UNIVERSIDAD LATINA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo final de graduación para optar por el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil

PROPUESTA DE SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PARA EL NUEVO HOSPITAL WILLIAM ALLEN TAYLOR DE TURRIALBA

Ricardo Espinoza Solano

Heredia, abril 2017

COMITÉ ASESOR

Ing. Daniel Figueroa Arias

Tutor

Ing. Leonardo Moya Gonzales, M. Sc.

Lector

Ing. José María Ulate Zárate

Representante de Rectoría

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "Propuesta de aprovechamiento de aguas pluviales en el nuevo Hospital de Turrialba", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

ING. DANIEL FIGUEROA ARIAS

TUTOR

ING. LEONARDO MOYA GONZÁLEZ

LECTOR

ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

AGRADECIMIENTOS

Primeramente le quiero dar las gracias a Dios por darme la sabiduría para poder llegar hasta este punto. A mi familia, amigos, compañeros de la universidad y del trabajo, todos de una forma u otra me ayudaron a llegar hasta aquí.

DEDICATORIA

Más que mi proyecto de graduación quiero dedicar mi Ingeniería y mis años en la universidad, primero, a mi mamá, María de los Ángeles Solano Quesada, quien ha sido y es un pilar en mi vida, sin ella no hubiese podido lograr este sueño.

También lo quiero dedicar a una mujer extraordinaria que me apoyó por más de ocho años para terminar mi carrera, Gabriela Campos Obando.

Finalmente a mis hermanos: Benjamín, Óscar, Rafael, Alejandra, José, Javier y mis sobrinos: Maykol, Sharom, Tiffani, Keilyn, José Pablo, Rafael, Joshua, Gabriel, Sebastián, Valeria y Luciana, quienes también son pilares en mi vida, el tenerlos cerca me ha dado fuerzas para no dejar de luchar.

RESUMEN

El presente proyecto busca desarrollar una propuesta para el aprovechamiento de aguas pluviales en el nuevo Hospital de Turrialba, utilizando toda el área de techos y la precipitación de la zona, generando un ahorro en la factura de agua potable; además, una concientización sobre el aprovechamiento de los recursos naturales.

Debido a la problemática mundial sobre la escasez del agua, la disminución de los recursos naturales y su sobreexplotación, es necesario planear acciones claras y concisas, que sean significativas y tengan un impacto importante a mediano y largo plazo.

Se analizará el comportamiento de la precipitación en la zona con datos meteorológicos recolectados a lo largo de los años, esto con la finalidad de predeterminar un comportamiento claro de la precipitación en la zona. Asimismo, se estimará la demanda diaria que requieren los inodoros y mingitorios, los cuales son el objetivo donde se pretende utilizar el agua de lluvia aprovechada. Se estimarán los diámetros y caudales de las tuberías de recolección, así como las de posterior distribución, terminando con un análisis costo-beneficio.

Para el análisis se utilizarán diferentes conceptos, tales como el método racional para el cálculo de los caudales de tubería pluvial, la fórmula de Manning para diámetros de tuberías pluviales, la fórmula de Hazen-Willians para el diámetro de tuberías de agua aprovechada hacia inodoros y mingitorios.

Se obtuvo resultados muy provechosos, tanto la de estimación de la precipitación como los de la demanda de los inodoros y mingitorios en el hospital, así como el comportamiento diario de la oferta y demanda de la precipitación.

Finalmente, se llegó a la conclusión de que el sistema es rentable a mediano plazo, recuperando la inversión inicial en un plazo cercano a los dos años.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE

Contenido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 13

Antecedentes 13

Planteamiento del problema 16

Hipótesis 16

Objetivo general 17

Objetivos específicos 17

Justificación 17

Alcances 18

Limitaciones 18

Impacto 20

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 21

Marco teórico-conceptual 21

Precipitación 21

Media truncada 22

Método racional 22

Fórmula de Manning 23

Unidades accesorio 23

Ecuación de Hazen-Willians 24

Captación 25

Conducciones 25

Filtración 25

Almacenamiento 26

Marco situacional 26

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 28

Recopilación de información hidrológica 28

Determinación del caudal pluvial 29

Coeficiente de escorrentía 29

La intensidad de la lluvia 29

Diseño de diámetros y rutas de tuberías hacia el tanque de captación 33

Rutas 33

Diámetros tuberías pluviales 33

Determinación del volumen y dimensiones del tanque de captación 34

Determinación de pérdidas de carga en las tuberías pluviales 34

Determinación de la demanda aproximada de agua potable para inodoros y mingitorios. 34

Evaluación oferta-demanda de la precipitación. 35

Diámetros de tubería de agua pluvial aprovechada. 36

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS 37

Análisis de la precipitación en la zona 37

Cálculo de caudal requerido por los inodoros y mingitorios. 50

Conteo manual 50

Cálculo de consumo por unidades accesorio 50

Comparación oferta-demanda de la precipitación 52

Área total de techos 52

Comparación 53

Dimensionamiento y ubicación del tanque de captación pluvial 57

Diámetros y rutas de tuberías pluviales hacia el tanque de captación 59

Análisis de pérdidas de carga en las tuberías pluviales 62

Diámetros de la tubería agua pluvial a aprovechar 66

Relación costo-beneficio 70

Costo 70

Beneficio 74

CAPÍTULO V: PROPUESTA 75

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES 75

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 77

Anexos 79

Anexo I. Perspectivas futuro Hospital de Turrialba 79

Anexo II. Solicitud de información D.A.I.; C.C.S.S. 80

Anexo II. Solicitud de información I.M.N. 81

Anexo III. Descripción de bomba propuesta en presupuesto. Marca Technoforce. 82

Anexo IV. Fotos actuales del lote a construir. 83

Anexo V. Extracto de prepuesto suministrado por empresa constructora Volio y Trejos. 85

Anexo VI. Planos con propuesta. 86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de Manning (n). (CFIA, 2017) 25
Tabla 2. Intensidades de lluvia (mm/hr) para un período de retorno de 10 años. 35
Tabla 3. Unidades accesorio según piezas sanitarias. 38
Tabla 4. Media truncada últimos 17 años, mes de enero. 40
Tabla 5. Media truncada últimos 17 años, mes de febrero. 41
Tabla 6. Media truncada últimos 17 años, mes de marzo. 42
Tabla 7. Media truncada últimos 17 años, mes de abril. 43
Tabla 8. Media truncada últimos 17 años, mes de abril. 44
Tabla 9. Media truncada últimos 17 años, mes de junio. 45
Tabla 10. Media truncada últimos 17 años, mes de julio. 46
Tabla 11. Media truncada últimos 17 años, mes de agosto. 47
Tabla 12. Media truncada últimos 17 años, mes de setiembre. 48
Tabla 13. Media truncada últimos 17 años, mes de octubre. 49
Tabla 14. Media truncada últimos 17 años, mes de noviembre. 50
Tabla 15. Truncada últimos 17 años, mes de diciembre. 51
Tabla 16. Cálculo de consumo estimado diario por inodoros según conteo manual de descargas. 52
Tabla 17. Dotación total diaria. 53
Tabla 18. Relación de dotación diaria según unidades accesorio. 53
Tabla 19. Dimensionamiento tanque de captación. 59
Tabla 20. Diámetro requerido según tubería pluvial. 62
Tabla 21. Diámetro requerido según tubería pluvial. 62
Tabla 22. Diámetro requerido según tubería pluvial. 63
Tabla 23. Diámetro requerido según tubería pluvial. 63
Tabla 24. Cálculo de pérdida de carga. 65
Tabla 25. Caudal probable como función de las unidades de accesorio. (CFIA, 2017) 70
Tabla 26. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y

módulo, N5. 71

Tabla 27. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N4. 71

Tabla 28. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N3. 71

Tabla 29. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N2. 71

Tabla 30. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N1. 72

Tabla 31. Cálculo de diámetro ramal final principal. 73

Tabla 32. Longitudes de tubería según diámetros, niveles 3, 4 y 5. 73

Tabla 33. Longitudes de tubería según diámetros, niveles 2, 1 y suma total de niveles. 74

Tabla 34. Presupuesto general de obras ligadas al sistema de aprovechamiento de agua pluvial. 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases. (FAO, 2013) 23

Ilustración 2. Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas. 34

Ilustración 3. Mapa de regiones climáticas de Costa Rica. (IMN, 2011) 35

Ilustración 4. Ubicación de los techos según módulo. 55

Ilustración 5. Gráfico de promedio de precipitación diaria. 56

Ilustración 6. Gráfico del comportamiento de llenado del tanque de captación en milímetros por metro cuadro de precipitación. **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 7. Gráfico del comportamiento de llenado del tanque de captación en metros cúbicos. **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 8. Dirección de curvas de nivel del terreno. 60

Ilustración 9. Ubicación del tanque de captación. 61

Ilustración 10. Tubería Novafort de Amanco. 64

Ilustración 11. Pérdidas de carga tramo 1. **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 12. Pérdidas de carga tramo 2. **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 13. Comparación caudal-diámetro tramo 1.**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 14. Comparación caudal-diámetro tramo 2.**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 15. Comparación velocidad-pérdida de carga tramo 1.**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 16. Comparación velocidad-pérdida de carga tramo 2.**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 17. Perspectiva 1. 84

Ilustración 18. Perspectiva 2. 85

Ilustración 19. Lote actual. 89

Ilustración 20. Lote actual. 90

Ilustración 21. Canal para posible rebalse. 91

Ilustración 22. Descarga de canal en río Reventazón. 92

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El aprovechamiento de aguas pluviales se ha hecho desde hace miles de años; el ser humano ha buscado siempre el agua superficial como primera opción para suplir su necesidad de agua.

En el momento en que las diferentes culturas crecieron demográficamente, comenzó el desarrollo de los diferentes sistemas de almacenamiento y distribución de aguas pluviales. Por lo tanto, el aprovechamiento de estas aguas ha sido desde siempre, pero el desarrollo de tecnologías inició recientemente, sobre todo en regiones del planeta donde la escasez del líquido vital, en las últimas décadas, ha hecho que la investigación e implementación sean cada vez más necesarias.

Es importante hacer referencia al aprovechamiento de las aguas pluviales y la implementación de tecnología y sistemas para lograr este cometido. Recientemente la Organización de Naciones Unidas [ONU] empezó a implementar el concepto de seguridad hídrica, concepto para el cual se considera la siguiente definición como la más adecuada: “es la existencia de un nivel aceptable de cantidad y calidad de agua para la salud, la subsistencia, los ecosistemas y la producción, junto a un nivel aceptable de riesgos para las personas, el medio ambiente y la economía, asociados al agua”. (Peña, 2016, menciona a Grey y Sadoff, 2007, p. 12).

Este año, la ONU publicó en su serie “Recursos Naturales e Infraestructura”: *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*, donde hace mención a la disponibilidad de recursos hídricos en la región, donde se menciona que en el contexto mundial América Latina y el Caribe, frecuentemente es citada como una zona del planeta en la cual existe abundancia de recursos hídricos. En efecto, la región con una precipitación media anual de 1.600 milímetros y una escorrentía media de 400.000 metros cúbicos por segundo concentra casi un tercio de los

recursos hídricos mundiales. Sin embargo, su población equivale al 6% y su superficie al 13% de los totales mundiales. Ello significa que mientras su disponibilidad media de agua por habitante alcanza aproximadamente a 22.000 metros cúbicos por habitante por año, a nivel mundial dicho valor es de sólo un poco más de 6.000. Estos valores resultan aún más notables si se compara con continentes como Asia, el cual con una precipitación media anual de 650 milímetros dispone de una dotación por habitante de menos de 3.000 metros cúbicos por habitante por año. No obstante, lo favorable que resultan estos indicadores desde la perspectiva de la disponibilidad hídrica global, la geografía de la región la condiciona fuertemente: UNESCO (2010) indica que:

> La región presenta una gran heterogeneidad en la distribución espacial de los recursos hídricos, de modo que simultáneamente contiene el desierto más árido del mundo, con sectores de precipitaciones prácticamente inexistentes, y áreas con un régimen híper hídrico. Así, un 36% de su superficie corresponde a zonas áridas, muchas de las cuales presentan una situación de escasez hídrica para atender demandas socioeconómicas Por otra parte, un 53% de la escorrentía regional se concentra en un solo río, el río Amazonas
>
> Además, muchas áreas con gran actividad económica e importantes centros urbanos se localizan en zonas con baja disponibilidad hídrica. Ese es el caso de países tales como: México, República Dominicana, Chile y el Perú. Por ejemplo, las cuencas del Valle de México, Atlántico Sur y Río de la Plata, con 40% de la población concentran un 10% de los recursos disponibles, y en el caso del Perú, el 65% de la población se localiza en las zonas que disponen de un 2% del agua a nivel nacional.
>
> Una limitación adicional, en especial de las zonas áridas y semiáridas, es la calidad química natural de las aguas, las que presentan frecuentemente un importante contenido de sales, y de algunos elementos tales como arsénico y boro, asociados a la actividad volcánica y a la presencia de evaporitas, y que restringen su disponibilidad para ciertos usos. Es así como el arsénico ha sido detectado en fuentes naturales de zonas áridas de México, América Central, el Perú, Chile y Argentina, entre otros países. (p.16)

El último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y publicaciones recientes, vislumbra un escenario futuro preocupante para Centroamérica: sequías, mayores magnitudes de cambio promedio en el clima, ondas de calor sin antecedentes históricos. Además, el IPCC advierte que existe una alta probabilidad de que el fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), intensifique los cambios bruscos en las precipitaciones. También se reporta un

aumento de aproximadamente 1ºC observado en la temperatura e importantes variaciones en el comportamiento de la precipitación, que podrían tener severos efectos en zonas que siempre han sido vulnerables. También se ha determinado un aumento en la intensidad de los huracanes en la cuenca del Caribe, no así en su frecuencia. Otras advertencias se refieren a los posibles efectos de las lluvias extremas, como inundaciones y deslizamientos de tierra en zonas urbanas y rurales, disminución en la cantidad y calidad de los alimentos.

La esperanza de que se puedan disminuir los efectos hasta ahora descubiertos surge a partir del Acuerdo de París, de 2015, que establece como meta mantener en este siglo el aumento de la temperatura media global por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales (1850-1900), y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1,5°C. Aunque esa es la meta formal, la agregación de los compromisos nacionales concretos de reducción de emisiones que se presentaron en París solo alcanza para llevar ese aumento a 3°C. Esto significa que el acuerdo fue solo el primer paso, pero falta un compromiso más amplio de los países. (*El Estado de la Nación*, 2016)

En Costa Rica, el *Estado de La Nación* (2014) menciona cómo se ve afectado el país por los diferentes fenómenos climatológicos, y se ha entablado una discusión sobre la disponibilidad del recurso hídrico debido a alteraciones en los suelos y cambios climáticos. Según datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), en el 2014 Costa Rica sufrió una sequía casi todo el año por la influencia del fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Solamente el mes de octubre mantuvo niveles de precipitación acostumbrados. En los sistemas de abastecimiento, la sequía provocó un descenso mayor al 17% en lo esperado por Acueductos y Alcantarillados (AyA), y por ejemplo, en el mes de marzo superó el 45% de los servicios de la GAM. Según lo confirma la misma institución, la afectación se dio prácticamente en todas las zonas del país, en especial las de Orosi y la Planta Tres Ríos, que disminuyeron aproximadamente trescientos litros por segundo. De los veintinueve sistemas, veintitrés operaron a un 75% de su capacidad y seis a un 50%, lo que obligó a realizar cierres diurnos y nocturnos por baja presión. Por ejemplo, en Heredia la

situación fue similar; desde febrero los racionamientos alcanzaron al 25% de la población, sobre todo a la ubicada en las zonas altas: San Rafael, San Isidro y Barva. Otras comunidades perjudicadas fueron Oreamuno y Paraíso de Cartago, Alajuela centro, Atenas y algunos sectores de Grecia. Los datos suman una afectación de casi 700.000 personas en la GAM por racionamientos o desabastecimiento. El Pacífico Norte fue la primera región en sentir los efectos de la estación seca, que se prolongó casi por todo el año. Por el contrario, en la vertiente del Caribe las lluvias se incrementaron en un 21%. (*Estado de la Nación*, 2014).

Propiamente la zona de Turrialba, donde se sitúa el nuevo hospital, es una zona de abundante recurso hídrico, a pesar de esto los sistemas de distribución de agua potable son ineficientes, lo que ha provocado cortes recurrentes en los últimos años en la zona, lo que hace importante su mejor aprovechamiento, así como no escatimar en posibles soluciones alternas a la red de agua potable para abastecer necesidades hídricas puntuales en esta zona, así como en el resto del país.

Planteamiento del problema

Debido a la preocupación mundial ante la escasez del agua potable, se hace necesario buscar nuevas formas para satisfacer las diferentes necesidades del recurso hídrico. Además, es necesario seguir creando una cultura de aprovechamiento de los recursos naturales, por lo que se debe crear una conciencia colectiva sobre la necesidad de implementación de sistemas de abastecimiento sostenible y amigable con el ambiente a largo plazo, y que a su vez sea rentable.

El presente proyecto de graduación busca proporcionar una alternativa viable para el nuevo Hospital de Turrialba, donde se busca aprovechar el agua pluvial que recolecta la infraestructura, por medio de un sistema de recolección, almacenamiento y distribución.

Hipótesis

Se pretende que al realizar el análisis histórico del comportamiento de la precipitación en la zona, se genere una oferta de lluvia necesaria para solventar la demanda de los inodoros y mingitorios que requiere el hospital, y que el aprovechamiento de esta agua signifique un ahorro sostenido a lo largo de los años, lo cual haga rentable a corto plazo su inversión inicial.

Objetivo general

Proponer un sistema hidráulico para el aprovechamiento del agua pluvial recolectada mediante la infraestructura del nuevo Hospital de Turrialba para ser utilizada en inodoros y mingitorios, el cual sea rentable.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio hidrológico de la zona para determinar el caudal de la oferta pluvial.
- Calcular la demanda de agua requerida por lo inodoros y mingitorios.
- Realizar la comparación oferta-demanda de la precipitación.
- Calcular las dimensiones requeridas y ubicar estratégicamente el tanque de captación del agua pluvial.
- Determinar los diámetros y la ruta de las tuberías de recolección de agua pluvial.
- Determinar los diámetros y la ruta las tuberías de distribución de agua pluvial a aprovechar.
- Realizar un estudio general costo/beneficio.

Justificación

Es necesario crear una consciencia y una cultura de aprovechamiento de los

recursos naturales, los cuales sean sostenibles y que generen el menor impacto al ambiente. El sistema de aprovechamiento de aguas pluviales viene a sumar una alternativa al uso de los recursos naturales y de sostenibilidad en el tiempo.

Conviene que la pauta sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos la asuma el Gobierno por medio de la infraestructura pública, en este nuevo hospital. Se puede generar una conciencia en la población y así, progresivamente, se pueden implementar en otros sectores de la sociedad.

También se deben mencionar los beneficios directos e indirectos que generan un sistema como este:

- Se puede reducir el consumo de agua potable hasta en un 40% en zonas con precipitaciones anuales superiores a 600 mm. En la zona de Turrialba la precipitación anual media oscila entre 2000 y 2500 mm.
- El ahorro económico será notable y mayor según las zonas donde se pueda aprovechar el agua de lluvia.

Alcances

Se hará un estudio hidrológico de la zona, determinando de la manera más precisa posible, el comportamiento de las precipitaciones.

Se hará diseño de rutas de tuberías para el almacenamiento y posterior distribución del agua pluvial, así como los diámetros de tuberías; además, el volumen estimado de almacenamiento, así como la ubicación estratégica del tanque según posibilidades de espacio y topografía.

Se hará un presupuesto general del costo en la implementación y de ahorro en consumo de agua, con datos del mercado actual, para realizar un análisis costo/beneficio y así determinar su viabilidad.

Limitaciones

No se detallará el diseño estructural del tanque, tampoco los componentes mecánicos del sistema de bombeo, ni las conexiones específicas a los accesorios hidráulicos (inodoros, mingitorios).

Impacto

Se genera una menor dependencia de la red pública de agua potable, haciendo al hospital más eficiente en este sentido, teniendo reservas de agua ante posibles racionamientos de agua en la región, para uso de servicios sanitarios y mingitorios.

Favorecerá la divulgación de una nueva cultura del agua, donde los usuarios podrán darse cuenta de cómo se está aprovechando el agua de lluvia en la infraestructura, y genera una mayor conciencia sobre cómo este recurso debe ser cuidado.

Se utiliza potencialmente un recurso natural de la zona y mejora el control del ciclo hídrico, haciéndolo más ágil y de un aprovechamiento más directo y sostenible.

A mediano plazo se hará un ahorro en la factura por concepto de servicio de agua potable, con el que se le podrá hacer frente al mantenimiento y mejoramiento de la red de distribución.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Marco teórico-conceptual

Precipitación

Primeramente debe hablarse sobre la materia prima que necesita el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales: la precipitación es uno de los factores que se debe analizar para definir si es o no factible realizar obras de captación. Para un planificador en captación de agua de lluvia, la tarea más difícil es seleccionar el diseño apropiado de acuerdo con la lluvia. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años.

Toda el agua disponible en el planeta es parte de un ciclo hidrológico, todo el desarrollo en conocimiento y tecnología debe orientarse al aprovechamiento de este recurso en fases de su ciclo, en este caso es en la precipitación.

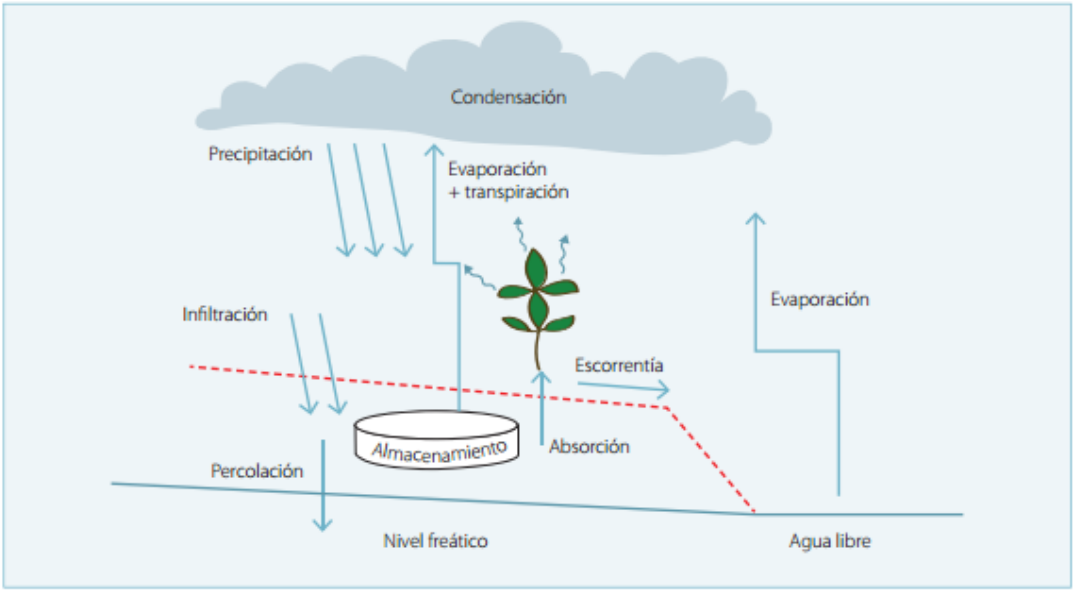


Ilustración 1. Ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases. (FAO, 2013)

Media truncada

Es una media estadística que elimina el un porcentaje de los valores extremos inferiores y superiores (redondeados al entero par más cercano) y luego promedia los valores restantes.

Esto hace que los valores extremos no afecten el promedio diario que se busca, dando un valor no representativo.

Método racional

Para la determinación de los caudales de diseño de los sistemas de desagüe de aguas pluviales en las edificaciones, se recomienda el uso del método racional:

$$\boldsymbol{Q = \frac{C\ x\ i\ x\ A}{3600}} \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

En donde,

Q = caudal de diseño de la tubería, bajante o canal de desagüe (l/s)

i = intensidad de la lluvia (mm/hora)

A = área de drenaje tributaria (m²)

C = coeficiente de escorrentía superficial (adimensional)

El código para determinar los parámetros anteriores recomienda los valores dados a continuación:

- Coeficiente de escorrentía es el parámetro para determinar el flujo libre y la fricción de la lluvia sobre diferentes superficies, en este caso es sobre láminas metálicas de techo.
- La intensidad de la lluvia es la cantidad de lluvia precipitada en un tiempo determinado, generalmente se mide en mm/hr.
- Período de retorno del aguacero de diseño se calcula con respecto a los daños, perjuicios o molestias que inundaciones periódicas pueden ocasionar a los ocupantes de la edificación,

normalmente se recomienda usar un período de retorno de cinco años.

- Tiempo de concentración para efectos prácticos por ser un área menor a una hectárea se recomienda usar cinco minutos. (CFIA, 2017).

Fórmula de Manning

Esta ecuación se usará para determinar el diámetro de las tuberías pluviales que llevarán el agua de la precipitación hacia el tanque de captación.

En 1889, el ingeniero irlandés Robert Manning presentó una ecuación, la cual se modificó más adelante hasta llegar a su forma actual.

$$\boldsymbol{Q = \frac{1000}{n}\, Am\, Rh^{\frac{2}{3}}\, S^{\frac{1}{2}}} \qquad \textbf{Ecuación 2}$$

Donde dicha ecuación se complementa con la siguiente ecuación para sistemas donde la descarga alcanza ¾ partes del diámetro del tubo tal y como recomienda el Código de Instalaciones Hidráulicas de Costa Rica:

$$\boldsymbol{Am = \frac{d^2}{2}\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{8}\right)} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

$$\boldsymbol{Rh = \frac{d}{4}\left(1 + \frac{3\sqrt{3}}{8\pi}\right)} \qquad \textbf{Ecuación 4}$$

Tabla 1. Coeficiente de Manning (n). (CFIA, 2017)

Material	Mínimo	Medio	Máximo
PVC	0,009	0,010	0.012
Concreto	0,011	0,013	0,014

Unidades accesorio

El caudal de diseño de las tuberías de distribución se calculará de acuerdo con el método de Hunter. Este método, basado en el cálculo de probabilidades de uso simultáneo y en observaciones empíricas, otorga pesos para cada tipo de aparato sanitario de funcionamiento intermitente. Dichos pesos consideran, para tal accesorio, el caudal requerido, su duración y su frecuencia usual de operación. Esto se cuantifica con las denominadas unidades de accesorio de abastecimiento de agua (u.a). Tales unidades se han seleccionado de manera que el caudal total de un sistema o subsistema con diferentes clases de accesorios y sus condiciones de servicio, pueda ser aproximado como múltiplo de ese factor. (CFIA, 2017).

Ecuación de Hazen-Willians

Ecuación explicita para velocidad y caudal, y es de muy fácil utilización.

$$\boldsymbol{Q = 0,2785\, C * D^{2,63} * J^{0,54}} \qquad \textbf{Ecuación 5}$$

Donde,

Q es caudal (m^3/s)

C es el coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams

D es el diámetro interno de la tubería

J es la pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía

$$J = \frac{h_f}{L}$$

L es la longitud de la tubería

Consideraciones:

- Velocidad máxima: comúnmente 5 m/s o lo que indique el fabricante de la tubería
- Velocidad mínima: 0,6 m/s
- Pendiente mínima: 0,04% si el aire se desplaza en la misma dirección del

agua. 0,1% si el aire se desplaza en dirección contraria al agua.

- Diámetro mínimo: lo que indique el diseño hidráulico.

(CFIA, 2017).

Captación

Se considerarán superficies de captación aquellas en que, salvo operaciones de mantenimiento, no sean transitables. Desde un punto de vista cuantitativo se pueden usar todas las superficies de recogida disponibles y que sean adecuadas cualitativamente. El diseño de las pendientes de las cubiertas, los sistemas de drenaje, así como los sumideros, se deberá realizar de acuerdo con el código técnico de la edificación vigente.

Las superficies de captación pueden ser diversas y hay que considerar el efecto que a nivel cuantitativo y cualitativo producen en el agua recogida. A nivel cualitativo hay que tener en cuenta las limitaciones de los tejados verdes (aportación de nutrientes), los tejados asfálticos (aportación de hidrocarburos) o los tejados metálicos (aportación de iones metálicos), así como las limitaciones según las normativas específicas de los tejados de fibrocemento o amiantos (García, 2011). En el caso el techo del hospital será de láminas de zinc.

Conducciones

Las conducciones deben ser de materiales que no se alteren fácilmente y que no alteren la calidad del agua transportada, las conducciones verticales pueden ser internas o externas, de ser internas se debe considerar un acceso para mantenimiento en puntos estratégicos según normas mecánicas vigentes. (García, 2011).

Filtración

Antes de ingresar al cuerpo receptor, las aguas de lluvia deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje que pueden

causar averías de funcionamiento del sistema y/o empeorar la calidad del agua almacenada. Los filtros que sirven para el agua de lluvia procedente de tejados y terrazas no pueden limpiar correctamente las aguas contaminadas de carreteras y estacionamientos. (García, 2011).

Almacenamiento

Para el tanque de captación se debe considerar lo siguiente:

- El agua debe almacenarse en el tanque previamente filtrado y limpio de toda suciedad. El tanque debe ser exclusivamente para el agua de lluvia y el material del tanque no debe alterar la calidad del agua.
- Se debe proteger al máximo de la luz y el calor. Se recomienda la instalación de tanques enterrados, que ofrecen la mejor conservación del agua (protección el calor y la luz). Debe tenerse en cuenta si la zona es transitable y considerar las instrucciones correspondientes del fabricante, así como para criterios de instalación y seguridad. En caso de tanques de superficie, debe ser siempre opaca y protegerla al máximo del calor.
- Es muy importante prever un registro de entrada al tanque para cualquier tipo de inspección, limpieza o mantenimiento, así como asegurar el acceso a niños o animales.
- Debe ser posible desmontar o desarmar todos los componentes instalados dentro del tanque en caso de averías.
- El tanque debe protegerse del ingreso de insectos o roedores.

(García, 2011).

Marco situacional

La presente propuesta se da dentro del cantón de Turrialba, número 5 de la provincia de Cartago. Es uno de los cantones más extensos del país, con un área

aproximada de 1.657 kilómetros cuadrados, lo que equivale a alrededor del 52% de la superficie total de la provincia de Cartago. La ciudad de Turrialba es la cabecera cantonal; está a una altitud de 646 m.s.n.m., en el valle que conforma el río del mismo nombre, y se encuentra a 64 kilómetros de San José.

Turrialba posee un clima tropical donde recibe precipitaciones todo el año, aún el mes más seco tiene mucha lluvia, la precipitación anual de Turrialba oscila entre 2500 y 2800 mm. El mes más seco es marzo, con 93 mm., y junio el mes más lluvioso, con 315 mm como media. La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 222 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en 2,0°C.

Tal como se aprecia, la zona nos permite pensar en precipitaciones prácticamente todo del año, por lo que es muy productivo y factible llevar a cabo el sistema de reutilización desde el punto de vista de precipitaciones.

Además, se debe considerar que la región meteorológica del cantón de Turrialba es particular, ya que se encuentra con la influencia de la llamada zona central, que es a la que pertenece para efectos prácticos, pero colinda con la Vertiente Atlántica, por lo que se ve caracterizada por las particularidades de las dos regiones. (IMN, 2010).

Además, se ubica en el contexto de la infraestructura hospitalaria, con la cual se debe tener el cuidado de no irrespetar parámetros especiales para este tipo de inmuebles, ya que por su nivel de importancia maneja estándares diferentes todos los demás proyectos en el área de la construcción.

Este proyecto de graduación se da en medio de una concientización mundial sobre el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, donde se pretende, desde las escuelas, ir creando una cultura de desarrollo sostenible, buscando ser más amigables con explotación actual de los recursos. Se ha intentado generar en la ciudadanía una conciencia de sostenibilidad, de responsabilidad con el medio ambiente, abriendo el camino a un nuevo pensamiento, inversiones en sistemas y equipos que proporcionan un aprovechamiento de los recursos y sabiendo que habrá

una retribución en cuanto la huella ambiental, moral, social, y a mediano y largo plazo, económica.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Recopilación de información hidrológica

En este caso, al investigar se logró determinar que en la zona existen dos estaciones meteorológicas, la primera administrada por el Instituto Meteorológico Nacional, la cual tiene el nombre de “Sitio Mata”, con el número 73.103, de la cual se solicitó un histórico mensual de los últimos diez años. La segunda estación en el lugar es la administrada por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), instituto internacional de investigación y educación superior a nivel de postgrados. Está ubicado en el distrito de La Suiza, cantón de Turrialba, Costa Rica y fue fundado en 1942. La estación se encuentra a una altitud de 602 msnm, en las coordenadas 9º 53' Latitud Norte y 83º 38' Longitud Oeste; el número de identificación es el 073010, según el registro de estaciones meteorológicas de Costa Rica. La estación tiene registros históricos continuos de las principales variables meteorológicas pues datan desde el año 1942. Esta última tiene datos más específicos y detallados, por lo que se decidió utilizar y tomar la estación del IMN como comparación.

Se decidió tomar como referencia los últimos 6.209 días (17 años) registrados por la estación. Para hacer representativa el gran volumen de información, se decidió aplicar varios conceptos iniciales:

- Media truncada: es una media que elimina un porcentaje de los valores extremos inferiores y superiores (redondeados al entero más cercano) y luego promedia los valores restantes.
  Esto hace que los valores extremos no afecten el promedio diario que se busca, dando un valor no representativo.
- Media de los últimos 17 años: se determinó cuál es la media diaria de los 6.209 datos.

Aplicando estos términos se determinó que un 25% de los datos se salían del

rango de la media de los últimos 17 años, por lo que fue el porcentaje que se aplicó en la media truncada y así saber un comportamiento representativo diario de la precipitación de la zona y conocer la oferta de agua pluvial con la que se cuenta para nuestro sistema de aprovechamiento de estas aguas.

Determinación del caudal pluvial

Se calcula el caudal que se estima será recaudado por los techos del hospital considerando la información del ítem anterior, para esto se usa el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones de Costa Rica en su capítulo 8, en la sección 8.3, "*Normas para el cálculo de las tuberías de desagüe pluvial*"

Para la determinación de los caudales de diseño de los sistemas de desagüe de aguas pluviales en las edificaciones, se recomienda el uso del método racional:

$$Q = \frac{C\ x\ i\ x\ A}{3600}$$

(1)

En donde,

Q = caudal de diseño de la tubería, bajante o canal de desagüe (l/s)

i = intensidad de la lluvia (mm/hora)

A = área de drenaje tributaria (m²)

C = coeficiente de escorrentía superficial (adimensional)

Los anteriores valores se determinaron de la siguiente manera:

Coeficiente de escorrentía

Para techos en edificios C = 0.80-0.90. (CFIA, 2017)

La intensidad de la lluvia

Tal y como menciona el Código de Instalaciones Hidráulicas de Costa Rica (CIHCR), “la intensidad de la lluvia es función de la frecuencia o período de retorno de la tormenta o aguacero de diseño y de su duración. En el caso crítico, la duración de la lluvia se toma igual al tiempo de concentración del área tributaria. La intensidad de la precipitación se estimará a partir de la curva de la intensidad-duración-frecuencia (curva IDF) correspondiente a la estación meteorológica que el profesional responsable del diseño del sistema de desagüe pluvial, a través del estudio hidrológico correspondiente, considere como representativa para el área del proyecto. En caso de que las curvas IDF de la estación no estén disponibles, se podrán utilizar los valores que se indican en las tablas 9.3 y 9.4.” (CFIA, 2017).

Al investigar sobre la curva de intensidad-duración-frecuencia (curva IDF), se determinó que la información no está recopilada aún por el IMN, así se describe en la publicación “*Curvas de intensidad duración frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas*” en el 2011, valga recalcar que desde ese año el IMN no publica otro artículo con información similar. En dicha publicación se detalla: “…solamente se utilizaron registros de estaciones que contaran con un período de medición igual o mayor a diez años. Solamente 27 estaciones automáticas pertenecientes al Instituto Meteorológico Nacional cuentan con registros de precipitación de al menos diez años.” (IMN, 2011).

En la siguiente figura se detalla cuáles estaciones cuentan con los datos necesarios para la elaboración de la intensidad-duración-frecuencia (curva IDF):

Estación	Nombre	Años de registro
69-633	Comando Los Chiles	17
69-661	Ciudad Quesada	13
69-679	Upala	14
69-681	La Rebusca	14
71-15	Canta Gallo	16
72-157	Finca La Ceiba	12
73-123	ITCR, Cartago	14
73-129	Recope Ochomogo	13
74-51	Aeropuerto Liberia	13
74-53	Santa Cruz	16
76-55	Hacienda Mojica	12
81-05	Aeropuerto Limón	14
84-139	CIGEFI	12
84-141	IMN-Aranjuez	16
84-145	Esc. Centroamericana Ganadería	16
84-191	RECOPE La Garita	13
84-195	Aeropuerto Pavas (Oeste)	16
85-21	Hitoy Cerere	13
87-13	Sixaola	15
88-35	Frailes	15
88-41	La Lucha	11
98-75	Las Brisas, San Vito	14
98-87	PINDECO	16
98-91	Chirripó	12
98-95	Altamira	12
100-03	Golfito	13
100-631	Coto 47	13

Ilustración 2. Estaciones meteorológicas automáticas seleccionadas.

Como se puede observar, no está la estación meteorológica denominada “Sitio Mata”, con el número 73.103, la cual es la que se encuentra más cercana a nuestro lugar en estudio; por lo que el CIHCR recomienda que, al no existir este tipo de registros, se utilicen las tablas 9.3 y 9.4 de dicho código, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 2. Intensidades de lluvia (mm/hr) para un período de retorno de diez años.

Región Climática	5 minutos	10 minutos	15 minutos	30 minutos
Caribe	240	185	175	140
Norte	200	175	160	130
Valle central	265	210	180	140
Pacifico Norte	285	200	180	135
Pacifico Central	275	220	200	150
Pacifico Sur	285	225	190	145

Con estos datos es necesario determinar cuál es la zona climática del cantón de Turrialba, lo cual de detalla en la siguiente imagen:

Ilustración 3. Mapa de regiones climáticas de Costa Rica. (IMN, 2011)

Con base en lo anterior se determina el Caribe como la zona climatológica del cantón de Turrialba, y con la asesoría de ingenieros mecánicos de la Dirección de

Arquitectura e Ingeniería (DAI) de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), bajo criterio profesional, se determina una duración de 30 minutos, por lo que el valor de la intensidad según la tabla 9.3 del CIHCR es 140 (mm/hr).

Diseño de diámetros y rutas de tuberías hacia el tanque de captación

Rutas

Para este diseño se deberán analizar los planos arquitectónicos del anteproyecto, así como las curvas de nivel del lote sobre donde está la edificación, se busca que las rutas de las tuberías sean lo más directas posibles hacia el tanque y enterradas en sus tramos horizontales para evitar la exposición al calor; además, se buscará que las tuberías viajen lo menos posible dentro de la estructura, entiéndase sobre todo en sus tramos horizontales, buscando que salga de la edificación y no que viaje bajo el contrapiso o cimientos, esto para tener un mejor acceso a ellas en caso de un avería y accesarlas fácilmente.

Asimismo, el tanque de captación se debe ubicar estratégicamente para que su exposición al calor sea mínima o nula. Se deberá analizar el sistema de bombeo para distribuir el agua de lluvia ya filtrada en los sectores que así se requieran. Las rutas de las tuberías de agua de tubería hacia la edificación, deberán ser completamente independientes de las tuberías de la red de agua potable para que funcionen correctamente.

Diámetros tuberías pluviales

Se utilizará la ecuación de Manning (ecuación 1), donde se tendrá variables como el caudal en cada tubería, pendiente, área mojada y radio hidráulico, de donde se despejará el diámetro (d).

Determinación del volumen y dimensiones del tanque de captación.

El Código de Instalaciones Hidráulicas de Costa Rica, en su artículo 9.4-5,

determina cuál es el procedimiento que se debe seguir en nuestro país para el dimensionamiento del tanque de captación de agua de lluvia. Su volumen se escogerá para que sea capaz de almacenar como mínimo la escorrentía producto de la precipitación para un evento con un período de retorno de diez años y una duración de treinta minutos. El volumen se estimará mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{Vt = 1200Q(10,30)} \qquad \textbf{Ecuación 1.}$$

Donde:

Vt: volumen del tanque de captación en metros cúbicos.

Q (10,30): caudal máximo para un aguacero con un período de retorno de diez años y una duración de treinta minutos en metros cúbicos entre segundo.

Determinación de pérdidas de carga en las tuberías pluviales.

Para este análisis se aplicará el teorema de Bernoulli y la conservación de la energía:

$$\boldsymbol{h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{pg} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_1}{pg} + perdidas\ (1,2)} \qquad \textbf{Ecuación 2.}$$

Determinación de la demanda aproximada de agua potable para inodoros y mingitorios.

Ante la escasa información necesaria para determinar la frecuencia de uso durante un período determinado de tiempo en estos accesorios hidráulicos y específicamente hospitales, se determinó aplicar dos métodos y compararlos entre ellos:

- Primeramente, se realizó un conteo manual en una batería de baños en urgencias del Hospital San Vicente de Paul en Heredia, esto durante una de las horas más ocupadas del hospital como lo es la hora de la visita, y durante una hora se

hizo el conteo de descargas de inodoros y así aproximar un valor de consumo por día.

- El segundo es hacer un conteo uno a uno de todos los accesorios hidráulicos presentes en el diseño del hospital, teniendo la totalidad, otorgarles sus respectivos valores de unidades accesorio según la tabla 6.1 del CIHCR:

Tabla 3. Unidades accesorio según piezas sanitarias.

Accesorios	Unidades Accesorio (Fluxómetro) T 6.1 CIHCR
Inodoros	10
Lavatorios	2
Duchas	4
Fregaderos	8
Fuentes	1
Mingitorios	6
Piletas	4
Llaves de riego	2

Sabiendo el total de piezas sanitarias en el hospital y la suma de sus valores en unidades accesorios, se realizó una equivalencia porcentual tomando en cuenta la dotación total mínima que requieren los hospitales según el CHICR, que es de 1.250 litros/cama/día.

Evaluación oferta-demanda de la precipitación.

Según el análisis de la oferta de precipitación diaria, se compara con la demanda que tendrán los inodoros y mingitorios, para determinar si la oferta abastece la demanda, o si lo hace parcialmente y en qué épocas del año.

Diámetros de tubería de agua pluvial aprovechada.

Para esto se utilizará la ecuación de Hazen-Williams, la ecuación 4.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de la precipitación en la zona

Con base en los datos obtenidos por medio de la estación meteorológica automática ubicada en el CATIE, se obtuvo la precipitación diaria de los últimos 17 años, del 1999 al 2016. Para obtener un comportamiento claro de la precipitación diaria de la zona, primero se promediaron los 6.209 días, donde se notó que había datos extremos aislados que alteraban el resultado. Para evitar esto se calculó la media total de todos los días de la precipitación, la cual resultó ser de 7,9 mm; seguidamente se determinó el porcentaje de días superiores a la media, representando un 26% de los días estudiados, por lo que se determinó implementar un método estadístico conocido como la media truncada (ver marco teórico) y así evitar que los datos extremos aislados distorsionen la validez de nuestros resultados.

Por ende, se aplicó la media truncada a un 25% a los datos de los últimos 17 años, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 4. Media truncada últimos 17 años, mes de enero.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Ene	1	1	3.63
Ene	2	2	9.53
Ene	3	3	9.21
Ene	4	4	5.20
Ene	5	5	5.63
Ene	6	6	6.32
Ene	7	7	8.17
Ene	8	8	6.65
Ene	9	9	7.75
Ene	10	10	6.59
Ene	11	11	5.37
Ene	12	12	4.64
Ene	13	13	7.19
Ene	14	14	9.83
Ene	15	15	22.53
Ene	16	16	8.16
Ene	17	17	3.74
Ene	18	18	3.22
Ene	19	19	3.82
Ene	20	20	2.51
Ene	21	21	2.73
Ene	22	22	1.74
Ene	23	23	1.95
Ene	24	24	2.72
Ene	25	25	5.53
Ene	26	26	9.41
Ene	27	27	5.69
Ene	28	28	6.40
Ene	29	29	2.33
Ene	30	30	0.55
Ene	31	31	1.11

Tabla 5. Media truncada últimos 17 años, mes de febrero.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Feb	1	32	1.55
Feb	2	33	0.43
Feb	3	34	1.75
Feb	4	35	3.43
Feb	5	36	2.35
Feb	6	37	5.19
Feb	7	38	1.91
Feb	8	39	3.25
Feb	9	40	2.07
Feb	10	41	6.44
Feb	11	42	7.59
Feb	12	43	5.77
Feb	13	44	6.21
Feb	14	45	4.59
Feb	15	46	2.75
Feb	16	47	1.31
Feb	17	48	2.51
Feb	18	49	9.19
Feb	19	50	5.53
Feb	20	51	2.23
Feb	21	52	0.76
Feb	22	53	1.51
Feb	23	54	1.70
Feb	24	55	2.17
Feb	25	56	0.81
Feb	26	57	2.92
Feb	27	58	0.53
Feb	28	59	4.08
Feb	29	60	6.00

Tabla 6. Media truncada últimos 17 años, mes de marzo.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Mar	1	61	2.47
Mar	2	62	0.59
Mar	3	63	2.23
Mar	4	64	2.29
Mar	5	65	4.35
Mar	6	66	4.54
Mar	7	67	3.66
Mar	8	68	5.64
Mar	9	69	1.70
Mar	10	70	0.82
Mar	11	71	0.84
Mar	12	72	4.05
Mar	13	73	1.08
Mar	14	74	1.35
Mar	15	75	0.39
Mar	16	76	0.95
Mar	17	77	1.92
Mar	18	78	1.85
Mar	19	79	1.54
Mar	20	80	0.85
Mar	21	81	1.36
Mar	22	82	2.55
Mar	23	83	1.90
Mar	24	84	0.21
Mar	25	85	0.28
Mar	26	86	0.91
Mar	27	87	2.69
Mar	28	88	1.66
Mar	29	89	1.53
Mar	30	90	1.15
Mar	31	91	1.93

Tabla 7. Media truncada últimos 17 años, mes de abril.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Abr	1	92	0.78
Abr	2	93	5.45
Abr	3	94	0.30
Abr	4	95	0.37
Abr	5	96	1.56
Abr	6	97	0.84
Abr	7	98	0.25
Abr	8	99	4.73
Abr	9	100	6.30
Abr	10	101	5.01
Abr	11	102	3.61
Abr	12	103	1.73
Abr	13	104	1.45
Abr	14	105	1.30
Abr	15	106	3.17
Abr	16	107	5.80
Abr	17	108	3.16
Abr	18	109	4.48
Abr	19	110	3.91
Abr	20	111	2.63
Abr	21	112	2.89
Abr	22	113	0.62
Abr	23	114	2.97
Abr	24	115	0.76
Abr	25	116	1.19
Abr	26	117	1.33
Abr	27	118	0.81
Abr	28	119	1.82
Abr	29	120	3.68
Abr	30	121	6.11

Tabla 8. Media truncada últimos 17 años, mes de mayo.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Mayo	1	122	1.27
Mayo	2	123	2.55
Mayo	3	124	3.31
Mayo	4	125	3.47
Mayo	5	126	7.09
Mayo	6	127	7.82
Mayo	7	128	4.45
Mayo	8	129	8.58
Mayo	9	130	5.65
Mayo	10	131	4.36
Mayo	11	132	5.79
Mayo	12	133	8.87
Mayo	13	134	6.66
Mayo	14	135	9.67
Mayo	15	136	14.66
Mayo	16	137	7.19
Mayo	17	138	5.42
Mayo	18	139	7.40
Mayo	19	140	7.14
Mayo	20	141	7.90
Mayo	21	142	9.47
Mayo	22	143	5.31
Mayo	23	144	7.47
Mayo	24	145	10.65
Mayo	25	146	3.98
Mayo	26	147	10.01
Mayo	27	148	11.51
Mayo	28	149	2.35
Mayo	29	150	5.33
Mayo	30	151	2.94
Mayo	31	152	12.87

Tabla 9. Media truncada últimos 17 años, mes de junio.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Jun	1	153	8.52
Jun	2	154	6.74
Jun	3	155	8.19
Jun	4	156	7.05
Jun	5	157	7.69
Jun	6	158	11.64
Jun	7	159	4.17
Jun	8	160	4.21
Jun	9	161	5.28
Jun	10	162	5.13
Jun	11	163	6.60
Jun	12	164	6.41
Jun	13	165	9.75
Jun	14	166	6.91
Jun	15	167	5.97
Jun	16	168	7.06
Jun	17	169	5.52
Jun	18	170	8.99
Jun	19	171	5.75
Jun	20	172	9.69
Jun	21	173	6.87
Jun	22	174	3.11
Jun	23	175	6.97
Jun	24	176	15.62
Jun	25	177	9.32
Jun	26	178	10.04
Jun	27	179	6.07
Jun	28	180	9.27
Jun	29	181	13.74
Jun	30	182	11.49

Tabla 10. Media truncada últimos 17 años, mes de julio.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Jul	1	183	6.13
Jul	2	184	5.36
Jul	3	185	6.91
Jul	4	186	6.87
Jul	5	187	7.21
Jul	6	188	8.29
Jul	7	189	9.03
Jul	8	190	5.29
Jul	9	191	9.71
Jul	10	192	11.75
Jul	11	193	13.67
Jul	12	194	4.23
Jul	13	195	7.29
Jul	14	196	6.95
Jul	15	197	4.51
Jul	16	198	4.25
Jul	17	199	16.76
Jul	18	200	10.71
Jul	19	201	10.10
Jul	20	202	6.90
Jul	21	203	8.11
Jul	22	204	3.57
Jul	23	205	5.94
Jul	24	206	5.34
Jul	25	207	5.71
Jul	26	208	9.64
Jul	27	209	5.75
Jul	28	210	7.90
Jul	29	211	7.83
Jul	30	212	7.15
Jul	31	213	8.86

Tabla 11. Media truncada últimos 17 años, mes de agosto.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Ago	1	214	2.43
Ago	2	215	3.04
Ago	3	216	6.03
Ago	4	217	3.39
Ago	5	218	4.94
Ago	6	219	4.47
Ago	7	220	5.95
Ago	8	221	2.91
Ago	9	222	7.74
Ago	10	223	3.62
Ago	11	224	3.15
Ago	12	225	3.74
Ago	13	226	9.37
Ago	14	227	9.14
Ago	15	228	12.71
Ago	16	229	7.47
Ago	17	230	6.35
Ago	18	231	8.21
Ago	19	232	4.01
Ago	20	233	3.39
Ago	21	234	9.55
Ago	22	235	6.23
Ago	23	236	7.25
Ago	24	237	6.17
Ago	25	238	6.79
Ago	26	239	8.27
Ago	27	240	8.23
Ago	28	241	6.70
Ago	29	242	2.44
Ago	30	243	3.40
Ago	31	244	6.21

Tabla 12. Media truncada últimos 17 años, mes de setiembre.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Set	1	245	7.22
Set	2	246	5.03
Set	3	247	5.79
Set	4	248	1.85
Set	5	249	6.97
Set	6	250	5.50
Set	7	251	2.15
Set	8	252	2.97
Set	9	253	8.28
Set	10	254	5.69
Set	11	255	8.67
Set	12	256	7.49
Set	13	257	4.42
Set	14	258	2.71
Set	15	259	2.59
Set	16	260	6.27
Set	17	261	6.24
Set	18	262	6.84
Set	19	263	4.97
Set	20	264	6.86
Set	21	265	9.96
Set	22	266	3.66
Set	23	267	4.59
Set	24	268	3.73
Set	25	269	4.41
Set	26	270	3.59
Set	27	271	1.93
Set	28	272	14.20
Set	29	273	6.42
Set	30	274	12.56

Tabla 13. Media truncada últimos 17 años, mes de octubre.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Oct	1	275	3.33
Oct	2	276	13.99
Oct	3	277	6.50
Oct	4	278	2.10
Oct	5	279	3.39
Oct	6	280	8.10
Oct	7	281	5.27
Oct	8	282	6.44
Oct	9	283	3.23
Oct	10	284	2.96
Oct	11	285	5.47
Oct	12	286	7.91
Oct	13	287	3.44
Oct	14	288	5.19
Oct	15	289	6.04
Oct	16	290	7.33
Oct	17	291	5.33
Oct	18	292	8.89
Oct	19	293	8.53
Oct	20	294	5.21
Oct	21	295	6.18
Oct	22	296	3.17
Oct	23	297	5.75
Oct	24	298	6.12
Oct	25	299	2.27
Oct	26	300	4.74
Oct	27	301	2.82
Oct	28	302	2.16
Oct	29	303	2.85
Oct	30	304	5.07
Oct	31	305	5.90

Tabla 14. Media truncada últimos 17 años, mes de noviembre.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Nov	1	306	3.25
Nov	2	307	8.62
Nov	3	308	4.51
Nov	4	309	7.09
Nov	5	310	4.03
Nov	6	311	8.04
Nov	7	312	7.04
Nov	8	313	11.57
Nov	9	314	8.72
Nov	10	315	8.64
Nov	11	316	5.81
Nov	12	317	7.64
Nov	13	318	5.42
Nov	14	319	8.38
Nov	15	320	4.33
Nov	16	321	9.02
Nov	17	322	8.22
Nov	18	323	12.45
Nov	19	324	10.57
Nov	20	325	12.96
Nov	21	326	9.42
Nov	22	327	13.45
Nov	23	328	10.53
Nov	24	329	8.94
Nov	25	330	9.00
Nov	26	331	11.02
Nov	27	332	9.07
Nov	28	333	13.77
Nov	29	334	9.13
Nov	30	335	9.65

Tabla 15. Media truncada últimos 17 años, mes de diciembre.

Mes	Día del mes	Día continuo	Promedio Precipitación (mm/día)
Dic	1	336	8.91
Dic	2	337	12.55
Dic	3	338	3.78
Dic	4	339	5.11
Dic	5	340	5.50
Dic	6	341	6.44
Dic	7	342	6.05
Dic	8	343	4.77
Dic	9	344	4.11
Dic	10	345	3.81
Dic	11	346	10.45
Dic	12	347	10.50
Dic	13	348	12.71
Dic	14	349	7.09
Dic	15	350	4.22
Dic	16	351	4.66
Dic	17	352	6.61
Dic	18	353	2.73
Dic	19	354	4.25
Dic	20	355	5.42
Dic	21	356	2.96
Dic	22	357	3.45
Dic	23	358	4.36
Dic	24	359	6.63
Dic	25	360	4.81
Dic	26	361	5.06
Dic	27	362	4.55
Dic	28	363	5.77
Dic	29	364	5.31
Dic	30	365	3.68
Dic	31	366	4.47

Cálculo de consumo de los inodoros y mingitorios.

Al realizar la investigación no se encontró información útil sobre el consumo diario probable de inodoros y mingitorios en infraestructura hospitalaria, por lo que se decidió implementar dos maneras de obtener resultados lo más cercanos posibles a la realidad.

Conteo manual

El conteo manual se realiza en el Hospital de Heredia, en zona de Emergencias, durante una hora, y se procedió a contar la cantidad de descargas en los inodoros que ocurrían en esa hora, que fueron tres descargas por hora por inodoro. Este conteo empírico se realizó para compararlo con el cálculo numérico siguiente.

El conteo manual arrojó la siguiente información:

Tabla 16. Cálculo de consumo estimado diario por inodoros según conteo manual de descargas.

Descargas (Inodoros por hora)	Descargas (Inodoros por día)	Consumo por descarga (L)	Cantidad de Inodoros	Consumo Total (Manual) (L * día)
3	72	4.8	236	81561.6

El consumo se estimó en 4,8 litros por descarga, tomado del Manual de inodoros para fluxómetro de bajo consumo. (American Standard, s.f.).

La cantidad de inodoros fue tomada del conteo de inodoros en los planos arquitectónicos del hospital.

Cálculo de consumo por unidades accesorio

Como se mencionó en el marco metodológico, se hizo un conteo y suma de cada accesorio hidráulico en la infraestructura, a saber: inodoros, lavatorio, duchas, fregaderos, fuentes para beber, mingitorios y piletas de lavado.

Posteriormente se les asignó el valor de unidades accesorio a la suma de cada uno de los accesorios hidráulicos, obteniendo una totalidad de unidades accesorio,

para posteriormente compararlo con la dotación mínima que pide el CIHCR para hospitales, así proporcionar la dotación diaria a la totalidad del valor de unidades accesorio y, con base en proporcionalidad según las unidades accesorio, la dotación probable que tendría diariamente cada accesorio hidráulico.

Para asignar una dotación a la infraestructura se hace con base en el número de camas en el hospital según el CIHCR, por lo que el conteo de camas en los planos arquitectónicos se hizo contabilizando solo las camas para pacientes que se esperan tengan procedimientos que los hagan al menos hospitalizarse todo un día. Este conteo determinó 139 camas.

Esto da la siguiente dotación:

Tabla 17. Dotación total diaria.

Descripción	Litros/Cama/Día
Dotación sin lavandería ni restaurante (T 4.1 C.I.H.CR)	1250
Camas	139
Dotación Total	173.750

Relacionando esta dotación total con los valores asignados de las unidades accesorio se tiene:

Tabla 18. Relación de dotación diaria según unidades accesorio.

Accesorios	Unidades Accesorio	Total Accesorios	Total U.A.	Porcentaje	Dotación por accesorios Litros/Día	Dotación por accesorios m³
Inodoros	10	236	2360	43.27%	75183.4	75.18
Lavatorios	2	506	1012	18.56%	32239.6	32.24
Duchas	4	102	408	7.48%	12997.8	13.00
Fregaderos	8	123	984	18.04%	31347.6	31.35
Fuentes	1	2	2	0.04%	63.7	0.06
Mingitorios	6	74	444	8.14%	14144.7	14.14
Piletas	4	45	180	3.30%	5734.3	5.73
Llaves de riego	2	32	64	1.17%	2038.9	2.04
		Total	5454	Total	173750.0	173.75

Comparando tanto el conteo manual y el hecho por unidades accesorio del consumo diario de inodoros en infraestructura hospitalaria, se aprecia que en el conteo manual resulta un consumo de 81.561,6 litros diarios y en el cálculo por unidades accesorio es de 75.183, 4 litros diarios. Para el análisis se considerará el cálculo por unidades accesorio por tener mayor fundamento teórico, mas sin embargo, se aprecia que la diferencia entre los cálculos es de menos del 10%, lo que nos da una luz sobre la confiabilidad de los resultados.

A los 75.183,4 litros diarios del consumo de los inodoros se les debe sumar los 14.144,7 litros del consumo de los mingitorios, para un consumo total de 89.328,1 litros diarios, esa es la demanda de consumo para nuestro sistema de aprovechamiento de aguas pluviales.

Comparación oferta-demanda de la precipitación

La precipitación se da en unidades de milímetros y esto es equivalente a decir que cada milímetro es igual a un litro por metro cuadrado (Araya, IMN, 2017). Ya se conoce la cantidad de litros de la demanda de los accesorios hidráulicos, sabiendo el área total de techos se podría estimar qué precipitación mínima diaria se requiere para suplir la demanda.

Área total de techos

Para intereses prácticos de la estimación del área total de techo, el diseño del hospital se distribuye en cuatro módulos: A, B, C, D, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 4. Ubicación de los techos según módulo.

El área total de techos en la infraestructura es de 20.678,045 m², por lo que si se divide la demanda total diaria de litros de los accesorios hidráulicos entre el área total de techos, se obtendría la precipitación diaria mínima para suplir dicha demanda.

Comparación

Cálculo de precipitación:

$$Precipitación\ minima\ \left(\frac{litros}{m^2}\right) = \frac{demanda\ diaria\ (litros)}{Área\ total\ (m^2)} = \frac{89\ 328.1\ litros}{20\ 678.045\ m^2} =$$

$$4.32\ \frac{litros}{m^2}\ (mm\ de\ precipitación)$$

Sabiendo la precipitación mínima es posible comparar según la media truncada de las precipitaciones diarias de los últimos 17 años que se determinó anteriormente.

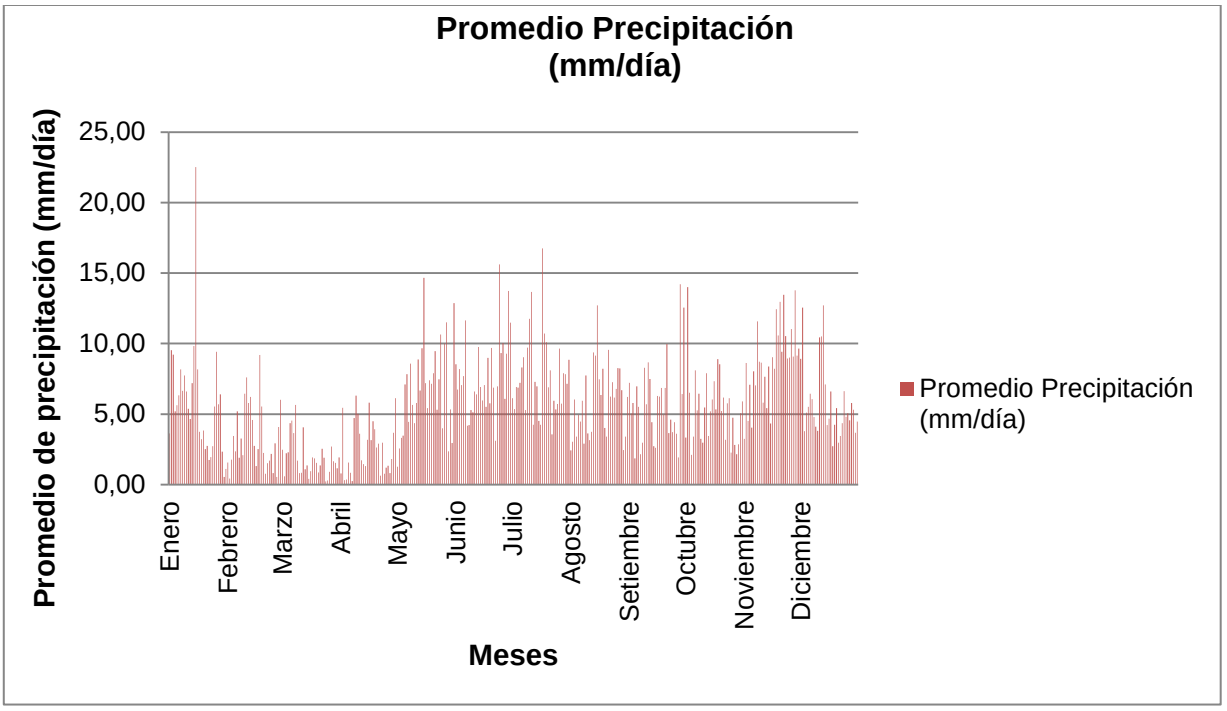


Ilustración 5. Gráfico de promedio de precipitación diaria.

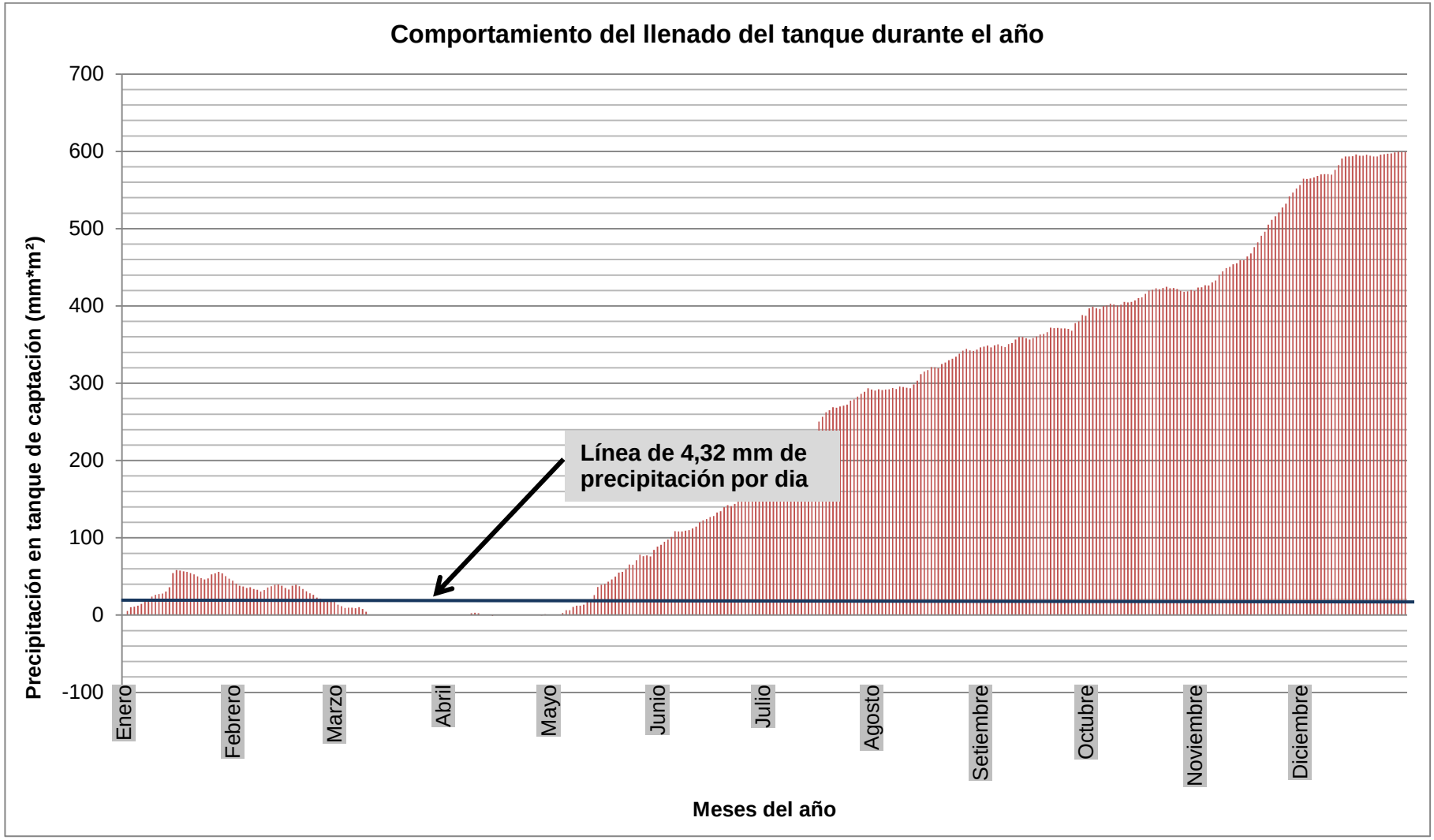


Ilustración 1. Gráfico del comportamiento de llenado del tanque de captación en milímetros por metro cuadro de precipitación.

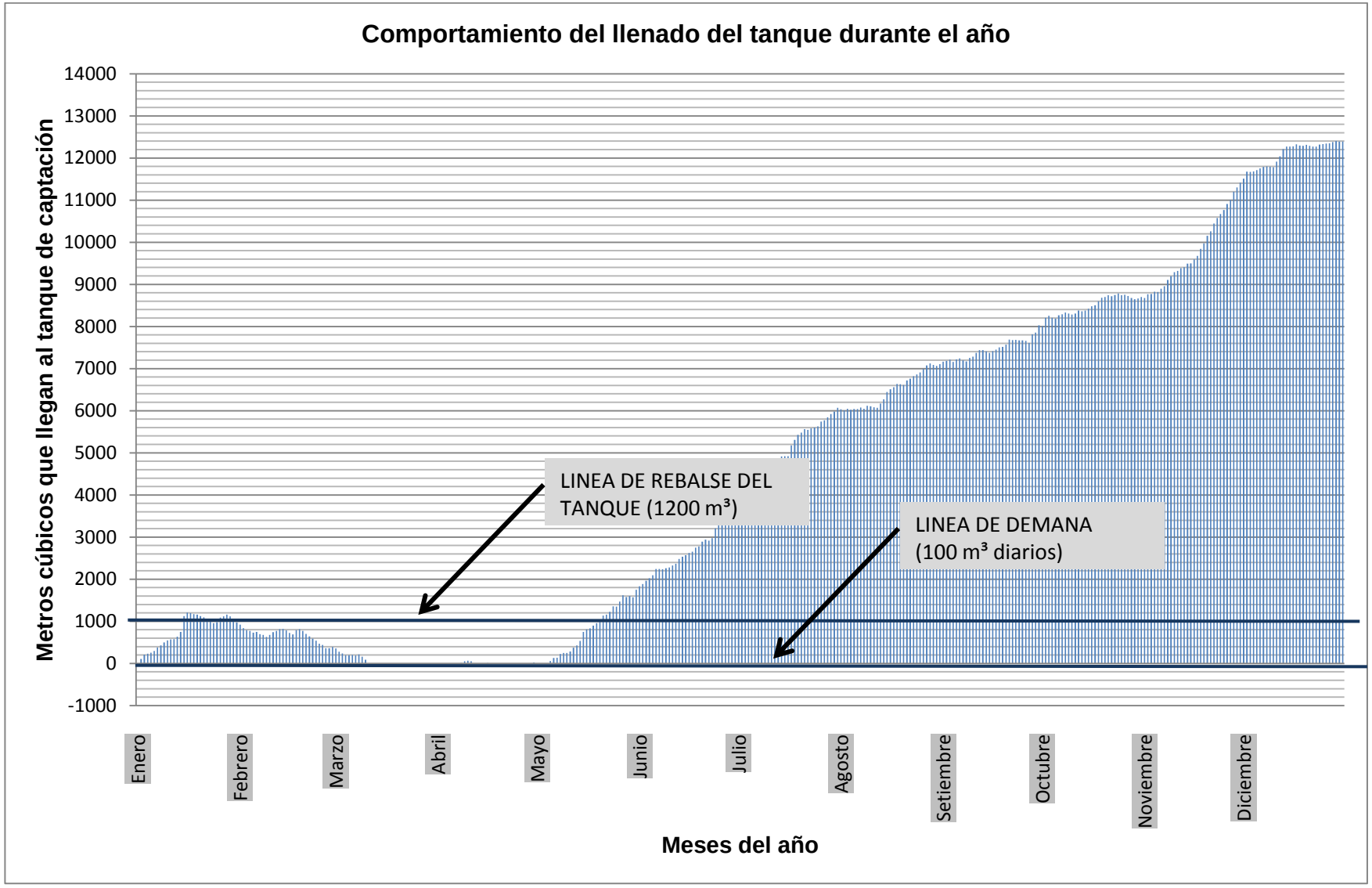


Ilustración 2. Gráfico del comportamiento de llenado del tanque de captación en metros cúbicos.

En el gráfico anterior es posible observar cómo sería el comportamiento acumulado del tanque recibiendo la precipitación diaria y restándole, a su vez, la demanda de los accesorios hidráulicos.

Como se puede observar, aproximadamente desde la mitad del mes de marzo hasta finales del mes de junio, el tanque no tendría el abastecimiento necesario para satisfacer la demanda.

Dimensionamiento y ubicación del tanque de captación pluvial

Tabla 19. Dimensionamiento tanque de captación.

Volumen de tanque	
Fórmula CIHCR 9.4-5	Vt= 1200* Q(10,30)
Q = C*i*A/3600 (L/s)	763.94
Q (m^3/s)	0.7639
VT (m^3)	916.7266617
Dimensiones propuestas	18x18x3 (m)
Volumen propuesto (m^3)	972
Volumen propuesto (L)	972000

Para la ubicación del tanque de captación se tomarán en cuenta dos parámetros, primeramente, la orientación de la pendiente del terreno con respecto a las curvas de nivel, para que dentro de lo posible, las tuberías que se dirijan hacia el tanque coincidan con la pendiente del terreno. La segunda consideración será ubicarlo en un lugar donde sea de fácil acceso, sin infraestructura de gran tamaño cerca y, por supuesto, que tenga el espacio suficiente.

En la siguiente imagen se aprecia la orientación del terreno según las curvas de nivel.

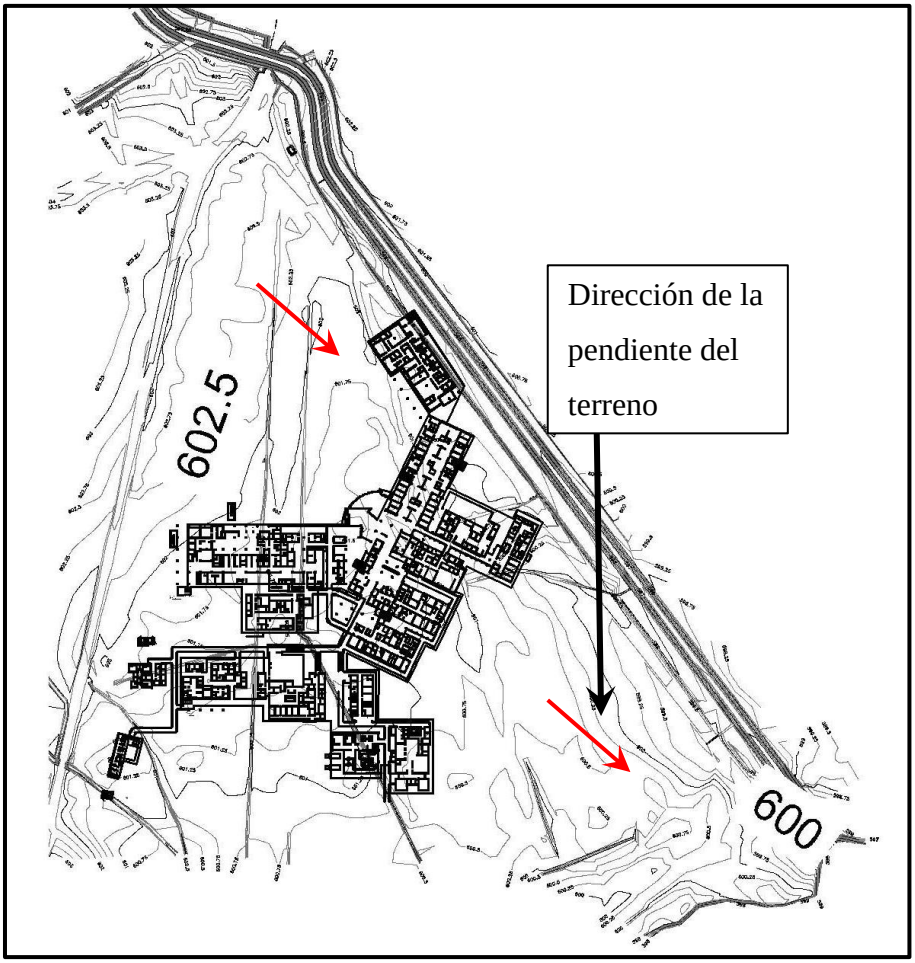


Ilustración 8. Dirección de curvas de nivel del terreno.

En la siguiente imagen se visualiza la ubicación que se decidió era la mejor posición del tanque de captación.

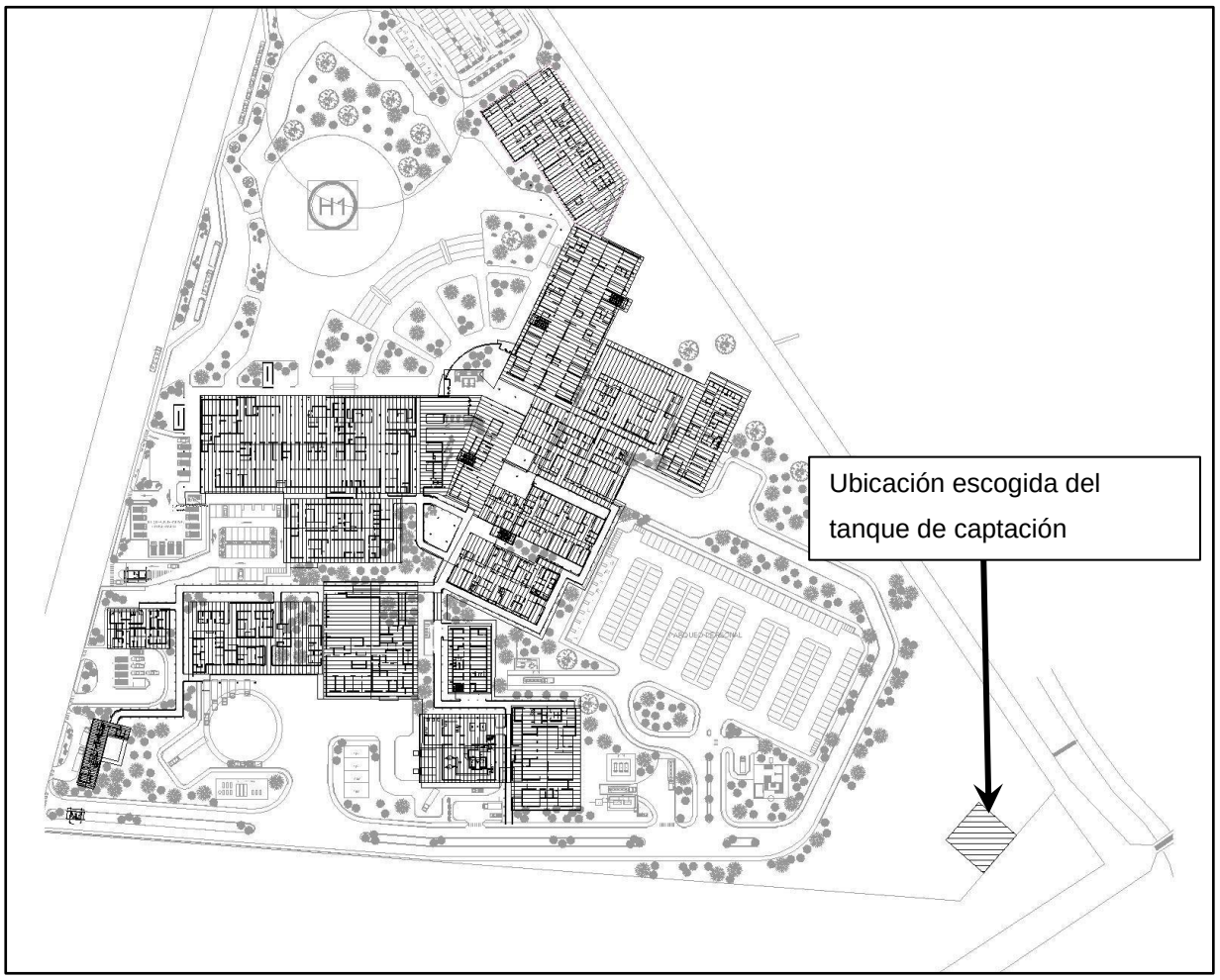


Ilustración 9. Ubicación del tanque de captación.

Diámetros y rutas de tuberías pluviales hacia el tanque de captación

Aplicando el método racional (ecuación 1) para la determinación del caudal según el área de techo recolectada por cada tubería, y posteriormente se aplica la fórmula de Manning (Ecuaciones 2, 3, 4) para la determinación del diámetro de la tubería.

Se numerará cada techo y cada tubería según el diámetro requerido, y se indicará la

pendiente requerida según CIHCR. A continuación, se mostrarán las tablas con los diámetros según la tubería, las cuales detallan su ubicación en planos adjuntos.

Tabla 20. Diámetro requerido según tubería pluvial.

TU-1		TU-2		TU-3		TU-4		TU-5	
ATe1(m²)	1944.58	ATe2(m²)	2203.39	ATe3(m²)	1375.80	ATe4(m²)	932.12	ATe5(m²)	1262.79
ATotal(m²)	1944.58	ATotal(m²)	4147.96	ATotal(m²)	5523.77	ATotal(m²)	6455.89	ATotal(m²)	7718.68
Q (l/s)	71.84	Q (l/s)	153.24	Q (l/s)	204.07	Q (l/s)	238.51	Q (l/s)	285.16
D req (m)	0.38	D req (m)	0.52	D req (m)	0.58	D req (m)	0.61	D req (m)	0.66
D prop (m)	0.40	D prop (m)	0.50	D prop (m)	0.60	D prop (m)	0.60	D prop (m)	0.70

Tabla 21. Diámetro requerido según tubería pluvial.

TU-6		TU-7		TU-8		TU-9		TU-10	
ATe16(m²)	3532.09	ATe17(m²)	1481.87			ATe15(m²)	1236.44		
ATotal(m²)	3532.09	ATotal(m²)	5013.96	ATotal(m²)	12732.64	ATotal(m²)	1236.44	ATotal(m²)	13969.08
Q (l/s)	130.49	Q (l/s)	185.24	Q (l/s)	470.40	Q (l/s)	45.68	Q (l/s)	516.08
D req (m)	0.49	D req (m)	0.56	D req (m)	0.79	D req (m)	0.33	D req (m)	0.82
D prop (m)	0.50	D prop (m)	0.60	D prop (m)	0.80	D prop (m)	0.40	D prop (m)	0.80

Tabla 22. Diámetro requerido según tubería pluvial.

TU-11		TU-12		TU-13		TU-14		TU-15	
ATe14(m²)	401.24	ATe13(m²)	223.63	ATe12(m²)	1590.18	ATe11(m²)	1812.41	ATe10(m²)	1024.74
ATotal(m²)	401.24	ATotal(m²)	624.88	ATotal(m²)	2215.06	ATotal(m²)	4027.47	ATotal(m²)	5052.21
Q (l/s)	14.82	Q (l/s)	23.09	Q (l/s)	81.83	Q (l/s)	148.79	Q (l/s)	186.65
D req (m)	0.22	D req (m)	0.26	D req (m)	0.41	D req (m)	0.51	D req (m)	0.56
D prop (m)	0.30	D prop (m)	0.30	D prop (m)	0.40	D prop (m)	0.50	D prop (m)	0.60

Tabla 23. Diámetro requerido según tubería pluvial.

TU-17		TU-18		TU-19	
ATe8(m²)	467.90	ATe9(m²)	1188.85		
ATotal(m²)	467.90	ATotal(m²)	1188.85	ATotal(m²)	6708.96
Q (l/s)	17.29	Q (l/s)	43.92	Q (l/s)	247.86
D req (m)	0.58	D req (m)	0.33	D req (m)	0.63
D prop (m)	0.60	D prop (m)	0.30	D prop (m)	0,60

Los diámetros estimados se diseñaron presupuestando usar la tubería Novafort de Amanco, la cual puede soportar mayor peso sobre ella y además, se pueden solicitar diámetro especial. (Amanco, 2013). Esto previendo que la tubería pluvial pasará bajo parqueos y calles internas del hospital donde necesitará resistir cargas significativas.

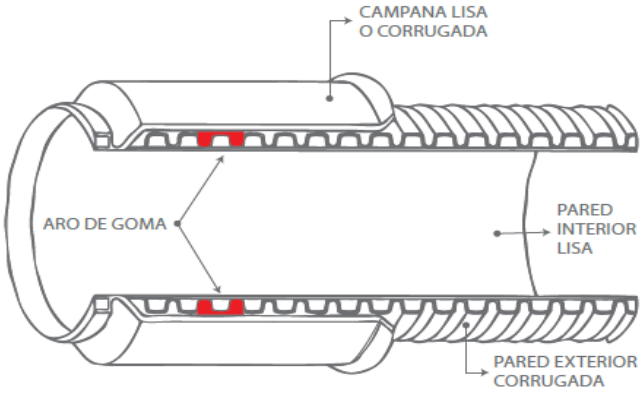


Ilustración 10. Tubería Novafort de Amanco.

Análisis de pérdidas de carga en las tuberías pluviales.

Para este análisis se utilizará la ecuación de continuidad que se basa en el principio de Bernoulli.

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{pg} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_1}{pg} + pérdidas\ (1,2)$$

Se analizará el comportamiento de las pérdidas de carga según el caudal, diámetro interior de la tubería y la velocidad del agua pluvial.

Tabla 24. Cálculo de pérdida de carga.

Tramo	Tubería	Q (l/s)	Q (m³/s)	D (m)	L (m)	L/100	A (m²)	V (m/s)	Pérdida de Carga (mca/100m)	Pérdida de Carga (mca)
TRAMO 1	TU-1	71.8413243	0.07184132	0.4	96	0.96	0.1256	0.571985066	0.064114614	0.06155003
	TU-2	153.244251	0.15324425	0.5	35	0.35	0.19625	0.780862428	0.088067585	0.030823655
	TU-3	204.07247	0.20407247	0.6	107	1.07	0.2826	0.722124805	0.061657874	0.065973925
	TU-4	238.509284	0.23850928	0.6	30	0.3	0.2826	0.843981897	0.082301471	0.024690441
	TU-5	285.162407	0.28516241	0.7	48	0.48	0.38465	0.741355537	0.054125579	0.025980278
	TU-6	130.491114	0.13049111	0.5	86	0.86	0.19625	0.664922873	0.065394385	0.056239171
	TU-7	185.2379	0.1852379	0.6	74	0.74	0.2826	0.655477354	0.051535143	0.038136005
	TU-8	470.400307	0.47040031	0.8	27	0.27	0.5024	0.936306344	0.071425097	0.019284776
	TU-9	45.6796443	0.04567964	0.3	59	0.59	0.07065	0.646562552	0.112353135	0.06628835
	TU-10	516.079952	0.51607995	0.8	190	1.9	0.5024	1.027229203	0.084799386	0.161118834
TRAMO 2	TU-11	14.8237219	0.01482372	0.3	17	0.17	0.07065	0.209819135	0.013976279	0.002375967
	TU-12	23.0857114	0.02308571	0.3	53	0.53	0.07065	0.326761662	0.031746105	0.016825436
	TU-13	81.8342018	0.0818342	0.4	34	0.34	0.1256	0.651546192	0.081603187	0.027745083
	TU-14	148.792564	0.14879256	0.5	10	0.1	0.19625	0.75817867	0.083388276	0.008338828
	TU-15	186.651143	0.18665114	0.6	26	0.26	0.2826	0.660478214	0.052265676	0.013589076
	TU-16	203.937571	0.20393757	0.6	34	0.34	0.2826	0.721647455	0.061582412	0.02093802
	TU-17	43.9213621	0.04392136	0.3	42	0.42	0.07065	0.621675331	0.104475465	0.043879695
	TU-18	247.858933	0.24785893	0.6	156	1.56	0.2826	0.877066288	0.088376068	0.137866666

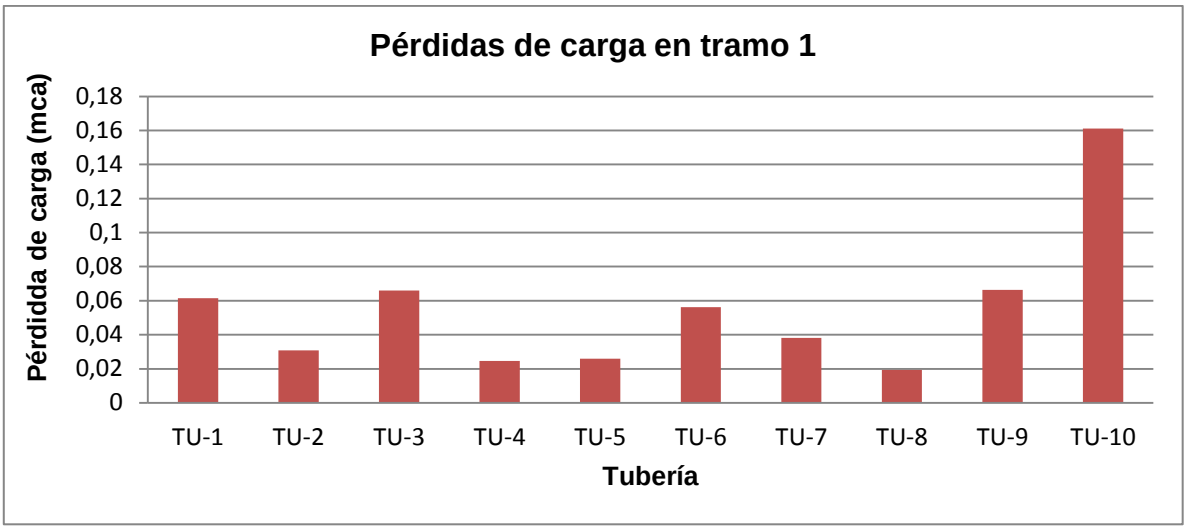


Ilustración 3. Pérdidas de carga, tramo 1.

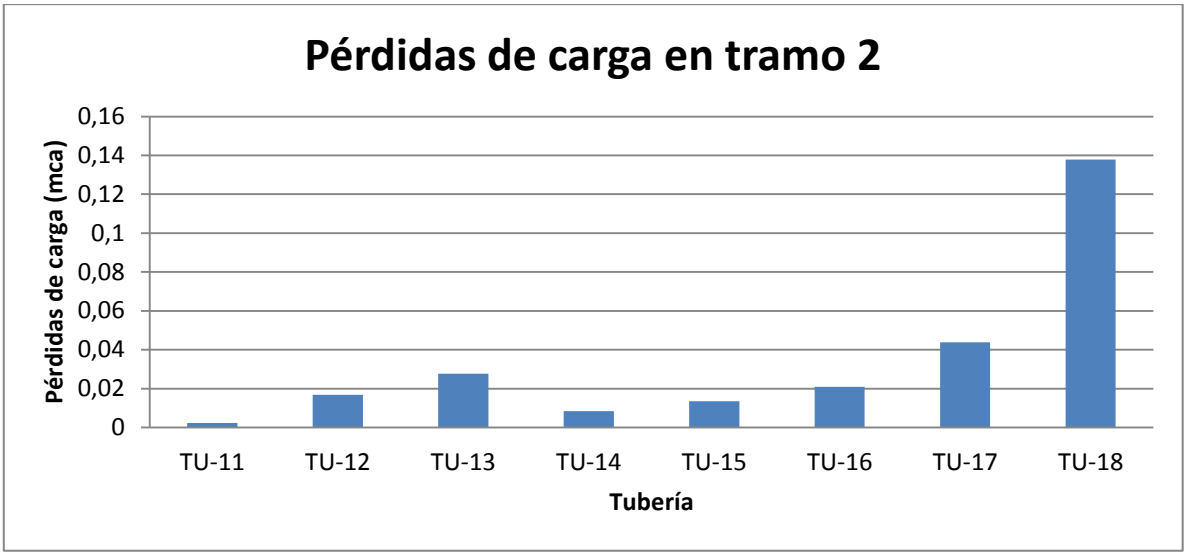


Ilustración 4. Pérdidas de carga, tramo 2.

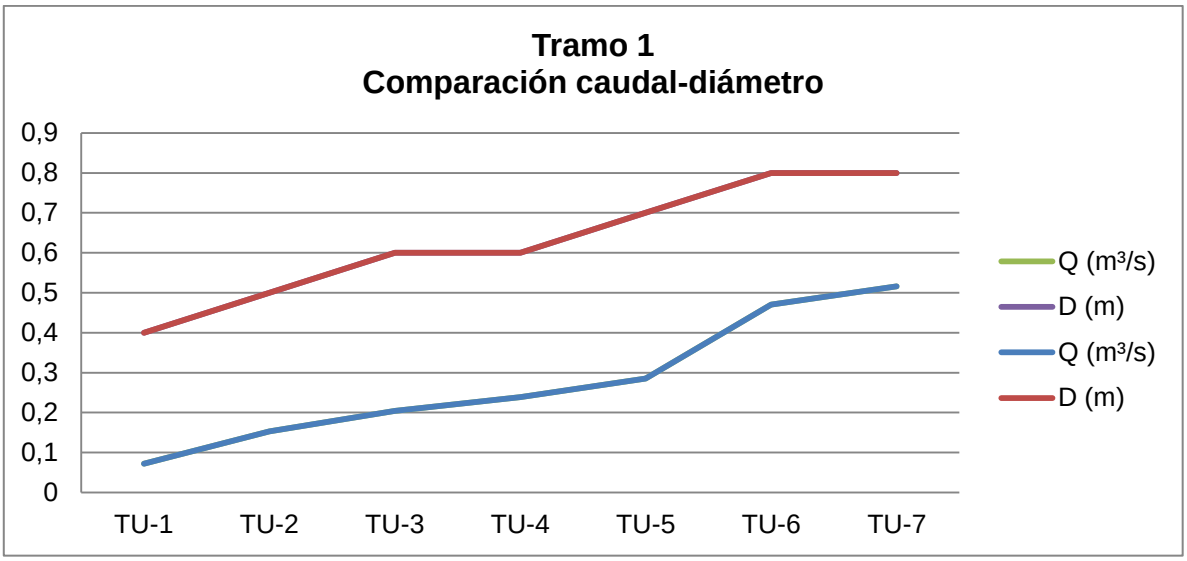


Ilustración 5. Comparación caudal-diámetro, tramo 1.

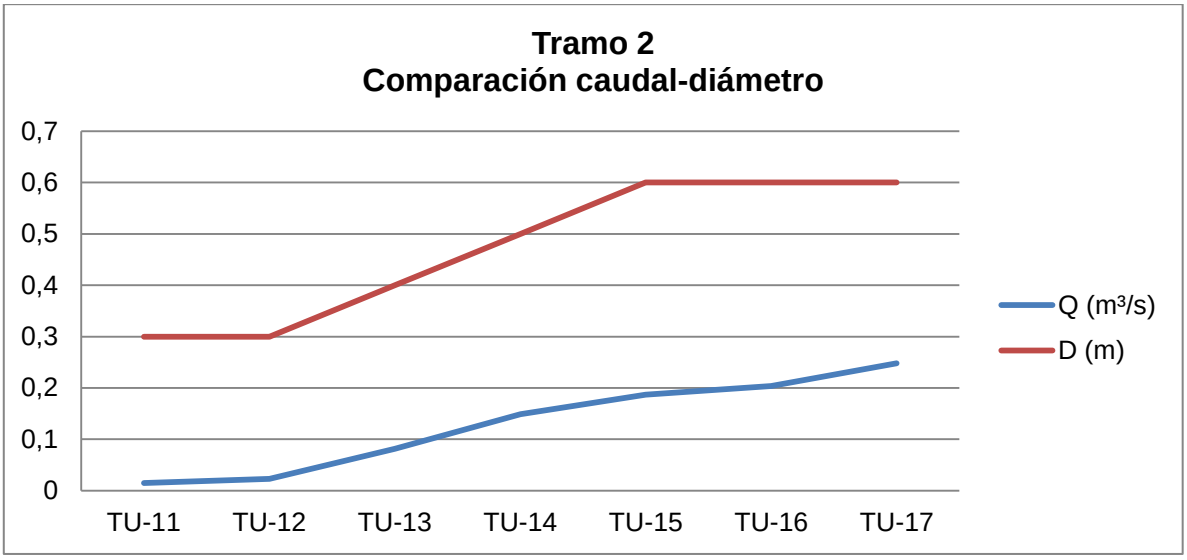


Ilustración 6. Comparación caudal-diámetro, tramo 2.

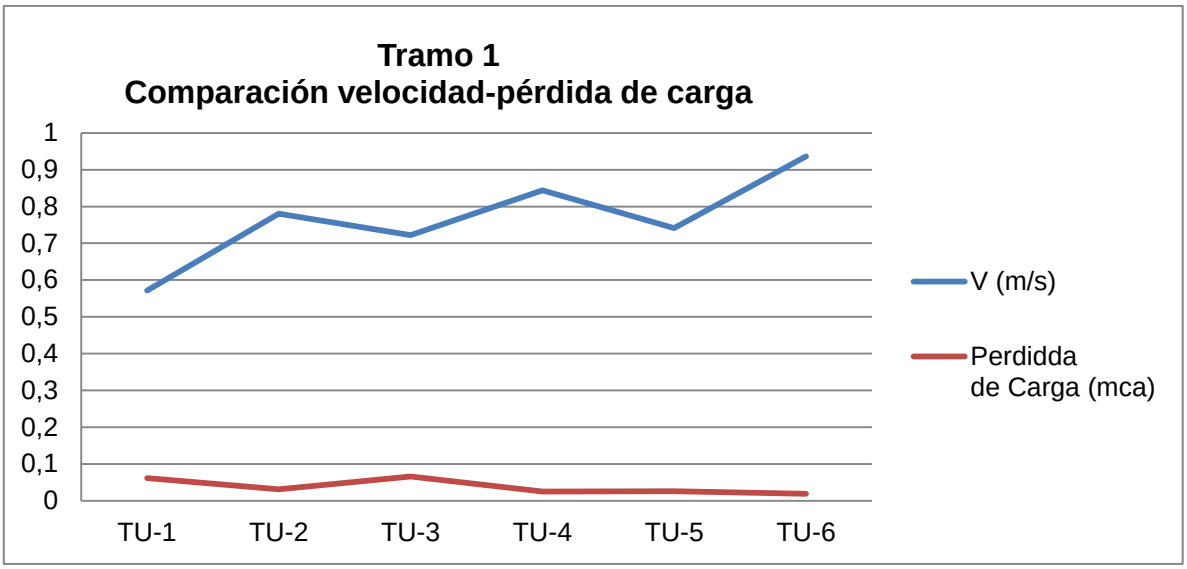


Ilustración 7. Comparación velocidad-pérdida de carga, tramo 1.

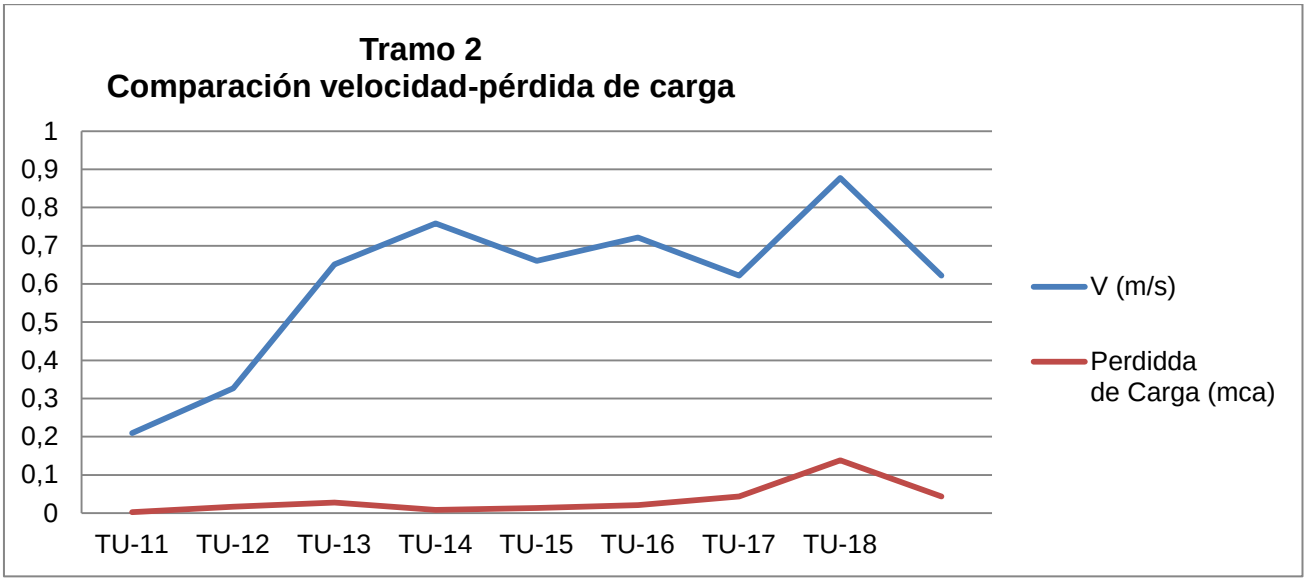


Ilustración 8. Comparación velocidad-pérdida de carga, tramo 2.

Diámetros de la tubería agua pluvial a aprovechar

Como se mencionó en el marco metodológico, se utilizará la fórmula de Hazen-Williams:

$$\boldsymbol{Q = 0,2785\ C * D^{2,63} * J^{0,54}} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

Donde,

Q Es caudal (m³/s).

C Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams. En PVC = 140.

D Es el diámetro interno de la tubería.

J Es la pérdida de carga unitaria o pendiente de la línea de energía.

Probable según la suma de unidades accesorio en un ramal principal del agua a presión.

Tabla 25. Caudal probable como función de las unidades de accesorio. (CFIA, 2017)

u.a.	Sistemas con fluxómetro (L/s)	u.a.	Sistemas con fluxómetro (L/s)
6	1,40	225	6,01
8	1,56	250	6,29
10	1,71	275	6,56
12	1,84	300	6,84
14	1,95	350	7,38
16	2,06	400	7,91
18	2,16	450	8,42
20	2,25	500	8,93
25	2,46	700	10,86
30	2,65	900	12,61
35	2,82	1000	13,42
40	2,97	1200	14,91
45	3,12	1500	17,10
50	3,25	1750	18,98
60	3,50	2000	20,78
70	3,72	2500	24,17
80	3,92	3000	27,34
90	4,11	4000	33,22
100	4,29	5000	38,64
120	4,62	6000	43,71
140	4,91	7000	48,52
160	5,27	8000	53,11
180	5,50	9000	57,52
200	5,72	10000	61,77

En las siguientes tablas se muestran los diámetros de las tuberías principales por módulo y submódulo arquitectónico.

Tabla 26. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N5.

NIVEL 5									
MÓDULO A	# Inodoros	U.A. Inodoros	# Mingitorios	U.A. Mingitorios	U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/hr)	J	D(m)
A5	18	180	10	60	240	6.29	0.00629	0.1	0.058

Tabla 27. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N4.

NIVEL 4									
MÓDULO A	# Inodoros	U.A. Inodoros	# Mingitorios	U.A. Mingitorios	U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/hr)	J	D(m)
A4	42	420	7	42	462	8.93	0.00893	0.1	0.066

Tabla 28. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N3.

NIVEL 3									
MÓDULO A	# Inodoros	U.A. Inodoros	# Mingitorios	U.A. Mingitorios	U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/hr)	J	D(m)
A3	46	460	9	54	514	8.93	0.00893	0.1	0.066

Tabla 29. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N2.

NIVEL 2									
MÓDULO A	# Inodoros	U.A. Inodoros	# Mingitorios	U.A. Mingitorios	U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/hr)	J	D(m)
A2-1	9	90	6	36	126	4.62	0.00462	0.1	0.052
A2-2	0	0	0	0	0		0	0.1	0.000
A2-3	3	30	3	18	48	3.25	0.00325	0.1	0.045
MÓDULO B		0		0	0		0	0.1	0.000
B2	9	90	3	18	108	4.62	0.00462	0.1	0.052

Tabla 30. Cálculo de diámetro tubería de agua pluvial a aprovechar, según nivel y módulo, N1.

NIVEL 1									
MÓDULO A	# Inodoros	U.A. Inodoros	# Mingitorios	U.A. Mingitorios	U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/S)	J	D(m)
A1-1	8	80	4	24	104	4.29	0.00429	0.1	0.050140846
A1-2	9	90	4	24	114	4.62	0.00462	0.1	0.051573806
A1-3	10	100	4	24	124	4.91	0.00491	0.1	0.052781561
A1-4	4	40	1	6	46	3.12	0.00312	0.1	0.044422713
A1-5	2	20	0	0	20	2.25	0.00225	0.1	0.039230451
A1-6	3	30	0	0	30	2.65	0.00265	0.1	0.041748761
A1-7	5	50	0	0	50	3.25	0.00325	0.1	0.045117607
A1-8	3	30	7	42	72	3.72	0.00372	0.1	0.047495239
				TOTAL	560				
MÓDULO B									
B1-1	34	340	8	48	388	7.91	0.00791	0.1	0.063274041
B1-2	2	20	2	12	32	2.65	0.00265	0.1	0.041748761
B1-3	6	60	0	0	60	3.5	0.0035	0.1	0.046407009
MÓDULO C		0		0	0		0	0.1	0
C1-1	1	10	0	0	10	1.71	0.00171	0.1	0.035343152
C1-2	5	50	2	12	62	3.5	0.0035	0.1	0.046407009
C1-3	8	80	2	12	92	4.11	0.00411	0.1	0.049330274
C1-4	2	20	0	0	20	2.25	0.00225	0.1	0.039230451
MÓDULO D		0		0	0		0	0.1	0
D1-1	4	40	2	12	52	3.25	0.00325	0.1	0.045117607
D1-2	0	0	0		0		0	0.1	0
D1-3	3	30	0		30	2.65	0.00265	0.1	0.041748761

El dimensionamiento de las tuberías de los ramales externos se determinó de la misma manera que los ramales internos, aplicando el caudal probable según la suma de las unidades accesorio, por ejemplo, el ramal final principal:

Tabla 31. Cálculo de diámetro ramal final principal.

U.A. Total	Q (L/s)	Q (m^3/S)	J	D(m)
2868	27.34	0.02734	0.1	0.10139693

El detalle de cada ramal en cada módulo, submódulo y nivel se detalla en los planos adjuntos.

Relación costo-beneficio

Costo

Para las tuberías de PVC del agua pluvial a aprovechar se determinaron las longitudes totales según el diámetro por cada nivel midiendo en los planos en Auto Cad. En planos se propusieron solo los ramales principales, por lo que para la estimación de las conexiones a mingitorios e inodoros, 18 mm y 32 mm de diámetro respectivamente, se determinó un metro de conexión independiente para cada accesorio.

A continuación se detallan las longitudes en cada nivel:

Tabla 32. Longitudes de tubería según diámetros, niveles 3, 4 y 5.

Nivel 5		Nivel 4		Nivel 3	
Tipo Tubería	**L (m)**	**Tipo Tubería**	**L (m)**	**Tipo Tubería**	**L (m)**
Tub 18mmø	10	Tub 18mmø	7	Tub 18mmø	9
Tub 32mmø	18	Tub 32mmø	42	Tub 32mmø	46
Tub 38mmø	94.5	Tub 38mmø	320	Tub 38mmø	270
Tub 50mmø	34	Tub 50mmø	16	Tub 50mmø	4
Tub 64mmø	0	Tub 64mmø	0	Tub 64mmø	12
Tub 75mmø	0	Tub 75mmø	0	Tub 75mmø	0
Tub 100mmø	0	Tub 100mmø	0	Tub 100mmø	0

Tabla 33. Longitudes de tubería según diámetros, niveles 2, 1 y suma total de niveles.

Nivel 2		Nivel 1		Total longitudes de tubería	
Tipo Tubería	**L (m)**	**Tipo Tubería**	**L (m)**	**Tipo Tubería**	**L (m)**
Tub 18mmø	40	Tub 18mmø	80	Tub 18mmø	146
Tub 32mmø	203	Tub 32mmø	120	Tub 32mmø	429
Tub 38mmø	70	Tub 38mmø	500	Tub 38mmø	1254.5
Tub 50mmø	4	Tub 50mmø	500	Tub 50mmø	558
Tub 64mmø	12	Tub 64mmø	170	Tub 64mmø	194
Tub 75mmø	0	Tub 75mmø	140	Tub 75mmø	140
Tub 100mmø	0	Tub 100mmø	347	Tub 100mmø	347

Esta información de las tuberías se agregará al presupuesto general.

A continuación, se muestra el presupuesto general, el cual pretende dar un monto cercano a la realidad del costo del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales. Para ello se pidió asesoría a la presupuestista Elkys Argüello, de la Constructora Volio y Trejos.

Tabla 34. Presupuesto general de obras ligadas al sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

ÍTEM	CANT	UN.	UN. MAT	UN. MANO DE OBRA	UN. SUB-CONTRATO	UN. EQUIPO	TOTAL
SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE	1	un	$0.00	$0.00	$12,000.00	$0.00	$12,000.00
MUROS DEL TANQUE							
EXCAVACIÓN							
Excavación total:	972	m3					
Excavación total:	972	m3	$0.14	$1.37	$0.00	$4.46	$5,807.73
Excavación manual	120	m3	$0.27	$6.51	$0.00	$0.00	$813.79
Sustitución lastre compactado + 40%	300	m3	$17.50	$3.32	$0.00	$2.68	$7,050.18
CONCRETO							
Concreto 105 kg/cm^2 (sello)	20	m3	$123.79	$5.05	$0.00	$0.00	$2,576.75
Concreto 280 kg/cm^2	87	m3	$140.10	$9.60	$0.00	$0.00	$13,023.54
Bombeo de concreto (telescópica 28 m)	43.5	m3	$16.96	$0.00	$0.00	$0.00	$737.95

ÍTEM	CANT	UN.	UN. MAT	UN. MANO DE OBRA	UN. SUB-CONTRATO	UN. EQUIPO	TOTAL
ACERO							
Varilla #3 G60	10842	Kg	$0.62	$0.00	$0.37	$0.00	$10,720.23
Varilla #5 G60	3734	Kg	$0.62	$0.00	$0.37	$0.00	$3,692.06
Alambre negro #16	291.52	Kg	$0.85	$0.00	$0.00	$0.00	$249.12
Transporte de varilla	0.743376	viaj	$0.00	$25.96	$0.00	$214.29	$178.59
FORMALETA							
Formaleta Standard	528	m2	$8.75	$8.42	$0.00	$0.00	$9,065.16
Clavos	105.6	Kg	$1.34	$0.00	$0.00	$0.00	$141.43
Ties L= 15 a 25 cm	1056	un	$0.83	$0.00	$0.00	$0.00	$881.57
Clavos de acero	2112	un	$0.03	$0.00	$0.00	$0.00	$56.57
Desmoldante para formaleta	528	m2	$0.45	$0.00	$0.00	$0.00	$235.71
Curador	528	m2	$0.27	$0.00	$0.00	$0.00	$141.43
Limpieza de formaleta	528	m2	$0.09	$0.18	$0.00	$0.00	$141.43
Reparación de dados de formaleta	528	un	$0.18	$0.18	$0.00	$0.00	$188.57
Desinstalar formaleta, columnas y muros	528	m2	$0.18	$1.93	$0.00	$0.00	$1,112.57
Recoger y ordenar paneles de formaleta	528	m2	$0.09	$0.13	$0.00	$0.00	$117.86
Transporte de formaleta	0.44	vjs	$0.00	$25.96	$0.00	$214.29	$105.71
Transporte para devolución de formaleta	0.44	vjs	$0.00	$25.96	$0.00	$214.29	$105.71
IMPERMEABILIZACIÓN							
Mortero impermeabilizante flexible para filtraciones de humedad severas	240	m2	$2.14	$0.82	$0.00	$0.00	$711.26
Water stop b= 20	132	ml	$4.64	$2.19	$0.00	$0.00	$901.89
CONTRAPISO DEL TANQUE							
CONCRETO							
Concreto 280 kg/cm2	63	m3	$140.10	$6.06	$0.00	$0.00	$9,208.09
Aditivo para bombeo	18.9	m3	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00	$0.00
Bombeo de concreto	18.9	m3	$16.96	$0.00	$0.00	$0.00	$320.63
ACERO							
Varilla #4 G60	2000	Kg	$0.62	$0.00	$0.37	$0.00	$1,977.54
Alambre negro	40	Kg	$0.85	$0.00	$0.00	$0.00	$34.18
Transporte de varilla	0.102	vjs	$0.00	$25.96	$0.00	$214.29	$24.50

ÍTEM	CANT	UN.	UN. MAT	UN. MANO DE OBRA	UN. SUBCONTRATO	UN. EQUIPO	TOTAL
JUNTAS							
Junta de construcción	133.33	ml	$1.96	$0.00	$0.00	$0.00	$261.90
Dovela # 5 @ 30cm L = 50cm varilla cortada y engrasada en forma alterna	133.33	ml	$3.21	$1.73	$0.00	$0.54	$730.67
Sello semirrígido (6 x 15mm)	266.67	ml	$0.00	$0.00	$3.93	$0.00	$1,047.62
FORMALETA							
Formaleta	133.3	ml	$1.07	$0.00	$0.00	$0.00	$142.86
Polietileno alta densidad	440	m2	$0.49	$0.00	$0.00	$0.00	$216.07
Curador de concreto	400	m2	$0.00	$0.00	$0.80	$0.00	$321.43
SISTEMA DE AGUA POTABLE							
Tubería 18 mm	28	un	$14.82	$0.00	$0.00	$0.00	$415.00
Tubería 32 mm	78	un	$14.11	$0.00	$0.00	$0.00	$1,100.36
Tubería 38 mm	310	un	$19.29	$0.00	$0.00	$0.00	$5,978.57
Tubería 50 mm	105	un	$31.07	$0.00	$0.00	$0.00	$3,262.50
Tubería 62 mm	36	un	$41.79	$0.00	$0.00	$0.00	$1,504.29
Tubería 75 mm	26	un	$58.57	$0.00	$0.00	$0.00	$1,522.86
Tubería 100mm	64	un	$144.11	$0.00	$0.00	$0.00	$9,222.86
Accesorios	1	gb	$2,300.64	$0.00	$0.00	$0.00	$2,300.64
Consumibles	1	gb	$2,530.71	$0.00	$0.00	$0.00	$2,530.71
Herramientas	1	gb	$0.00	$0.00	$0.00	$2,783.78	$2,783.78
Colocación de sistema potable	1	gb	$0.00	$4,500.00	$0.00	$0.00	$4,500.00
SUPERVISIÓN Y OBRAS PROVOSIONALES							
Ingeniero supervisor	1	meses	$1,800.00	$0.00	$0.00	$0.00	$1,800.00
Asistente	1	meses	$750.00	$0.00	$0.00	$0.00	$750.00
Instalaciones provisionales	1	gb	$1,500.00	$500.00	$0.00	$300.00	$2,300.00
Subtotal							**$122,713.84**
IMPREVISTOS, UTILIDAD Y ADMINISTRACIÓN							
Imprevistos (3%)	1	gb					$3,681.42
Utilidad y administración (10%)	1	gb					$12,271.38
Subtotal Construcción							**$138,666.64**
Mantenimiento (tres veces por año)							$13,866.66
Total							**$152,533.31**

Además de lo contemplado en el anterior presupuesto general, se debe tomar en cuenta el consumo estimado de electricidad por parte del sistema de bombeo. Los valores de consumo lo determinan el consumo del sistema de bombeo, horas encendido y el precio por Kw aplicado por el CNFL.

Característica de la bomba: 10 HP=7.45 kW.

Hora encendido: 8 horas.

Tarifa no residencial CNFL: 190 colones el kW.

Con los datos anteriores se estima un gasto de ¢11.324,00 diarios. Gasto mensual de ¢339.720.00 y gasto anual de ¢4.076.640, 00.

Beneficio

Para determinar el ahorro económico que tendría el hospital a razón de la factura del agua potable por la implementación del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales, se usará el valor por metro cúbico aplicado al Gobierno por Acueductos Y Alcantarillados (https://www.aya.go.cr), el cual es de ¢1.556.

Costo (por m³en colones)	1556
Días de abastecimiento al año	290

Accesorios	Ahorro por día m³	Costo (colones diarios)	Costo (anual en colones)
Inodoros	75.18	₡116,985.30	₡33,925,735.61
Mingitorios	14.14	₡22,009.10	₡6,382,638.39
	Total	₡138,994.39	₡40,308,374.00

Pasando a dólares el monto del ahorro anual (aplicando ¢560 como valor del dólar), nos da un monto de: $71.979,23.

Si el costo de la implementación del sistema es de $138.666,64, se puede estimar que en alrededor de dos años el sistema se pagaría, y a partir de ahí seria autosostenible en cuanto su mantenimiento.

CAPÍTULO V: PROPUESTA

La propuesta de la distribución y diámetros de las tuberías del agua pluvial recolectada y de la aprovechada con base en el estudio hidrológico, y el estudio de la demanda de los inodoros y mingitorios, se detalla en los planos adjuntos en los anexos, basados en los cálculos del capítulo anterior.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Contar con la información meteorológica adecuada y completa da una mayor probabilidad de predecir el comportamiento de la precipitación en la zona. En este caso, al contar con los datos de las precipitaciones diarias de los últimos 17 años, se logró predecir la oferta diaria y el comportamiento de llenado del tanque de captación a través de los 365 días del año.
- Uno de los mayores retos del presente proyecto fue determinar el consumo diario de los inodoros y mingitorios de fluxómetro en una infraestructura hospitalaria, por lo que fue imprescindible investigar e innovar con criterio para determinar, de la manera más cercana, dichos consumos.
- La comparación entre la oferta y la demanda nos arrojó que alrededor de 75 días del año el tanque permanecerá vacío, esto en los meses de la época seca, entre abril y junio.
- Al determinar el volumen del tanque de captación según los lineamientos del CIHCR, se observó como el volumen es de mucho más que la demanda diaria requerida por los inodoros y mingitorios. Esto es por un asunto de seguridad ante una tormenta.
- Se ubicó estratégicamente el tanque de captación, tomando como criterio las curvas de nivel y la disponibilidad de espacio de hospital.
- La determinación de las tuberías pluviales mostró posibles caudales de hasta 760 litros por segundo, alcanzando la tubería principal un metro de diámetro, esto se da por el área de techos del hospital que sobrepasa los 20.000 metros cuadrados.
- El análisis de consumo total requerido por los inodoros y mingitorios determinó como diámetro mayor una tubería de 100 mm de diámetro, con un caudal probable de hasta 27 litros por segundo.

- El análisis costo-beneficio determinó que el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales en esta zona en particular y esta infraestructura es rentable, ya que se paga su inversión inicial en un período de alrededor de dos años.
- Hay que recalcar que la zona tiene una oferta de precipitación de las más altas del país, y también el área total de techos es muy significativa, lo que hace que la recolección de la oferta sea de gran volumen.
- También se debe considerar el uso de las nuevas tecnologías en usos sanitarios, tales como los mingitorios secos, los cuales como su nombre lo dice, no necesitan agua para funcionar, y así, en un sistema como el propuesto, el agua aprovechada de lluvia se puede usar en otro servicio.
- A corto plazo se prevé que las lluvias mantengan un comportamiento constante; sin embargo, se deben considerar alternativas ante la futura ausencia de lluvia debido al cambio climático y calentamiento global, lo cual se hace más agudo en ciertas zonas del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Standard (s.f.) Cadet 3fx- 4.8 lts. Recuperado de http://americanstandardca.com/wp-content/uploads/2012/09/CADET-3-FX-4.8-LTS.pdf

Araya Villalobos, C. IMN (Nota oficial de solicitud de información a correo electrónico, 02 de febrero 2017)

Chanto, Mora, Morales, Vargas, Zamora y Jiménez (1996). *Capítulo 8. Normas para el cálculo de las tuberías de desagüe pluvial.* CFIA. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones.

Chow, V. Maidment, D. Mays, L. (1994) *Hidrología aplicada.* Colombia: Martha Edna Suárez R.

Chow, V. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: Editorial Nomos S.A.

Estado de la Nación, (2014). Estado de la nación en desarrollo humano sostenible, *núm 23.*

FAO (2013). *Captación y almacenamiento de aguas de lluvia*. Página 14*.* Recuperado de http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf

French, R. (1968). *Hidráulica de canales abiertos.* (Primera edición). México: Libros McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.

García Velázquez Jesús Hiram (2011). *Sistema de captación y aprovechamiento pluvial para un eco barrio de la ciudad de México*. Tesis inédita. Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma de México. Distrito Federal, México.

Herrera, L. (2010). *Estudio de alternativas, para el uso sustentable de agua de lluvia.* (Tesis de Maestría). Recuperado: http://www.polivirtual.ipn.mx/

IMN. (2010). Valle Central. *Clima en Costa Rica.* Recuperado de https: //www.imn.ac.cr /documents /10179/31165/ValleCentral.pdf/49aba14d-

e4c1-427f-a382-25d090a9081e.

Martin, F. González, F. Miguélez, F. Menéndez y E. Dopico, J. (2004) *Desarrollo sostenible y huella ecológica. Una aplicación a la economía gallega.* (Primera edición). Coruña: Netbiblo.

Martínez, M. (2013). Una contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático. Cáceres, D. *Tecnologías para el uso sostenible del agua*

Mora, E. (2013). Ambientales. *El agua en Costa Rica* (45). Recuperado: http: //www.ambientico.una.ac.cr/ pdfs/ambientales/45.pdf

Murillo, G (2013) Opinión. *Aprovechamiento del agua de lluvia en Costa Rica.* Recuperado: http://semanariouniversidad.ucr.cr/opinion/aprovechamiento-del-agua-de-lluvia-en-costa-rica/

Peña, H, (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. *Recursos naturales e infraestructura.* Recuperado de http: //www.cepal.org/es/publicaciones/ 40074-desafios-la-seguridad-hidrica-america-latina-caribe.

Soto, M (2014, marzo 24) Vivir. *Costa Rica perdería 85% del agua originada en áreas protegidas debido a cambio climático*. Recuperado: http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Costa-Rica-originada-protegidas-climatico_0_1403859632.html

Soto, M. (2013, Noviembre 16) Vivir. *Costa Rica está agitando recursos de ticos que aún no han nacido.* Recuperado: http://www.nacion.com/vivir/ambiente/Pais-agotando-recursos-ticos-nacido_0_1378662133.html

ANEXOS

Anexo I. Perspectivas futuro Hospital de Turrialba.

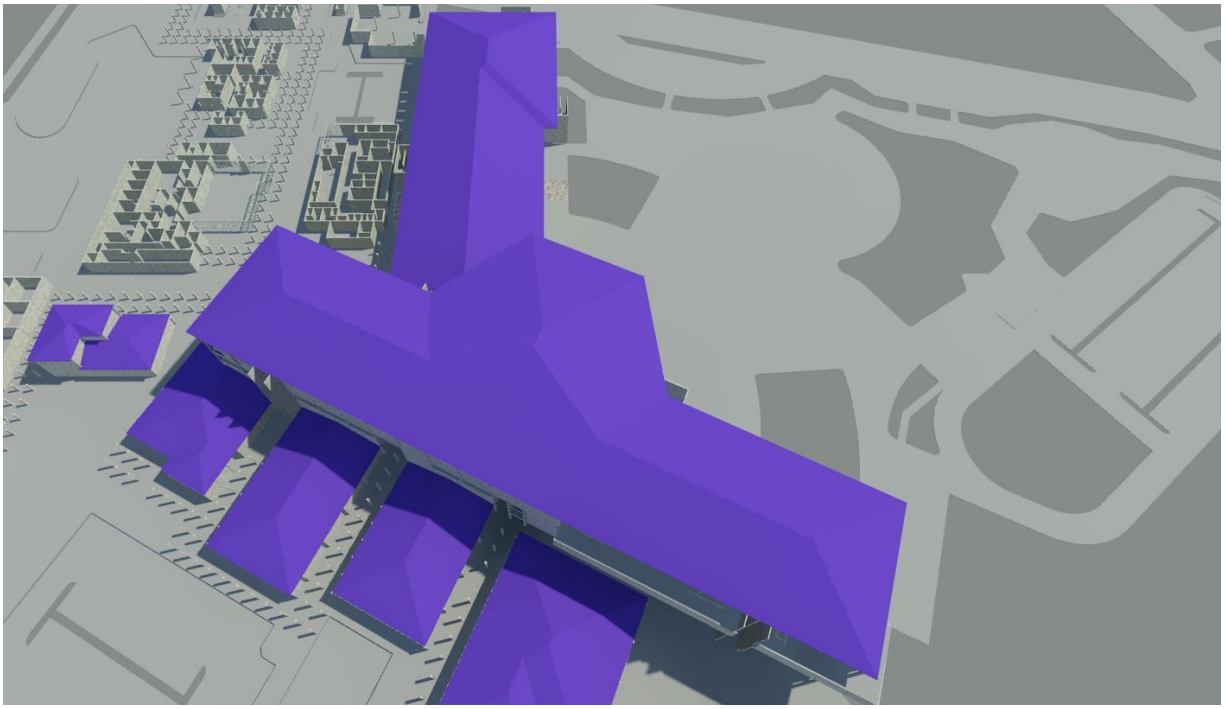


Ilustración 17. Perspectiva 1.

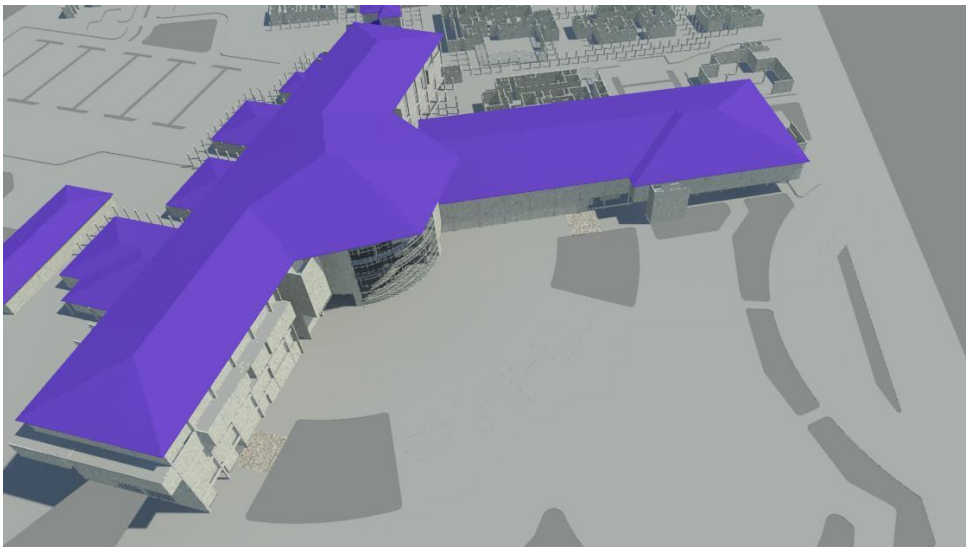


Ilustración 18. Perspectiva 2.

Anexo II. Solicitud de información D.A.I.; C.C.S.S.

UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

Heredia, 13 de enero de 2017

Dirección de Arquitectura e Ingeniería CCSS

Arq. Ana Gabriela Echavarría Chacón
Ing. Ronald Avila Jiménez

Estimados señores:

El señor **Ricardo Francisco Espinosa Solano** con cédula de identidad No 4 0190 0972, es estudiante activo de la Universidad Latina Heredia y ha sido autorizado a desarrollar el Proyecto Final de Graduación con el tema: "Propuesta de sistema de aprovechamiento de aguas pluviales para el Hospital de Turrialba", por lo que la Dirección Académica de la Escuela de Ingeniería Civil le agradece el apoyo y colaboración que puedan brindar al estudiante para lograr, de forma satisfactoria, el último requisito para obtener el título de Licenciado en Ingeniería Civil.

El trabajo se estará realizando entre enero del 2017 y abril del 2017.

Sin otro asunto, se despide cordialmente.

UNIVERSIDAD LATINA * DIRECCION ACADEMICA DE INGENIERÍA CIVIL * CAMPUS HEREDIA

Ing. Sirley Alvarez González
Coordinadora Académica Ingeniería Civil
Universidad Latina de Costa Rica, Campus Heredia
Lauréate Internacional Universities
Telf. 25625235
Correo: sirley.alvarez@ulatina.cr

800-ULATINA / ulatina.ac.cr

Anexo II. Solicitud de información I.M.N.

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

R/ Keily Calderón Alfaro
26/01/17
kcalderon@imn.ac.cr

Heredia, 25 de enero de 2017

Instituto Meteorológico Nacional

Por este medio la Dirección Académica de la Escuela de Ingeniería Civil hace formalmente la solicitud para obtener datos de precipitaciones acumuladas en la zona central del cantón de Turrialba.

Dicha información será utilizada para desarrollar un Proyecto Final de Graduación, del estudiante de Licenciatura en Ingeniería Civil **Ricardo Francisco Espinoza Solano**, por lo que no se encuentra dentro del marco de ventas de bienes y servicios.

La información será utilizada para Diseñar un sistema de captación de aguas pluviales para el nuevo Hospital de Turrialba.

Las Estación solicitada es la ubicada en Sitio Matas en Turrialba con el número: **73103**

Periodo solicitado (por mes) desde **1 Enero 2007** hasta **1 Enero 2017**

Datos completos del Estudiante:
Nombre: Ricardo Francisco Espinoza Solano
CI: 4-0190-0972
Edad: 30 años
Celular: 8861-3332
Correo Electrónico: respinoza0805@gmail.com

De ante mano se le agradece por el apoyo brindado al estudiante.

Saludos cordiales.

UNIVERSIDAD LATINA DIRECCION ACADEMICA DE INGENIERÍA CIVIL HEREDIA

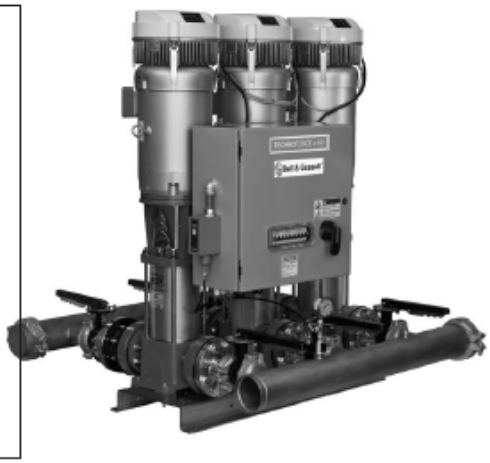
Ing. Sirley Alvarez Gonzalez
Dirección Académica Ingeniería Civil
Universidad Latina Campus Heredia de Costa Rica
Laureate International Universities
Tel: 22825235

800-ULATINA

Anexo III. Descripción de bomba propuesta en presupuesto. Marca Technoforce.

Major System Components

Number of Pumps: 2 to 4
Motor Power (HP): 1.5 - 15
Base: 304SS reinforced, formed
Frame: 304SS
Manifolds: 304SS Sch. 10 with Grooved connections
Isolation: Less than 2 inch – Ball Greater than 2 inch – Butterfly
Check: Less than 2 inch – Silent Greater than 2 inch – Wafer
Pump: e-SV vertical multistage
Motor: TEFC Premium Efficient NEMA C-Face
VFD: HydroVar® Master Pump Control/Drive UL Type 1/ IP55
Panel: NEMA 12 with integrated system and pump disconnects
Communication: RS-485



Operating Conditions

Fluids: Water containing now gas or corrosive and/or aggressive substances, no undissolved solids
Flow Rate: Up to 780GPM
Operating Pressure: Up to 270 PSIG
Liquid Temperature: 32°F to 180°F
Ambient Temperature: 32°F to 104°F, avoid direct sunlight
Relative Humidity: 90% non-condensing
Elevation: 3300 ft above sea level without derate

*On special request B&G can offer higher flow, pressure and Typic temperature rated packages.

Anexo IV. Fotos actuales del lote a construir.

Ilustración 19. Lote actual.

Ilustración 20. Lote actual.

Ilustración 21. Canal para posible rebalse.

Ilustración 22. Descarga de canal en Río Reventazón.

Anexo V. Extracto de prepuesto suministrado por Empresa Constructora Volio y Trejos.

Proyecto aprovechamiento de aguas para sistema potable Hospital Turrialba
Presupuesto Detallado

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Unitario material	Unitario mano de obra	Unitario subcontrato	Unitario Equipo	Total
1.0	OBRA GRIS							
1.1	MUROS DEL TANQUE							
1.1.1	EXCAVACIÓN							
	Excavación total:	1200	m3					
	Excavación total:	1080	m3	0.14	1.37	-	4.46	6,453.03
	Excavación Manual	120	m3	0.27	6.51	-	-	813.79
	Sustitución Lastre compactado + 40%	300	m3	17.50	3.32	-	2.68	7,050.18
1.1.2	CONCRETO							
	Concreto 105 kg/cm2 (sello)	20	m3	123.79	5.05	-	-	2,576.75
	Concreto 280 kg/cm2	87	m3	140.10	9.60	-	-	13,023.54
	Bombeo de concreto (Telescopica 28 m)	43.5	m3	16.96	-	-	-	737.95
1.1.3	ACERO							
	Varilla #3 G60	10842	Kg	0.62	-	0.37	-	10,720.23
	Varilla #5 G60	3734	Kg	0.62	-	0.37	-	3,692.06
	Alambre Negro #16	291.52	Kg	0.85	-	-	-	249.12
	Transporte de varilla	0.743376	viaj	-	25.96	-	214.29	178.59
1.1.4	FORMALETA							
	Formaleta Standard	528	m2	8.75	8.42	-	-	9,065.16
	Clavos	105.6	Kg	1.34	-	-	-	141.43
	Ties L= 15 a 25 cm	1056	un	0.83	-	-	-	881.57
	Clavos de Acero	2112	un	0.03	-	-	-	56.57
	Desmoldante para formaleta	528	m2	0.45	-	-	-	235.71
	Curador	528	m2	0.27	-	-	-	141.43
	Limpieza de formaleta	528	m2	0.09	0.18	-	-	141.43
	Reparación de dados de formaleta	528	un	0.18	0.18	-	-	188.57
	Desinstalar formaleta Columnas y muros	528	m2	0.18	1.93	-	-	1,112.57
	Recoger y ordenar paneles de formaleta	528	m2	0.09	0.13	-	-	117.86
	Transporte de formaleta	0.44	vjs	-	25.96	-	214.29	105.71
	Transporte para devolución de formaleta	0.44	vjs	-	25.96	-	214.29	105.71
1.1.5	IMPERMEABILIZACIÓN							
	Mortero Impermeabilizante flexible para filtraciones de humedad severas	240	m2	2.14	0.82	-	-	711.26
	Water stop b= 20	132	ml	4.64	2.19	-	-	901.89
1.2	CONTRAPISO DEL TANQUE							
1.2.1	CONCRETO							
	Concreto 280 kg/cm2	63	m3	140.10	6.06	-	-	9,208.09
	Aditivo para bombeo	18.9	m3	-	-	-	-	-
	Bombeo de concreto	18.9	m3	16.96	-	-	-	320.63
1.2.2	ACERO							

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD LATINA

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN

Heredia, 15 de mayo, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título "Propuesta de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales para el nuevo Hospital Willian Allen Taylor de Turrialba" por parte del estudiante: Ricardo Francisco Espinoza Solano, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

Ing. Daniel Figueroa Arias.

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD LATINA

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN

Heredia, 15 de mayo, de 2017

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título "Propuesta de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales para el nuevo Hospital Willian Allen Taylor de Turrialba" por parte del estudiante: Ricardo Francisco Espinoza Solano, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

Ing. Leonardo Moya González

María Bonilla Sequeira
Filóloga Clásica
Universidad de Costa Rica
Tel: (506) 8898 0758
/ 2253 8359
Correo electrónico:
nemesiscr@yahoo.com
nemesistica@gmail.com

San José, 22 de mayo, 2017

Señores
Universidad Latina
Escuela de Ingeniería Civil
Presente

Estimados señores:

Por medio de la presente me permito comunicar que el alumno: **RICARDO ESPINOZA SOLANO,** ha solicitado la revisión filológica de la tesis denominada: **"PROPUESTA DE SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PARA EL NUEVO HOSPITAL WILLIAM ALLEN TAYLOR DE TURRIALBA"**, la cual se presenta para ostentar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Para el efecto he procedido a revisar aspectos gramaticales, errores de construcción, ortografía, morfología, sintaxis y estilo. Asimismo, se destaca que en la revisión del documento se ha respetado el estilo propio del autor, por lo cual estimo que el documento está listo para su presentación.

Adjunto a la presente copias de las certificaciones del Colegio de Licenciados y Profesores y de la Asociación Costarricense de Filólogos, donde se me acredita como Correctora de Estilo.

María de los Ángeles Bonilla Sequeira
Cédula: 1-0672-0683 Código ALFIL: No.009
Filóloga Clásica, Universidad de Costa Rica
Correctora de Estilo
Teléfono: 8898 0758 / 2253 8359
Correos electrónicos: nemesiscr@yahoo.com // nemesistica@gmail.com