga piezométrica 2		Carga piezométrica 1		
			Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K	Pérdida por accesorio			Pi+1/γ	Zi+1	Pi/γ	Zi	
K2 - K3	4	0.75	0.75	0.02353	1.72	0.15	0	0.15	0.0208	T directa	1	0.6	0.0910	0.0910	0.1118	29.09	0.65	29.20	0.65	
K3	K3A - K3B	1	0.63	0.75	0.02353	1.45	0.91	0	0.91	0.0914	Codo 90	1	0.9	0.0963	0.1778	0.2692	27.74	1.22	28.01	1.22
	K3B - K3C	2	0.67	0.75	0.02353	1.54	0.91	0	0.91	0.1024	T directa	1	0.6	0.0726	0.0726	0.1750	28.01	1.22	28.18	1.22
	K3C - K3	3	0.71	0.75	0.02353	1.63	0.44	0.57	1.01	0.1266	Codo 90	2	0.9	0.1223	0.3261	0.4527	28.18	1.22	29.20	0.65
											T directa	1	0.6	0.0815						
K3-K4	7	0.86	0.75	0.02353	1.98	2.04	0	2.04	0.3647	T directa	1	0.6	0.1196	0.1196	0.4843	29.20	0.65	29.69	0.65	
K4 - K5	8	0.89	1.00	0.02948	1.30	0.93	0	0.93	0.0591	T directa	1	0.6	0.0520	0.0520	0.1111	29.69	0.65	29.80	0.65	
K5 - K	9	0.92	1.00	0.02948	1.35	0.61	0	0.61	0.0412	Codo 90	1	0.9	0.0833	1.0093	1.0505	29.80	0.65	30.85	0.65	
										Válvula Globo	1	10	0.9259							
<b>GRIFO RIEGO HUERTA</b>																				
L	L1 - L	1	0.63	0.75	0.02	1.45	1.65	0.5	2.15	0.2160	Codo 90	2	0.9	0.0963	0.1926	0.4085	30.68	0.5	31.59	0

CTP Uladislao Gámez Solano Agrupación 1

Cuadro 8.3. Cálculos hidráulicos de la ruta crítica de la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano

Tramo	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud total (Lh+Lv)	Pérdida primaria (hL)	Accesorios				Pérdida secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga piezométrica 2		Carga piezométrica 1	
			Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K	Pérdida por accesorio			Pi+1/γ	Zi+1	Pi/γ	Zi
A - B	1	0.63	0.75	0.02948	0.92	0.846	0.00	0.846	0.03	Codo 90	1	0.9	0.01	0.01	0.07	3.00	3.12	3.07	3.12
B - C	2	0.67	0.75	0.02948	0.98	0.846	0.00	0.846	0.03	T directa	1	0.6	0.01	0.01	0.06	3.07	3.12	3.13	3.12
C - D	3	0.72	0.75	0.02948	1.05	0.846	0.00	0.846	0.04	T directa	1	0.6	0.01	0.01	0.07	3.13	3.12	3.20	3.12
D - E	4	0.75	0.75	0.02948	1.10	2.703	0.00	2.703	0.13	T directa	1	0.6	0.01	0.01	0.16	3.20	3.12	3.36	3.12
E - F	4	0.75	0.75	0.02948	1.10	0.715	0.92	1.635	0.08	Codo 90	2	0.9	0.02	0.03	0.19	3.36	3.12	4.47	2.2
F - G	5	0.88	0.75	0.02948	1.29	1.5	0.00	1.5	0.09	T directa	1	0.6	0.01	0.01	0.14	4.47	2.2	4.61	2.2
G - H	6	0.89	0.75	0.02948	1.30	1.5	0.00	1.5	0.10	T directa	1	0.6	0.01	0.01	0.15	4.61	2.2	4.76	2.2
H - I	7	0.9	0.75	0.02948	1.32	1.5	0.00	1.5	0.10	T directa	1	0.6	0.02	0.02	0.15	4.76	2.2	4.91	2.2
I - J	8	0.91	0.75	0.02948	1.33	0.75	0.00	0.75	0.05	T directa	1	0.6	0.02	0.02	0.10	4.91	2.2	5.01	2.2
J - K	10	0.93	0.75	0.02948	1.36	0.732	0.00	0.732	0.05	T directa	1	0.6	0.02	0.02	0.11	5.01	2.2	5.12	2.2
K - L	11	0.94	0.75	0.02948	1.38	1.5	0.00	1.5	0.11	T directa	1	0.6	0.02	0.02	0.16	5.12	2.2	5.28	2.2
L - M	12	0.95	0.75	0.02948	1.39	1.5	0.00	1.5	0.11	T directa	1	0.6	0.03	0.03	0.17	5.28	2.2	5.45	2.2
M - N	13	0.96	0.75	0.02948	1.41	1.5	0.00	1.5	0.11	T directa	1	0.6	0.03	0.50	1.18	5.45	2.2	6.63	2.2
										Válvula Globo	1	10	0.47						
N - O	14	0.97	0.75	0.02948	1.42	7.198	0.20	7.398	0.55	T directa	1	0.6	0.03	0.08	0.71	6.63	2.2	7.53	2
										Codo 90	2	0.9	0.05						
O - P	14	0.98	0.75	0.02948	1.44	16.186	0.00	16.186	1.23	Codo 90	1	0.9	0.05	0.05	1.32	7.53	2	9.86	1
P - Q	29	1.20	0.75	0.02948	1.76	7.221	2.25	9.471	1.05	T directa	1	0.6	0.07	0.29	1.42	9.86	1	13.53	-1.25
										Codo 90	2	0.9	0.11						
Q - R	29	1.20	0.75	0.02948	1.76	0.45	1.85	2.3	0.25	Codo 90	1	0.9	0.11	0.11	0.40	13.53	-1.25	0	0.6
															ha	12.08			

**Cuadro 8.4. Cálculos hidráulicos de las rutas secundarias de la Agrupación 1 del CTP Uladislao Gámez Solano**

Tramo	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud total (Lh+Lv)	Pérdida primaria (hL)	Accesorios				Pérdida secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga piezométrica 2		Carga piezométrica 1			
			Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K	Pérdida por accesorio			Pi+1/γ	Zi+1	Pγ	Zi		
<b>SUB-SECCIONES MODULO 2</b>																					
J	J1 - J2	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	0.463	0.00	0	0.01	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.020	4.84	2.2	4.86	2.2	
	J2 - J3	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	2.257	0.00	2	0.04	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.054	4.86	2.2	4.91	2.2	
	J3	J3A - J3	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	0.534	0.00	0.534	0.01	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.022	4.89	2.2	4.91	2.2
	J3 - J	2	0.14	0.5	0.01820	0.54	4.354	0.00	4.354	0.09	T directa	1	0.6	0.009	0.009	0.103	4.91	2.2	5.01	2.2	
<b>MODULO 1</b>																					
P	P1 - P2	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	1.128	0.00	1.128	0.02	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.033	9.24	1.20	9.27	1.20	
	P2 - P3	2	0.14	0.5	0.01820	0.54	0.9	0.00	0.9	0.02	T directa	1	0.6	0.009	0.009	0.028	9.27	1.20	9.30	1.20	
	P3 - P4	3	0.15	0.5	0.01820	0.58	0.9	0.00	0.9	0.02	T directa	1	0.6	0.010	0.010	0.032	9.30	1.20	9.33	1.20	
	P4 - P5	4	0.16	0.5	0.01820	0.62	0.9	0.00	0.9	0.02	T directa	1	0.6	0.012	0.012	0.037	9.33	1.20	9.37	1.20	
	P5 - P6	5	0.17	0.5	0.01820	0.65	0.9	0.00	0.9	0.03	T directa	1	0.6	0.013	0.013	0.041	9.37	1.20	9.41	1.20	
	P6 - P7	6	0.18	0.5	0.01820	0.69	0.623	0.00	0.623	0.02	T directa	1	0.6	0.015	0.015	0.036	9.41	1.20	9.44	1.20	
	P7 - P8	6	0.18	0.5	0.01820	0.69	0.1	0.00	0.1	0.00	Codo 90	1	0.9	0.022	0.022	0.025	9.44	1.20	9.47	1.20	
	P8	P8A - P8B	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	1.102	0.00	1.102	0.02	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.032	8.03	1.20	7.14	2.12
		P8B - P8C	2	0.76	0.75	0.02948	1.11	0.6	0.92	1.52	0.07	Codo 90	2	0.9	0.013	0.035	0.224	7.14	2.72	7.96	2.12
		P8C - P8D	3	0.80	0.75	0.02948	1.17	0.6	0.00	0.6	0.03	T directa	1	0.6	0.010	0.010	0.073	7.96	2.12	8.03	2.12
		P8D - P8E	4	0.84	0.75	0.02948	1.23	0.701	0.00	0.701	0.04	Codo 90	2	0.9	0.017	0.046	0.225	8.03	2.12	9.18	1.2
		P8E - P8F	5	0.85	0.75	0.02948	1.25	0.9	0.00	0.9	0.05	T directa	1	0.6	0.013	0.013	0.100	9.18	1.2	9.28	1.2
		P8F - P8G	6	0.86	0.75	0.02948	1.26	0.9	0.00	0.9	0.05	T directa	1	0.6	0.015	0.015	0.102	9.28	1.2	9.38	1.2
P8G - P8		7	0.87	0.75	0.02948	1.27	0.62	0.00	0.62	0.04	T directa	1	0.6	0.016	0.016	0.087	9.38	1.2	9.47	1.2	
P8 - P9	13	0.93	0.75	0.02948	1.36	36.37	0.20	36.57	2.52	T directa	1	0.6	0.028	0.028	2.577	6.69	1.2	9.47	1		
										Codo 90	2	0.9	0.042								
										Válvula Globo	1	10	0.471								
<b>ADMINISTRATIVO</b>																					
P	P9	P9A - P9B	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	0.51	0.00	0.51	0.01	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.021	9.56	0.0	9.58	0.0
		P9B - P9C	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	0.916	0.00	0.916	0.02	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.029	9.58	0.0	9.61	0.0

	P9C	P9C1 - P9C	1	0.13	0.5	0.01820	0.50	0.51	0.00	0.51	0.01	Codo 90	1	0.9	0.011	0.011	0.021	9.59	0.0	9.61	0.0	
		P9C - P9D	2	0.14	0.5	0.01820	0.54	12.371	0.00	12.371	0.27	T directa	1	0.6	0.009	0.009	0.277	9.61	0.0	9.89	0.0	
		P9D - P9	2	0.14	0.5	0.01820	0.54	19.546	0.00	19.546	0.42	Codo 90	1	0.9	0.013							
												Válvula Globo	1	10	0.148	0.161	0.584	9.89	0.0	9.47	1	
<b>P</b>		P9 - P	15	0.95	0.750	0.02948	1.39	5	0.00	4.868	0.35	T directa	1	0.6	0.059	0.059	0.408	9.45	1	9.86	1	

Cuadro 8.5. Cálculos hidráulicos de la ruta de distribución de la Agrupación 2 del CTP Uladislao Gámez Solano

Bloque	TRAMO	Grifos acumulados	Hunter Colombia (Q) (L/s)	Diámetro de tubería		Velocidad (m/s)	Longitud de la tubería (m)		Longitud Total (Lh+Lv)	Pérdida Primaria (hL)	Accesorios				Pérdida Secundaria por accesorios (hs)	Pérdida total	Carga Piezométrica 2		Carga Piezométrica 1		
				Nominal (inch)	Real (m)		Lh	Lv			Tipo	Cantidad	K	Pérdida por accesorio			Pi+1/γ	Zi+1	Pi/γ	Zi	
0	A - B	30	1.25	0.75	0.02948	1.83	6.748	3	9.748	1.1617	T directa	1	0.6	0.0760	1.5697	3.2813	0.000	111	6.281	108	
											Codo 90	2	0.9	0.1139							
											Válvula Globo	1	10	1.2659							
1	B - IC	16	0.99	0.75	0.02948	1.45	7.685	0.2	7.885	0.6101	T directa	1	0.6	0.0354	0.6790	1.8432	6.281	108	4.238	108.2	
											Codo 90	1	0.9	0.0531							
											Válvula Globo	1	10	0.5904							
	IC	ICA - ICB	1	0.63	0.75	0.02948	0.92	0.7	0	0.7	0.0235	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0625	2.702	109.12	2.764	109.12
		ICB - ICC	2	0.67	0.75	0.02948	0.98	0.7	0	0.7	0.0263	T directa	1	0.6	0.0089	0.0089	0.0558	2.764	109.12	2.820	109.12
		ICC - ICD	3	0.71	0.75	0.02948	1.04	0.7	0	0.7	0.0293	T directa	1	0.6	0.0102	0.0102	0.0624	2.820	109.12	2.882	109.12
		ICD - ICE	4	0.75	0.75	0.02948	1.10	0.901	0.92	1.821	0.0843	T directa	1	0.6	0.0116	0.0463	0.2320	2.882	109.12	4.034	108.2
		Codo 90	2	0.9	0.0174																
		ICE - ICF	5	0.88	0.75	0.02948	1.29	1.05	0	1.05	0.0653	T directa	1	0.6	0.0131	0.0131	0.1162	4.034	108.2	4.150	108.2
	ICF - IC	6	0.89	0.75	0.02948	1.30	0.564	0	0.564	0.0358	T directa	1	0.6	0.0146	0.0146	0.0878	4.150	108.2	4.238	108.2	
	IC - ID	10	0.22	0.5	0.0182	0.85	5.721	0	5.721	0.2861	T directa	1	0.6	0.0219	0.0219	0.3080	4.238	108.2	3.930	108.2	
	Codo 90	1	0.9	0.0328																	
	ID	IDA - IDB	1	0.13	0.5	0.0182	0.50	0.423	0	0.423	0.0080	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0194	3.836	108.2	3.855	108.2
		IDB - IDC	1	0.13	0.5	0.0182	0.50	0.533	0	0.533	0.0101	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0215	3.855	108.2	3.877	108.2
		IDC - IDD	2	0.14	0.5	0.0182	0.54	1	0	1	0.0217	T directa	1	0.6	0.0089	0.0089	0.0305	3.877	108.2	3.907	108.2
		IDD - ID	3	0.15	0.5	0.0182	0.58	0.517	0	0.517	0.0127	T directa	1	0.6	0.0102	0.0102	0.0229	3.907	108.2	3.930	108.2
	ID - IE	7	0.19	0.5	0.0182	0.73	0.1	0	0.1	0.0038	T directa	1	0.6	0.0163	0.0163	0.0201	3.930	108.2	3.910	108.2	
	IE	IEA - IEB	1	0.13	0.5	0.0182	0.50	0.423	0	0.423	0.0080	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0194	3.816	108.2	3.835	108.2
		IEB - IEC	1	0.13	0.5	0.0182	0.50	0.533	0	0.533	0.0101	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0215	3.835	108.2	3.857	108.2
		IEC - IED	2	0.14	0.5	0.0182	0.54	1	0	1	0.0217	T directa	1	0.6	0.0089	0.0089	0.0305	3.857	108.2	3.887	108.2
		IED - IE	3	0.15	0.5	0.0182	0.58	0.517	0	0.517	0.0127	T directa	1	0.6	0.0102	0.0102	0.0229	3.887	108.2	3.910	108.2
IE - IF	4	0.16	0.5	0.0182	0.62	5.516	0	5.516	0.1530	Codo 90	1	0.9	0.0174	0.0174	0.1703	3.910	108.2	3.740	108.2		
IF - IG	4	0.16	0.5	0.0182	0.62	0.5	0	0.5	0.0139	T directa	1	0.6	0.0116	0.0116	0.0254	3.740	108.2	3.714	108.2		



	1G - 1H	3	0.15	0.5	0.0182	0.58	1.05	0	1.05	0.0258	T directa	1	0.6	0.0102	0.0102	0.0360	3.714	108.2	3.678	108.2	
	1H - 1I	2	0.14	0.5	0.0182	0.54	1.05	0	1.05	0.0227	T directa	1	0.6	0.0089	0.0089	0.0316	3.678	108.2	3.647	108.2	
	1I - 1J	1	0.13	0.5	0.0182	0.50	1.05	0	1.05	0.0198	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0313	3.647	108.2	3.615	108.2	
0	A - B	30	1.25	0.75	0.02948	1.83	6.748	3	9.748	1.1617	T directa	1	0.6	0.0760							
											Codo 90	2	0.9	0.1139	1.5697	3.2813	0.000	111	6.281	108	
											Válvula compuerta	1	10	1.2659							
2	B - 2C	14	0.99	0.75	0.02948	1.45	18.171	0	18.171	1.4061	Codo 90	1	0.9	0.0458	0.5549	2.5748	6.281	108	3.706	108	
											Válvula globo	1	10	0.5091							
	2C - 2D	14	0.99	0.75	0.02948	1.45	0.48	0	0.48	0.0371	Codo 90	1	0.9	0.0458	0.0458	0.1336	3.706	108	3.573	108	
	2D - 2E	14	0.99	0.75	0.02948	1.45	4.113	0.2	4.313	0.3337	T directa	1	0.6	0.0305	0.1222	0.5911	3.573	108	2.782	108.2	
											Codo 90	2	0.9	0.0458							
	2E - 2F	13	0.98	0.75	0.02948	1.44	1.05	0	1.05	0.0797	T directa	1	0.6	0.0282	0.0282	0.1428	2.782	108.2	2.639	108.2	
	2F - 2G	12	0.97	0.75	0.02948	1.42	1.05	0	1.05	0.0782	T directa	1	0.6	0.0260	0.0260	0.1400	2.639	108.2	2.499	108.2	
	2G - 2H	11	0.96	0.75	0.02948	1.41	1.05	0	1.05	0.0767	T directa	1	0.6	0.0239	0.0239	0.1372	2.499	108.2	2.362	108.2	
	2H - 2I	10	0.95	0.75	0.02948	1.39	1.05	0	1.05	0.0753	T directa	1	0.6	0.0219	0.0219	0.1345	2.362	108.2	2.227	108.2	
	2I - 2J	9	0.94	0.75	0.02948	1.38	1.05	0	1.05	0.0738	T directa	1	0.6	0.0199	0.0199	0.1318	2.227	108.2	2.095	108.2	
	2J - 2K	8	0.93	0.75	0.02948	1.36	0.45	0	0.45	0.0310	Codo 90	1	0.9	0.0271	0.0271	0.1162	2.095	108.2	1.979	108.2	
	2K - 2L	8	0.93	0.75	0.02948	1.36	6.35	0	6.35	0.4376	Codo 90	1	0.9	0.0271	0.0271	0.5228	1.979	108.2	1.456	108.2	
											T directa	1	0.6	0.0181							
	2L - 2M	8	0.93	0.75	0.02948	1.36	0.4	0.92	1.32	0.0910	Codo 90	2	0.9	0.0271	0.0723	0.3181	1.456	108.2	0.218	109.12	
											T directa	1	0.6	0.0181							
	2M - 2N	7	0.90	0.75	0.02948	1.32	0.75	0	0.75	0.0486	T directa	1	0.6	0.0163	0.0163	0.1018	0.218	109.12	0.117	109.12	
	2N - 2O	6	0.86	0.75	0.02948	1.26	0.75	0	0.75	0.0447	T directa	1	0.6	0.0146	0.0146	0.0933	0.117	109.12	0.023	109.12	
	2O - 2P	5	0.82	0.75	0.02948	1.20	0.75	0	0.75	0.0409	T directa	1	0.6	0.0131	0.0131	0.0851	0.023	109.12	-0.062	109.12	
2P - 2Q	4	0.78	0.75	0.02948	1.14	0.75	0.92	1.67	0.0831	Codo 90	2	0.9	0.0174	0.0463	0.2428	-0.062	109.12	0.615	108.2		
										T directa	1	0.6	0.0116								
2Q - 2R	3	0.15	0.50	0.01820	0.58	0.85	0	0.85	0.0209	T directa	1	0.6	0.0102	0.0102	0.0311	0.615	108.2	0.584	108.2		
2R - 2S	2	0.14	0.50	0.01820	0.54	1.05	0	1.05	0.0227	T directa	1	0.6	0.0089	0.0089	0.0316	0.584	108.2	0.553	108.2		
2S - 2T	1	0.13	0.50	0.01820	0.50	1.05	0	1.05	0.0198	Codo 90	1	0.9	0.0115	0.0115	0.0313	0.553	108.2	0.521	108.2		

#### 8.6 APENDICE 6: PLANOS DE DISTRIBUCIÓN MECÁNICA DE AGUA LLUVIA

Los planos de distribución mecánica de agua lluvia se encuentran en el archivo pdf “Planos de distribución mecánica de agua lluvia”.

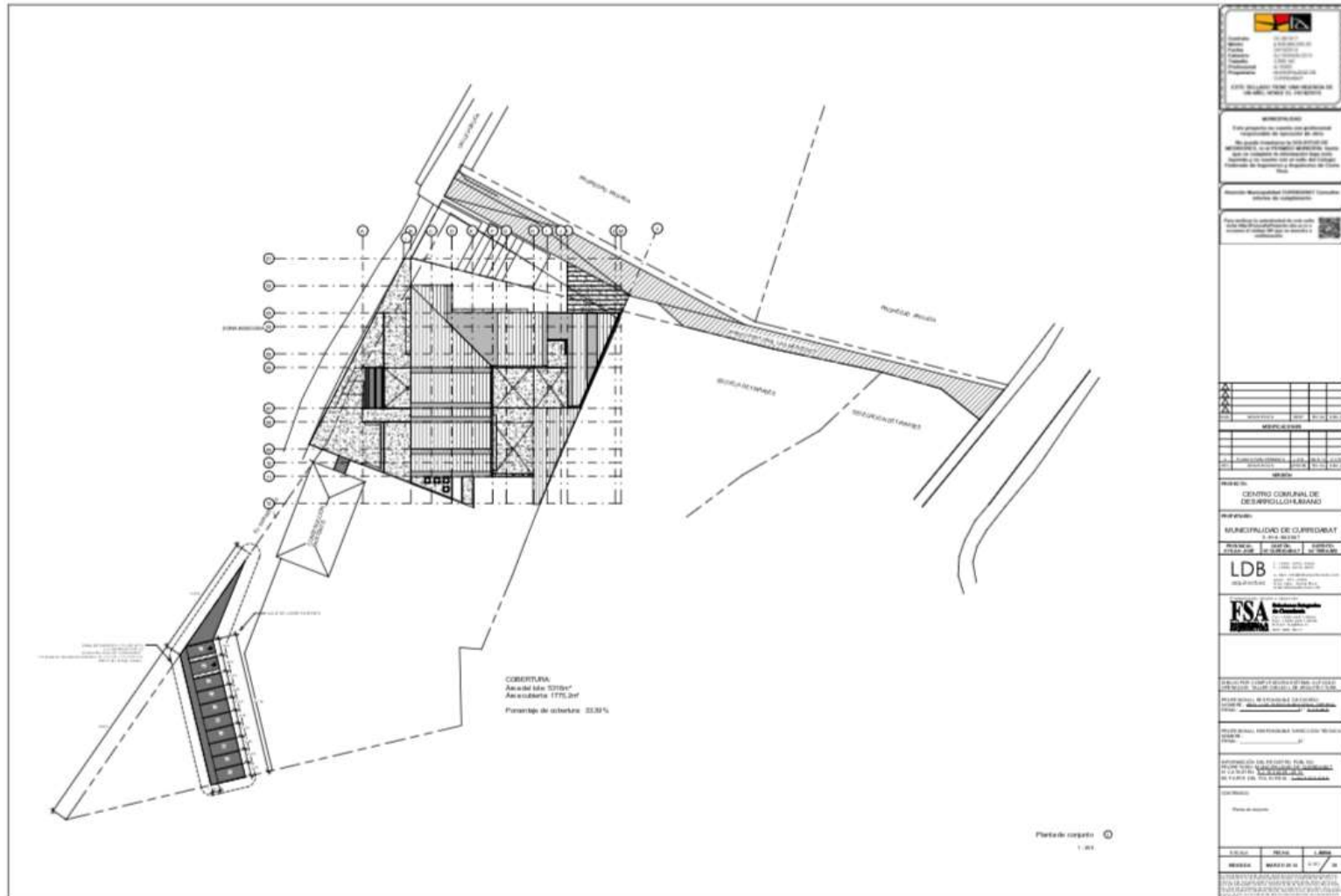
#### 8.7 APENDICE 7: PLANOS DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

Los planos de recolección de agua lluvia se encuentran en el archivo pdf “Planos de recolección de agua lluvia”.

## **9 ANEXOS**



## 9.2 PLATA DE CONJUNTO DEL PROYECTO EDUCATIVO LA COMETA





## 9.4 ACCESORIOS DE BAÑOS (INODOROS Y ORINALES) CTP Uladislao Gámez Solano

### Inodoro American Standard



**American Standard**

**COLONY**  
CERÁMICA PORCELANIZADA  
Inodoro Redondo de dos piezas

COLONY - Inodoro Redondo de dos piezas

- Superficie antimicrobial permanente EverClean
- 4.8 litros por descarga
- Altura Normal 16"
- No incluye asiento
- Faltancia al color del inodoro
- Incluye cubrepiés al color del inodoro
- Trampa 100% esmaltada de 2"
- Válvula de descarga de 2"

• Tecnología Power/Wash™ mejor limpieza por la combinación de fuerza de aire y agua.

**Código**

- Taza NH RF 3261D101MX
- Tanque 4192A104MX

**Colores Disponibles:**  
020 Blanco, 021 Marfil

**Espejo de agua**  
9" x 8"

**Notas:**  
Leer instructivo antes de instalar

**Importante:**  
Después de las instalaciones, pueden salir dentro un resaca de tuberías. Todas las instalaciones deben ajustarse a normas y especificaciones. No se asume responsabilidad de fábrica en siguientes.

Revisión Actual: 2016

### Inodoro Corona



**SANITARIO AQUAJET**

026401001 40 x 40  
026401031 30 x 30

**CARACTERÍSTICAS**

- Suelo o abanico.
- Consumo de agua 6.1 l (2.5 gal)
- Incluye tapete de funcionamiento en arena 25" x 14" y 4" de espesor.
- Capacidad de evacuación en la descarga de 1000 gr de sólidos.
- Cierre según normativa ADA, todo para personas con movilidad reducida cuando se instalan correctamente según especificaciones ADA/CANADA.
- Doble frontal con chapa con diseño moderno.
- Altura controlada de cara para facilitar el uso.

SIN DDX es un modelo de 51 cm de diámetro que requiere el funcionamiento.  
Para tener un diámetro adicional de 7.6 cm de la pared se requiere instalar con otro sanitario (MR-72450000).  
- Garantía integral de por vida.

**REPUESTOS**

Ref.	Descripción
00640001	Cilindro de agua
00640002	Asiento

### Inodoro EcoLine – American Standard





# Orinal Trébol



**INSTITUCIONAL**  
**BAMBI**  
**URINARIO**  
**BAMBI**  
**TREBOL**

Código: 611

**Medidas nominales**  
Dimensiones:  
Ancho: 100mm (3.937")  
Alto: 100mm (3.937")  
No.

**Material**  
Ceramico  
Peso: 1.1 kg

**Especificaciones del Producto**  
Este producto cumple con las normas de seguridad de la familia Bambi para niños de hasta 3 años.  
Incorpora un sistema de protección anti-choques.  
Adaptación del sistema Trébol.  
Norma de protección para niños de hasta 3 años.  
Resistencia a impactos de hasta 10 kg.  
Este producto se instala de acuerdo a las normas de instalación de Trébol.

**Especificaciones Técnicas**  
Tipo: Urinal Trébol Bambi

**Cifras Trebol Recomendadas**  
Especificaciones: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990, 1000

**Se Incluye de Fábrica**  
Equipamiento de fábrica de acuerdo a las especificaciones técnicas.

**Opcional**  
El producto se instala de acuerdo a las normas de instalación de Trébol.

**Colores Disponibles**

**TREBOL**

# Proyecto Educativo La Cometa

## Inodoro Briggs



**The Altima™**

1-800-441-4444  
www.briggs.com

4232 / 4233 / 4234

**FEATURES**

- Stylish tank design
- Traditional toilet tank design
- 2-Flush system
- Anti-siphon ballcock
- Integral rim jets
- 2-Flush 2" trapway
- Secondary flush for ease of cleaning
- Color-matched lid seats
- Generous 5-year warranty

**AVAILABLE COLORS**

White, Ivory, Light Blue, Light Green

**SPECIFICATIONS**

- Model 4232: 12" height-insulated tank, 7.5 lb, consists of bowl (Model 4232) and tank (Model 4432)
- Model 4233: 12" height-insulated tank, 5.1 lb, consists of bowl (Model 4233) and tank (Model 4433)
- Model 4234: 12" height-insulated tank, 5.2 lb, consists of bowl (Model 4234) and tank (Model 4434)
- Model 4235: 12" height-insulated tank, 5.2 lb, consists of bowl (Model 4235) and tank (Model 4435)

**OPTIONS**

- Model 4432: 22" height tank and bidet tank, 34 lb
- Model 4433: 12" height tank and bidet tank, 34 lb
- Model 4434: 12" height insulated tank and bidet, 34 lb
- Model 4435: 20" height tank and bidet, 30 lb
- Model 4436: 14" height tank and bidet, 30 lb
- Model 4437: 12" height tank and bidet, 30 lb

**INSTALLATION**

- Installation kit options supplied
- Quick-connect system for easy professional installation

**BRIGGS**

Design | Technology | Innovation

(800) 441-4444  
www.briggs.com



REGAL® MANUAL FLUSHOMETER  
REGAL 186-1.0-1-IN-STOP

**CODE NUMBER**

3982659

**DESCRIPTION**

1.0 gpf, Polished Chrome Finish, Single Flush, 1" Control Stop, Regal® Exposed Manual Flushometer.

**DETAILS**

- Flush Volume: 1.0 gpf (3.8 Lpf)
- Finish: Polished Chrome (CP)
- Valve: Diaphragm
- Valve Body Material: Semi-red Brass
- Fixture Type: Urinal
- Fixture Connection: Top
- Rough-In Dimension: 11 1/2" (292mm)
- Spud Coupling: 1/4" (19mm)
- Supply Pipe: 1/4" (19mm)
- Control Stop: 1" (1-IN-STOP)

**FEATURES**

- Flush volumes start as low as 0.5 gpf/1.9 Lpf
- Water conservation is aided by the ADA-compliant, non-hold-open handle, which prevents urinal from exceeding intended flush volume
- Low Consumption flush accuracy controlled by Para-Flo™ technology
- Integrity of the product is maintained with control stop plug
- Durability is facilitated with high copper, low zinc brass castings for dezincification resistance
- Adjustable tailpiece
- Valve body, Cover, Tailpiece and Control Stop shall be in compliance with ASTM Alloy Classification for Semi-Red Brass
- Valve shall be in compliance to the applicable sections of ASSE 1037.



**COMPLIANCES & CERTIFICATIONS**



(ADA Compliant, cUPC Certified, BAA Compliant)

**RECOMMENDED SPECIFICATION**

Valve Body, Cover, Tailpiece and Control Stop shall be in conformance with ASTM Alloy Classification for Semi- Red Brass. Valve shall be in compliance with the applicable sections of ASSE 1037 and ANSI/ASME 112.19.2.

**VALVE OPERATING PRESSURE (FLOWING)**

15 -80 PSI (103 -552 kPa). Specific fixtures may require greater minimum flowing pressure - consult manufacturer requirements.

**DOWNLOADS**

- [Regal XL Exposed Installation Instructions](#)
- [Control Stop Repair and Maintenance Guide](#)
- [Flush Connections Flanges Repair and Maintenance Guide](#)
- [Tail Piece Repair and Maintenance Guide](#)
- [Regal Flushometers Repair and Maintenance Guide](#)
- [Additional Downloads](#)

**NOTES**

All information contained within this document subject to change without notice.

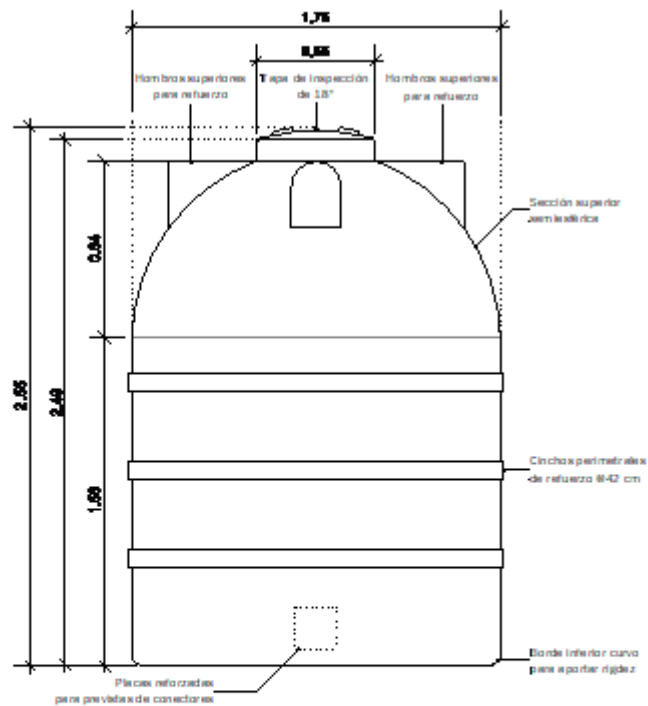
Looking for other variations of the REGAL 186 product? [View the general spec sheet with all options.](#)

[Find a compatible urinal for this flushometer.](#)

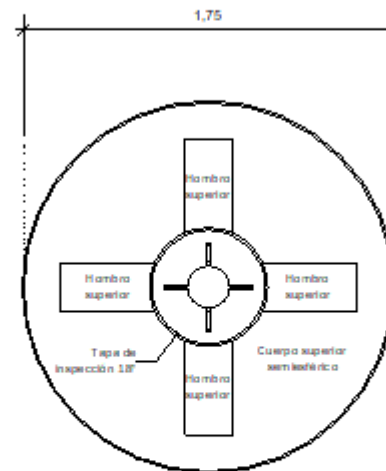
[Find a compatible water closet for this flushometer.](#)

Sloan 10500 Seymour Ave, Franklin Park, IL 60131  
Phone: 800.982.5839 • Fax: 800.447.8329 • [sloan.com](#)






vista frontal



vista superior

 <p><b>Ficha Técnica</b></p> <p><b>Tanque EcoTank 5000 I</b></p> <p>Tricapa</p> <p>Forma + Roundhill S.A. San José, Costa Rica</p>	<p><b>Usos:</b> Almacenamiento de agua potable, agricultural, entre otros.</p> <p><b>Año:</b> para almacenar hasta 25 000 litros de sustancias químicas.</p> <p><b>Capacidad efectiva:</b> 5 000 lit. aprox. (1 320 Gal)</p> <p><b>Materia:</b> Capotermos de polietileno linear de media densidad, con estabilizador de UV.</p> <p>1 000 Virgen.</p> <p>Materia prima certificada por la FDA (EEN II) para almacenamiento de sustancias para consumo humano.</p> <p><b>Peso:</b> aprox. 200 kg. por litro: 3 mm</p> <p><b>Peso de litro:</b> 30 kg</p> <p><b>Color:</b> Azul (Capa exterior) / Negro (Capa Intermedia) / Marrón (Capa Interior)</p>	<p><b>País de origen:</b> Costa Rica, América Central.</p> <p><b>Garantía:</b> 5 años contra defectos de fábrica.</p> <p><b>Vida útil:</b> 50 años.</p> <p><b>Anexos:</b> no incluye.</p> <p><b>Material:</b> Vidrio Negro.</p> <p>Conector de HDPE de 2".</p> <p>Tapa negra y tan de HDPE de 18"</p>	<p><b>Código:</b> 126</p> <p><b>Color:</b> no aplica</p> <p><b>Propiedad intelectual:</b> EcoTank WaterStorage S.A. San José, Costa Rica</p> <p><a href="http://www.tanquesecotank.com">www.tanquesecotank.com</a></p> <p>2016</p>
---	--	---	--

## 9.6 Método hunter Colombia

Relación entre las unidades de accesorios y los valores de caudal en las edificaciones. Método Hunter Colombia.

UA	Caudal (L/s)		UA	Caudal (L/s)		UA	Caudal (L/s)		UA	Caudal (L/s)	
	Flujómetro	Tanque		Flujómetro	Tanque		Flujómetro	Tanque		Flujómetro	Tanque
1	0.63	0.13	42	1.66	0.50	205	2.75	1.31	1418	9.19	5.08
2	0.67	0.14	44	1.69	0.52	214	2.80	1.34	1500	9.57	5.31
3	0.71	0.15	46	1.71	0.54	223	2.86	1.37	1583	9.94	5.55
4	0.75	0.16	48	1.74	0.55	234	2.92	1.40	1668	10.32	5.78
5	0.78	0.17	50	1.76	0.57	245	2.98	1.44	1755	10.69	6.02
6	0.82	0.18	52	1.78	0.58	270	3.13	1.51	1845	11.08	6.27
7	0.86	0.19	54	1.80	0.60	295	3.28	1.59	1926	11.41	6.49
8	0.89	0.20	57	1.83	0.62	329	3.48	1.69	2018	11.78	6.74
9	0.92	0.21	60	1.86	0.64	365	3.69	1.80	2110	12.14	6.99
10	0.96	0.22	63	1.88	0.66	396	3.87	1.90	2204	12.5	7.24
11	0.99	0.23	66	1.91	0.68	430	4.06	2.01	2298	12.86	7.49
12	1.02	0.24	69	1.93	0.70	460	4.23	2.11	2388	13.18	7.74
13	1.05	0.25	73	1.96	0.72	490	4.40	2.21	2480	13.51	7.98
14	1.08	0.26	76	1.92	0.74	521	4.58	2.32	2575	13.83	8.24
15	1.11	0.27	82	2.02	0.78	559	4.79	2.45	2670	14.15	8.49
16	1.14	0.28	88	2.05	0.82	596	5.00	2.58	2765	14.45	8.74
18	1.19	0.30	95	2.09	0.86	631	5.19	2.70	2862	14.76	9.00
20	1.24	0.32	102	2.13	0.89	666	5.38	2.82	2960	15.12	9.26
21	1.27	0.33	108	2.17	0.92	700	5.57	2.93	3060	15.49	9.53
23	1.32	0.34	116	2.21	0.96	739	5.78	3.05	3150	15.82	9.76
25	1.36	0.36	124	2.25	1.00	775	5.97	3.16	3620	17.61	11.01
26	1.38	0.37	132	2.30	1.04	811	6.17	3.27	4070	19.38	12.18
28	1.42	0.39	140	2.35	1.07	850	6.37	3.39	4480	21.04	13.24
30	1.46	0.41	148	2.39	1.11	931	6.80	3.66	5380	24.69	15.53
31	1.48	0.41	158	2.45	1.15	1009	7.20	3.89	6280	28.13	17.78
33	1.52	0.43	168	2.52	1.18	1091	7.61	4.13	7280	31.65	20.28
35	1.55	0.45	176	2.57	1.21	1173	8.02	4.38	8300	35.21	22.93
37	1.58	0.46	186	2.63	1.25	1254	8.41	4.61	9000	37.81	24.89
39	1.62	0.48	195	2.69	1.28	1335	8.8	4.85	10000	41.52	28.01

Fuente: Castro el al., 2006 citado y adaptado por Zamora, 2013