

APOYO TECNICO EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 100 VIVIENDAS DE INTERÉS PRIORITARIO EN EL PROYECTO “URBANIZACION EL CASTILLO” EN EL MUNICIPIO DE PUERTO GUZMÁN DEPARTAMENTO DE PUTUMAYO BAJO LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA BIFAMILIAR

DUVIER SAMUEL TOVAR MORA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2016**

APOYO TECNICO EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 100 VIVIENDAS DE INTERÉS PRIORITARIO EN EL PROYECTO “URBANIZACION EL CASTILLO” EN EL MUNICIPIO DE PUERTO GUZMÁN DEPARTAMENTO DE PUTUMAYO BAJO LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA BIFAMILIAR

DUVIER SAMUEL TOVAR MORA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil

**DIRECTOR:
ING. ARMANDO MUÑOZ DAVID
Ingeniero docente Universidad de Nariño**

**CODIRECTOR:
ING. OSCAR MONCAYO ORDOÑEZ
Gerente de proyectos Unión Temporal Techos Colombia**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2016**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son de responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1º del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

Nota de aceptación:

Presidente

Jurado

Jurado

Pasto, marzo de 2016.

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María, quienes nunca me han hecho desfallecer en el camino pese a las adversidades y me han dado la fortaleza para afrontar cualquier obstáculo que se presente.

A mi madre, quien supo formarme con buenos valores y principios, quien con su amor y cariño supo estar en todos los momentos, los buenos y malos, y por hacer de mí el hombre que soy.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos, a:

La Universidad de Nariño, por la educación que me ha brindado.

A mis amigos, por hacer parte de mi formación profesional.

A todos los docentes que compartieron su sabiduría y enriquecieron mi conocimiento.

A todo el equipo de la Unión Temporal Techos Colombia, quienes me brindaron su respaldo en el desarrollo de este trabajo de grado.

RESUMEN

El presente informe da cuenta de las actividades realizadas con el fin de cumplir los objetivos planteados en el proyecto de pasantía, entre las actividades que se desarrollaron, están: digitación de planos, elaboración de memorias de diseño, elaboración de actas y oficios de reuniones e informes. Con estas actividades se contribuyó a la realización de las dos primeras fases del proyecto: Fase 1. Recolección de información. Fase 2: Estudios y diseños. Además, se brindó apoyo a interventoría y alcaldía municipal de Puerto Guzmán en la recolección de información con respecto al lote y su ubicación para dar viabilidad al proyecto como también a dos proyectos más pertenecientes a la Unión Temporal Techos Colombia: el diseño del acueducto y alcantarillado del proyecto “Urbanización San Gerardo” en el municipio de La Cruz y el plan de manejo de tránsito (PMT) para el proyecto “Ciudadela Invipaz”

ABSTRACT

This report describes the activities carried out in order to meet the objectives outlined in the draft internship, among the activities developed they are: digitization of drawings, preparation of reports design, preparation of minutes of meetings and reports. These activities will contribute to the realization of the first two project phases: Phase 1. Information Collection. Phase 2 studies and designs. In addition, support is provided to auditing and Municipality of Puerto Guzman in gathering information regarding the project area and location was provided to give viability to the project as well as two belonging to Unión Temporal Techos Colombia projects: the design of water and sewage the "Urbanización San Gerardo" project in the Municipality of La Cruz and traffic management plan (PMT) for the project "Ciudadela Invipaz".

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. SOPORTES DOCUMENTALES | 20 |
| 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 20 |
| 1.2 OBTENCION DE SOPORTES DOCUMENTALES | 21 |
| 2. DISEÑOS URBANIZACION | 27 |
| 2.1 DISEÑO HIDRÁULICO VIVIENDA..... | 27 |
| 2.1.1 Diseño hidráulico vivienda discapacitados | 32 |
| 2.2 DISEÑO SANITARIO VIVIENDA. | 34 |
| 2.2.1 Diseño red sanitaria vivienda tipo: | 36 |
| 2.2.2 Diseño sistema de desagüe pluvial..... | 37 |
| 2.2.3 Diseño red sanitaria y de aguas lluvias vivienda discapacitados | 40 |
| 2.3 DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO | 44 |
| 2.4 DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO | 49 |
| 2.4.1 Alcantarillado pluvial..... | 50 |
| 2.5 CALCULO SUMIDEROS..... | 52 |
| 2.5.1 Diseño red de alcantarillado sanitario. | 56 |
| 2.6 DISEÑO PAVIMENTO ARTICULADO | 58 |
| 2.7 ESPESOR DE LA ESTRUCTURA | 61 |
| 2.7.1 Diseño filtro francés..... | 62 |
| 3. ACOMPAÑAMIENTO ALCALDIA MUNICIPAL DE PUERTO GUZMAN... | 65 |
| 4. DISEÑO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL PROYECTO “URBANIZACION SAN GERARDO” | 68 |
| 4.1 DISEÑO DE ACUEDUCTO..... | 68 |
| 4.2. DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL | 69 |
| 4.3 PLAN DE MANEJO DE TRANSITO (PMT) PARA EL PROYECTO | |

| | | |
|----|---------------------------------|----|
| | “CIUDADELA INVIPAZ” | 72 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 77 |
| 6. | RECOMENDACIONES..... | 78 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 79 |
| | ANEXOS..... | 80 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Especies arbóreas presentes en el lote. | 22 |
| Figura 2. Especies arbóreas presentes en el lote. | 23 |
| Figura 3. Errores información certificado de alcantarillado | 24 |
| Figura 4. Trazado red primer piso vivienda tipo | 27 |
| Figura 5. Trazado red segundo piso vivienda tipo | 28 |
| Figura 6. Trazado en planta de la red hidráulica vivienda discapacitados | 32 |
| Figura 7. Trazado en planta red sanitaria y aguas lluvias vivienda tipo – Piso 1 | 35 |
| Figura 8. Trazado en planta red sanitaria y de aguas lluvias vivienda tipo – Piso 2 | 35 |
| Figura 9. Trazado en planta cubierta aguas lluvias vivienda tipo | 38 |
| Figura 10. Planta Vivienda trazado de la red vivienda para discapacitados primer piso | 40 |
| Figura 11. Cubierta vivienda para discapacitados | 42 |
| Figura 12. Proyección población de diseño | 44 |
| Figura 13. Nudos y tramos de tubería red de distribución..... | 48 |
| Figura 14. Chequeo de presiones y velocidades. | 48 |
| Figura 15. Pozos de inspección existentes y proyección alcantarillado | 50 |
| Figura 16. Espesor base material granular | 61 |
| Figura 17. Pendiente Vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme) | 63 |
| Figura 18. Sección típica transversal vía vehicular | 64 |
| Figura 19. Sección típica transversal vía peatonal..... | 64 |
| Figura 20. Ubicación del lote dentro del perímetro urbano | 65 |
| Figura 21. Mapa limites urbanos actualizados y ubicación del lote..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 22. Linderos actuales (izquierda) y linderos anteriores (derecha). | 67 |
| Figura 23. Chequeo de presiones y velocidades en la red | 68 |
| Figura 24. Rutas de entrada y salida de volquetas. | 72 |
| Figura 25. Señalización fase 1 | 73 |
| Figura 26. Señalización fase 2..... | 74 |
| Figura 27. Señalización fase 3..... | 74 |
| Figura 28. Señalización fase 4..... | 75 |
| Figura 29. Plan de desvíos fase 2..... | 75 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Unidades de consumo – Norma Icontec 1500 | 29 |
| Tabla 2. Condiciones de funcionamiento de los aparatos sanitarios – Uso privado | 29 |
| Tabla 3. Método de Hunter modificado..... | 30 |
| Tabla 4. Características de la red hasta el aparato más desfavorable – Lavadora..... | 31 |
| Tabla 5. Presión de servicio requerida en lavadora..... | 31 |
| Tabla 6. Método de Hunter Modificado vivienda discapacitados | 33 |
| Tabla 7. Características de la red hasta el aparato más desfavorable – ducha | 33 |
| Tabla 8. Presión de servicio requerida en medidor..... | 34 |
| Tabla 9. Dimensionamiento red sanitaria..... | 36 |
| Tabla 10. Dimensionamiento canales recolección escorrentía superficial de cubierta | 39 |
| Tabla 11. Dimensionamiento ramales horizontales de aguas lluvias..... | 39 |
| Tabla 12. Dimensionamiento red hidráulica de la Vivienda Tipo II | 41 |
| Tabla 13. Dimensionamiento canales de recolección escorrentía superficial de cubierta | 42 |
| Tabla 14. Dimensionamiento ramales horizontales de aguas lluvias..... | 43 |
| Tabla 15. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución. | 45 |
| Tabla 16. Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el nivel de complejidad del sistema..... | 45 |
| Tabla 17. Dotación neta máxima para las poblaciones | 46 |
| Tabla 18. Propiedades tramos de tubería alcantarillado pluvial..... | 51 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 19. | Diseño de Alcantarillado Pluvial..... | 53 |
| Tabla 20. | Diseño de Colectores de conexión entre sumidero y la cámara de inspección. | 55 |
| Tabla 21. | Propiedades tramos de tubería alcantarillado sanitario | 57 |
| Tabla 22. | Diseño de alcantarillado Sanitario..... | 58 |
| Tabla 23. | Valores ecuación de Ivanov | 59 |
| Tabla 24. | Numero de ejes equivalentes..... | 60 |
| Tabla 25. | Propiedades tramos de tubería alcantarillado sanitario | 69 |
| Tabla 26. | Diseño alcantarillado sanitario | 69 |
| Tabla 27. | Propiedades tramos de tubería alcantarillado pluvial..... | 70 |
| Tabla 28. | Diseño alcantarillado pluvial | 70 |

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del proyecto de pasantía denominado APOYO TECNICO EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE 100 VIVIENDAS DE INTERÉS PRIORITARIO EN EL PROYECTO “URBANIZACION EL CASTILLO” EN EL MUNICIPIO DE PUERTO GUZMÁN DEPARTAMENTO DE PUTUMAYO BAJO LA TIPOLOGÍA DE VIVIENDA BIFAMILIAR, se realizaron visitas periódicas en las cuales se recolectó la mayor información disponible en Alcaldía Municipal mediante la oficina de Planeación e Inversión Municipal, la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo EMPOGUZMAN y la empresa de energía del Putumayo en cuanto a certificaciones sobre disponibilidad de servicios públicos, uso del suelo sobre el cual se encuentra el lote y demás certificaciones para la primera fase del proyecto.

Para la segunda fase del proyecto, que consistió en los diseños de la urbanización, se realizó el diseño de las redes hidrosanitarias internas y externas de acueducto y alcantarillado, diseño de pavimentos. Cada uno de estos diseños fue digitalizado y presentado a interventoría con su respectiva memoria de cálculo. Se consideraron las observaciones hechas por parte de interventoría para mejorar cada uno de los diseños.

Debido al problema presentado en cuanto a la ubicación del lote dentro del perímetro urbano del municipio y sus linderos con respecto a la escritura, se inicia la recolección de información por parte de interventoría, en este caso se sirve como puente de comunicación entre Alcaldía Municipal e Interventoría no solo en la recolección de documentos e información, sino también en la búsqueda de soluciones a este inconveniente.

De igual manera se prestó apoyo técnico en dos proyectos más pertenecientes a la Unión Temporal Techos Colombia, el primero el diseño de acueducto y alcantarillado del proyecto “Urbanización San Gerardo” en la vereda San Gerardo en el municipio de La Cruz, y el segundo, la elaboración del plan de manejo de tránsito (PMT) para el proyecto “Ciudadela Invipaz” en la ciudad de San Juan de Pasto

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El número de viviendas necesarias de una población, puede estimarse como la suma de viviendas que deben ser reemplazadas por encontrarse en zonas de riesgo no mitigable, por lo cual sus habitantes deben ser reubicados y viviendas requeridas por aquellos hogares que no disponen de vivienda independiente.

En el municipio de Puerto Guzmán el déficit de vivienda es importante, aunque se carece de un diagnóstico exacto. Sin embargo, se sabe que en este municipio existe un representativo número de personas en condiciones y características de grupos pobres o vulnerables. Esta población está conformada por niños, jóvenes, ancianos, mujeres cabeza de familia y discapacitados de estrato uno (1) y así mismo, se ubican en la cabecera municipal cerca de 60 familias desplazadas como resultado de las fumigaciones y del conflicto armado en Colombia y es para esta población verdaderamente difícil adquirir una vivienda sino se brinda ayuda alguna.

Las viviendas de este municipio en su mayoría se encuentran en zonas de riesgo principalmente susceptible a inundaciones y deslizamientos en temporadas de lluvias, por ende la construcción de vivienda es una necesidad prioritaria con el fin de reubicar a las familias de escasos recursos en esta condición.

Además se puede resumir que la infraestructura del espacio público es precaria e insuficiente, la mayoría de las vías se encuentran en afirmado, carecen de andenes, sardineles y un sistema de recolección de aguas lluvias para frenar el deterioro de las mismas y hacen falta escenarios como parques y centros de esparcimiento en general. Es así como no existe solamente la necesidad de vivienda como tal, sino de otros elementos ligados a ella como redes hidráulicas, redes sanitarias internas de vivienda, redes de acueductos, alcantarillado sanitario y pluvial, vías y pavimentos.

JUSTIFICACIÓN

El acceso a una vivienda digna es una de las necesidades más apremiantes para la población. Es un derecho recogido en el artículo 25 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948.

Las condiciones de vivienda digna de nuestras gentes deben proporcionar seguridad, salubridad, higiene, comodidad, poseer pisos, techos y paredes construidos con materiales que garanticen seguridad estructural, tener ambientes iluminados y ventilados naturalmente, contar con instalaciones de servicios básicos domiciliarios, ser lugares accesibles y disponer en sus proximidades de servicios urbanos y sociales.

En el caso concreto de las viviendas de interés social son especialmente importantes ya que ofrecen a las personas menos favorecidas la accesibilidad a ellas, ya que una de las principales consecuencias de la crisis económica es que las personas de bajos recursos no pueden adquirir vivienda propia, a través de sus ingresos, no sólo a causa del desempleo sino del subempleo, cuyos ingresos no cubren los gastos ni de primera necesidad, mucho menos para la adquisición de una vivienda.

De ahí la importancia de que el estado colombiano reaccione frente a esta problemática e intervenga de manera directa a través de subsidios de vivienda de interés social, mediante los cuales proteja el derecho a una vivienda digna y a la familia como base de la sociedad.

Es así como los proyectos Urbanización Castillo, Urbanización San Gerardo y Ciudadela Invipaz, cobran una enorme importancia, no solo por la vivienda en sí, sino porque su construcción contribuye además al desarrollo económico de la región, impulsando sectores como el comercio, puesto que el desarrollo de la infraestructura de una región es vital para el desarrollo de la misma.

OBJETIVOS

Objetivo general: prestar apoyo técnico en el diseño de 100 viviendas de interés prioritario en el proyecto “Urbanización El Castillo” en el municipio de Puerto Guzmán departamento del Putumayo bajo la tipología de vivienda bifamiliar, diseño de acueducto y alcantarillado del proyecto “Urbanización San Gerardo” en el municipio de La Cruz y la elaboración del plan de manejo de tránsito (PMT) para el proyecto “Ciudadela Invipaz” en la ciudad de San Juan de Pasto en el departamento de Nariño.

Objetivos Específicos

- Obtener los diferentes soportes documentales que se requieran mediante la búsqueda de información para la correcta elaboración de informes y demás documentos que se requieran como en la revisión del archivo documental y de todos los documentos técnicos que hacen parte del proyecto.
- Diseñar los diferentes elementos que componen el proyecto “Urbanización El Castillo” dentro de los cuales se contempla:
 - Diseños de redes hidráulicas y sanitarias internas de la vivienda.
 - Diseños de la red de acueducto.
 - Diseño de la red de alcantarillado sanitario.
 - Diseño de la red de alcantarillado pluvial.
 - Diseño de pavimentos.
- Diseñar el acueducto y alcantarillado para el proyecto de vivienda de interés prioritario para ahorradores “Urbanización San Gerardo” en la vereda San Gerardo, municipio de La Cruz.
- Elaborar el plan de manejo de tránsito (PMT) para el proyecto de vivienda de interés prioritario para ahorradores “Ciudadela Invipaz” en la ciudad de San Juan de Pasto.

METODOLOGÍA

La metodología que se siguió, en términos generales, se describe a continuación:

Para el primer objetivo específico, se inicia con la recolección necesaria de información para la obtener así los soportes documentales requeridos:

- Certificado de uso de suelos
- Certificación del Ministerio del Interior que constate la existencia o no de Comunidades Indígenas y Negritudes.
- Certificación de la Corporación Autónoma Regional o Parques Nacionales, que constate la existencia o no de áreas protegidas.
- Certificado de zona de riesgos
- Certificado de normatividad para construcción o de edificabilidad y Concepto de norma Urbanística (Según POT-EOT).
- Certificado de disponibilidad de servicio de acueducto.
- Certificado de disponibilidad de servicio de alcantarillado (sanitario y pluvial).
- Certificado de disponibilidad de servicio eléctrico.
- Certificado de disponibilidad de servicio de telecomunicaciones.
- Certificado de disponibilidad de servicio de gas.
- Certificación donde se constate que en el predio de desarrollo del presente proyecto se construirán cien (100) viviendas de interés social.
- Certificado del plan de manejo vial.

Se requirió estar en contacto con las diferentes entidades que se involucran en el proyecto como son Alcaldía Municipal, Secretaria de Planeación e Inversión Municipal, corporaciones autónomas regionales y empresas de servicios públicos domiciliarios.

En el segundo y tercer objetivo específico, se realizaron todos los diseños siguiendo todas las normas aplicables que cada uno de ellos requiera, como son la norma RAS 2000, NSR 10, Normas Técnicas Colombianas, especificaciones de

INVIAS y también siguiendo las observaciones que por parte de interventoría se hagan, para de esta manera presentar así los planos digitalizados y las memorias de cálculo de cada diseño.

Para el cuarto objetivo, se tuvo en cuenta para la elaboración del plan de manejo de tránsito el Manual de señalización vial 2015 del Invias, el cual da las pautas necesarias para la correcta señalización y tratamiento de las vías que serán objeto del proyecto "Ciudadela Invipaz". De igual manera, se realizó un análisis del tráfico vehicular que se presenta en el área de influencia del proyecto acompañado de un registro fotográfico, el cual se presentó dentro del documento técnico con los planos digitalizados.

1. SOPORTES DOCUMENTALES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El programa de las viviendas 100% subsidiadas nace como respuesta del Gobierno Nacional a la realidad de miles de hogares que viven en situación de extrema pobreza y, por lo tanto, no logran acceder a un crédito para obtener su vivienda por los mecanismos tradicionales que ofrece el mercado. Este programa pretende entregar 100 mil viviendas y tiene como objetivo central seguir avanzando en el cumplimiento de las metas del Gobierno de crear empleo y reducir la pobreza en Colombia.

El programa da prioridad a las familias desplazadas, a las que hacen parte de la Red Unidos y a los sectores más vulnerables. También, un porcentaje de viviendas en cada proyecto será destinado a los hogares afectados por los desastres naturales o que habiten en zonas de alto riesgo no mitigable.

Con el programa, el Gobierno Nacional promueve un trabajo conjunto entre el sector público y el sector privado, para definir un método de selección objetivo, ágil y transparente de los diseñadores, constructores e interventores de las obras.

El proyecto en cuestión corresponde a la construcción de 100 viviendas de interés social del programa de vivienda gratuita en el departamento del Putumayo, convocatoria 175, en el municipio de Puerto Guzmán, donde se construirán 100 viviendas de 45 m² cada una, los recursos corresponden al Ministerio de Vivienda y son manejados a través de la Fiduciaria FIDUBOGOTA por un valor por solución de vivienda de 74 SMMLV, o sea la suma de \$ 43.623.000, para un valor total del proyecto de \$ 4.768.190.000.00.

En el valor de la solución está incluido además de la construcción de la vivienda, las obras de urbanismo que incluyen redes de acueducto, redes de alcantarillado, redes de energía y alumbrado público, vías pavimentadas, andenes y sardineles. Los predios establecidos cuentan con fácil acceso a los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, energía y comunicaciones.

Dentro del costo total del proyecto están incluidos la elaboración de los diseños, licencias, legalización de ventas y costos financieros.

Todas las obras de construcción de las viviendas y las obras de urbanismo estarán sujetas a la normatividad vigente, particularmente con el reglamento técnico de instalaciones sanitarias RAS 2000, normas del código sismo resistente NSR 10 y normas eléctricas RETIE.

El lote es de propiedad del municipio de Puerto Guzmán y dispone de un área de 26.430 m². La construcción de las viviendas en su totalidad tendrá una tipología bifamiliar.

La vivienda corresponde a construcción de interés prioritario, cuenta con dos alcobas, sala comedor, cocina con lavaplatos y mesón, baño con todos sus aparatos sanitarios, patio con lavarropas, carpintería metálica y cubierta en teja de fibrocemento y entramado metálico. Dispone de cimentación y estructura sismo resistente con base en la norma NSR 10, instalaciones hidrosanitarias sujetas a las normas RAS 2000 e instalaciones eléctricas con base a las normas RETIE.

En cuanto a los acabados, se aclara que al ser viviendas de interés prioritario, estas no disponen de obras de acabados, solo se cuenta con enchapes en cerámica en las zonas húmedas del baño, en el mesón de la cocina y en el lavadero. Los pisos de toda la vivienda serán en concreto a la vista llanado y liso incluyendo la zona de lavadero.

1.2 OBTENCION DE SOPORTES DOCUMENTALES

Se da inicio la fase 1 del proyecto la cual corresponde a la obtención de los soportes documentales, estos son los documentos o certificaciones necesarios para dar viabilidad en su primera fase. Para la obtención de esta documentación se realizaron visitas al municipio, los soportes documentales obtenidos son los siguientes (los soportes documentales y toda la información que a continuación se describe, se encuentra en del anexo 1):

- Certificado uso de suelo

En este se certificara que el predio ofrecido por el municipio para el desarrollo del proyecto se encuentra dentro del uso residencial según el EOT del municipio. El certificado es generado por la oficina de Planeación e Inversión Municipal de la Alcaldía Municipal.

- Certificado del Ministerio del Interior que constate la existencia o no de comunidades indígenas y negritudes.

Este certificado solo es aplicable a aquellos municipios donde existan esta clase de comunidades y se encuentren dentro de la zona a desarrollar. En nuestro caso no se afecta a ninguna comunidad indígena o de negritudes, de igual manera se genera el certificado por el secretario de Planeación e Inversión Municipal.

- Certificado de la Corporación Autónoma Regional o Parques nacionales, que constate la existencia o no de áreas protegidas.

Para nuestro caso, la Corporación Autónoma Regional es Corpoamazonia (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia) que tiene bajo su jurisdicción al municipio de Puerto Guzmán. Para la elaboración de este certificado se hace una revisión de la existencia de cuerpos de agua, especies arbóreas importantes y fauna silvestre dentro del lote a trabajar. Para esto fue necesaria la visita del Ingeniero Forestal Lisandro Ruiz de Corpoamazonia, quien inspeccionó el lote para así dar su concepto sobre las medidas a tomar, ya que dentro del lote se encontraban especies arbóreas (figuras 1 y 2), las cuales debían ser taladas para dar viabilidad al proyecto. Dentro de la certificación se autoriza la tala de las especies existentes y las actividades de mitigación correspondientes. Un requisito para la generación de este certificado es la socialización de la actividad que se llevó a cabo, la tala de los árboles, con la comunidad aledaña al lote, para de esta manera obtener la aprobación de su parte, para esta actividad se realizó un acompañamiento a la secretaria de Planeación e Inversión Municipal para la socialización con la comunidad y la posterior acta para la generación del certificado por Corpoamazonia.

Por otra parte, es elaborado en Corpoamazonia, un certificado en el cual especifica que el lote no se encuentra sobre zonas identificadas y delimitadas como de protección o restricción en el orden ambiental. (Ver Figura 1 - 2)

Figura 1. Especies arbóreas presentes en el lote



Figura 2. Especies arbóreas presentes en el lote



También se genera un segundo certificado donde se constata que el predio no se encuentra dentro de zonas identificadas y delimitadas como de protección o restricción en el orden ambiental.

- Certificado de zona de riesgo.

En este certificado se constata que el predio no está sobre zonas de riesgo como lo son áreas de remoción de masa, zona inundable, falla geológica y otros. Este certificado es emitido en base a lo establecido en el EOT del municipio por medio de la oficina de Planeación e Inversión Municipal.

- Certificado normativa para construcción o de edificabilidad y concepto de norma urbanística según EOT.

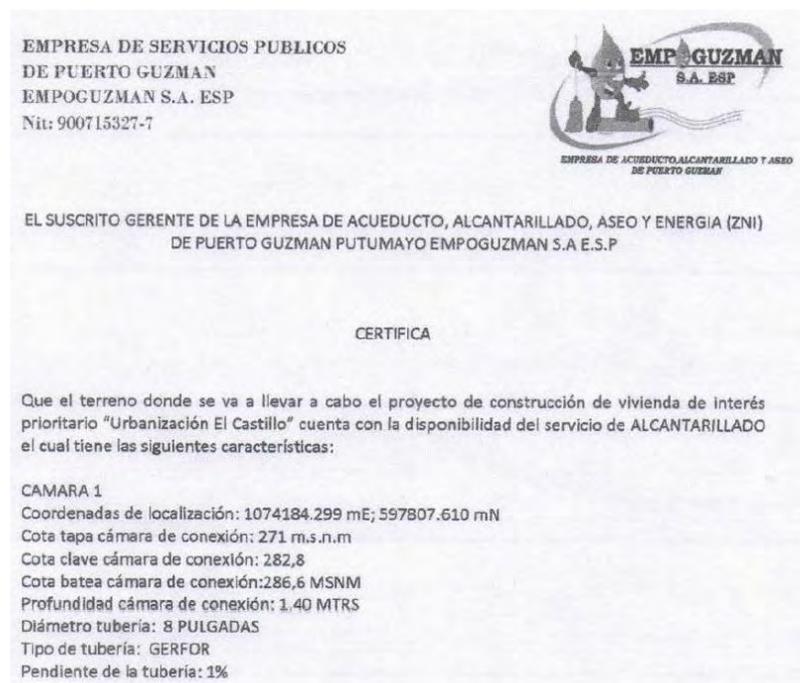
El municipio de Puerto Guzmán posee un código de construcción y urbanismo el cual posee la normativa a seguir para los diferentes tipos de construcciones, se hace una revisión de este código y no se encuentra información específica para vivienda de interés social, por tanto, se genera un certificado con una normativa específica para el proyecto, el cual fue elaborado con la ayuda del arquitecto Camilo González, quien es el encargado del diseño urbanístico para el proyecto. Se generan dos certificados, el primero el cual se adopta los parámetros urbanísticos contemplados en la norma nacional, decreto 2060 de 2004 y el

segundo donde se adoptan parámetros urbanísticos específicos para el proyecto a desarrollar.

- Certificado de disponibilidad de servicio de acueducto y alcantarillado.

Este certificado es elaborado por la empresa de acueducto, alcantarillado, aseo y energía (ZNI) de Puerto Guzmán – Putumayo EMPOGUZMAN S.A. E.S.P. Este certificado, junto con el del servicio de alcantarillado y energía eléctrica, fueron los últimos certificados en conseguir. Por tanto se realizó una nueva visita para aclarar los aspectos respecto a los certificados, el día de la visita no se encontró personal en la oficina de EMPOGUZMAN, se radican oficios en Alcaldía Municipal en la oficina de Planeación e Inversión Municipal para luego ser entregados a EMPOGUZMAN, estos certificados fueron enviados de forma tardía y la información que contenían era errada, como se indica en la figura 3, aquí se muestra que las cotas clave, batea y tapa poseen inconsistencias en su información, por lo cual se generaron retrasos en la entrega de los diseños hidráulicos y sanitarios del proyecto debido a que por parte de EMPOGUZMAN no se solucionaba este inconveniente de manera oportuna. (Ver Figura 3)

Figura 3. Errores información certificado de alcantarillado



Esto obligó a realizar un oficio en el cual se informa a interventoría sobre la causa de los retrasos en la entrega de los diseños, relacionado especialmente con los certificados de acueducto y alcantarillado.

Se realizó una nueva visita para aclarar los aspectos relacionados con los certificados, se envía un fontanero por parte de EMPOGUZMAN para aclarar la ubicación y las características de los puntos de conexión de alcantarillado y acueducto. De esta manera, se generó un acta de seguimiento del contrato, donde se adquirió el compromiso por parte de EMPOGUZMAN de elaborar los certificados con la colaboración nuestra para generar las cotas reales de tapa, clave y batea y las coordenadas de ubicación. Fue así, como se lograron obtener los certificados correctamente con la información necesaria para realizar los diseños hidrosanitarios del proyecto.

- Certificado de disponibilidad de servicio eléctrico.

El certificado es emitido por parte de la Empresa de Energía del Putumayo S.A. E.S.P. donde se especificaron las características del punto de conexión, esta certificación fue la que el municipio presentó cuando se postuló al proyecto, la cual por su vigencia, aún tiene validez al momento de presentarla a interventoría.

Se requiere la información adicional de las coordenadas del punto de conexión, para lo cual, se solicitó esta información a la Empresa de Energía del Putumayo ya que no fue posible ubicar el punto de conexión en el plano urbanístico con la información del certificado, necesaria para el diseño eléctrico del proyecto. La Empresa de Energía del Putumayo generó un segundo certificado donde se especificó la información solicitada.

- Certificado de disponibilidad de servicio de telecomunicaciones.

Se realiza la búsqueda de información en las diferentes compañías de comunicación móvil que tienen cobertura en el municipio, se encuentra que solo Claro y Movistar tienen cobertura en esta zona, por tanto, se adjunta la información de la cobertura encontrada y esta es certificada por la oficina de Planeación e Inversión Municipal.

- Certificado de disponibilidad de servicio de gas.

El municipio de Puerto Guzmán no cuenta con este servicio, por tanto se certifica que no tiene disponibilidad de este servicio por parte de la oficina de Planeación e Inversión Municipal.

- Plan de manejo de tránsito.

Este es elaborado teniendo en cuenta la información suministrada por Alcaldía Municipal sobre las vías que serán intervenidas, los días de mercado en el municipio como también la señalización a utilizar y el manejo del tránsito en el

área de influencia del proyecto. La oficina de Planeación e Inversión Municipal certifica la viabilidad del plan de manejo de tránsito presentado.

- Certificado para la disposición de escombros.

Se solicita este certificado a la oficina de Planeación e Inversión Municipal, la cual certifica que no hay escombrera municipal y que los residuos de la construcción estarán a disposición de la comunidad para diferentes actividades como nivelación de terrenos.

2. DISEÑOS URBANIZACION.

A continuación se presentan los diseños realizados para la urbanización, dentro del anexo 2, se encuentran las memorias y planos respectivos donde se podrá ver en detalle las especificaciones y cálculos, como los planos en formato DWG.

2.1 DISEÑO HIDRÁULICO VIVIENDA

Ya teniendo definida la vivienda tipo y la vivienda para discapacitados por parte del arquitecto Camilo González, se procede a realizar el trazado de la red hidráulica de la vivienda de la siguiente manera (Ver Figura 4 - 5)

Figura 4. Trazado red primer piso vivienda tipo

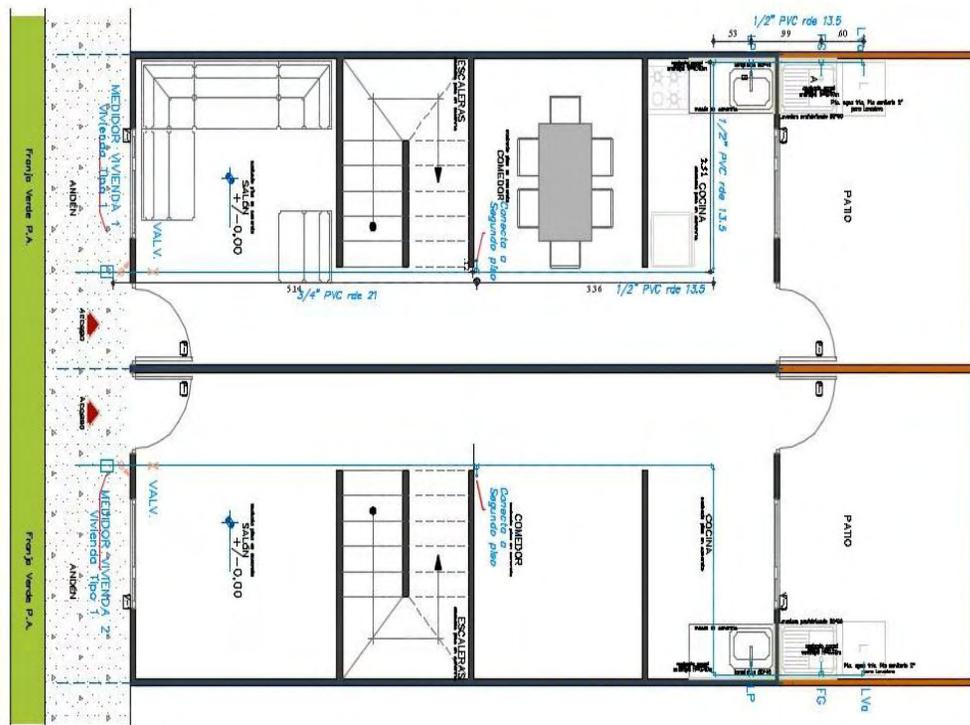
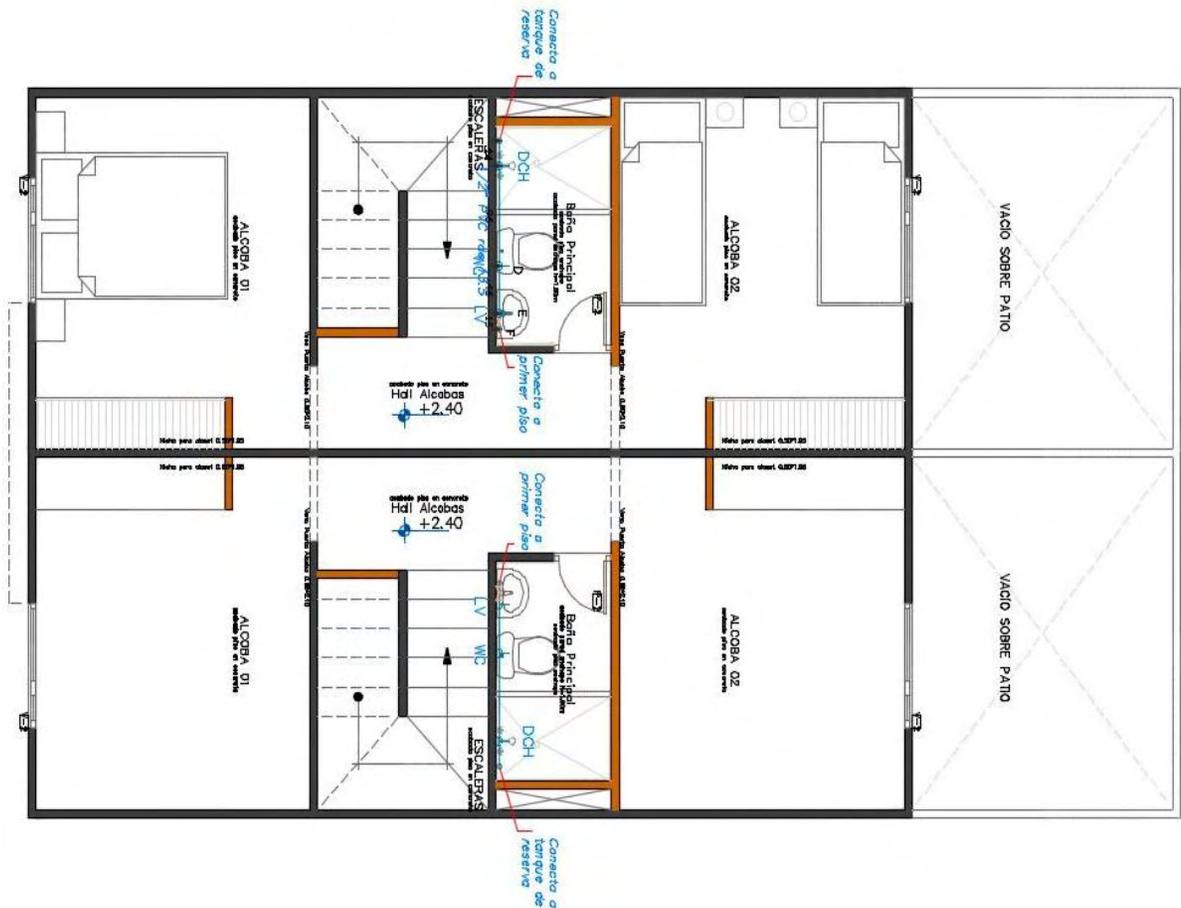


Figura 5. Trazado red segundo piso vivienda tipo



Debido a que la vivienda es bifamiliar (2 viviendas por cada lote) y por la simetría de estas, se diseña solo con una, la de la parte izquierda, ya que presentan la misma configuración y ubicación de los aparatos sanitarios.

Ya con esta configuración en planta, con la tubería y su longitud correspondiente se dispone a hacer el cálculo de la red hidráulica mediante el método Hunter modificado, que es el método sugerido por el Icontec, donde el primer paso es determinar las unidades de consumo (UC) para cada aparato sanitario de la vivienda. (Ver tabla 1 - 2)

Tabla 1. Unidades de consumo – Norma Icontec 1500

| Aparato sanitario | Ocupación | Tipo de control del suministro | Unidades de consumo |
|-------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|
| Inodoro | Privado | Tanque de limpieza | 3 |
| Lavamanos | Privado | Llave | 1 |
| Ducha separada | Privado | Válvula mezcladora | 2 |
| Lavadero | Privado | Llave | 3 |
| Lavadora | Privado | Llave | 3 |
| Lavaplatos | Privado | Llave | 2 |

Tabla 2. Condiciones de funcionamiento de los aparatos sanitarios – Uso privado

| Aparatos | Qmín (lps) | Qrecom. (lps) | Presión mínima (m.c.a.) | Presión recom. (m.c.a.) | UDC | Diámetro de alimentación |
|----------------|------------|---------------|-------------------------|-------------------------|------|--------------------------|
| Ducha | 0.20 | 0.30 | 1.50 | 7.00 | 1.50 | 1/2" |
| Inodoro tanque | 0.30 | 0.35 | 2.00 | 7.00 | 3.00 | 1/2" |
| Lavadero | 0.20-0.30 | 0.30-0.45 | 2.00 | 7.00 | 1.50 | 1/2" |
| Lavamano | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 7.00 | 0.80 | 1/2" |
| Lavadora | 0.25-0.30 | 0.4-0.45 | 2.00 | 7.00 | 2.00 | 1/2" |
| Lavaplato | 0.25-0.30 | 0.40-0.45 | 2.00 | 7.00 | 2.00 | 1/2" |

Teniendo en cuenta que el caudal para una UC para este caso equivale a $Q=0.1163*(UC)^{0.6875}$, se determina el diámetro de la tubería y la velocidad real para cada uno de los tramos establecidos en el trazado en planta, los datos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Método de Hunter modificado.

| Tramo | No. de aparatos sanitarios | Unidades de consumo | Qmax prob (lps) | Diámetro mínimo (in) | Diámetro nominal (in) | Diámetro efectivo (m) | Vel. Real (m/s) |
|---------|----------------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Lva - A | 1 | 3 | 0,25 | 0,497 | 1/2 | 0,0182 | 0,963 |
| A - B | 2 | 6 | 0,40 | 0,628 | 1/2 | 0,0182 | 1,541 |
| B - C | 3 | 8 | 0,49 | 0,695 | 1/2 | 0,0182 | 1,888 |
| DCH - D | 1 | 2 | 0,19 | 0,433 | 1/2 | 0,0182 | 0,732 |
| D -E | 2 | 5 | 0,35 | 0,588 | 1/2 | 0,0182 | 1,348 |
| E - F | 3 | 6 | 0,40 | 0,628 | 1/2 | 0,0182 | 1,541 |
| F - C | 3 | 6 | 0,40 | 0,628 | 1/2 | 0,0182 | 1,541 |
| C - MED | 6 | 14 | 0,71 | 0,837 | 3/4 | 0,0236 | 1,619 |

Se revisó la velocidad real, donde las recomendaciones plantean una velocidad máxima de 2 m/s para diámetro hasta de 3". Con el fin de no disponer de velocidades muy pequeñas en la red, el diámetro debe ser lo más pequeño posible.

De 3" en adelante, la velocidad puede ser 2.5 m/s o un poco más, sin que se superen los 3.0 m/s. Estos valores se dan principalmente para evitar pérdidas de energía excesivas en la red y también se recomiendan para evitar problemas derivados de los permanentes transitorios que se generan en la red. La velocidad mínima debe ser de 0.80 m/s con el fin de evitar procesos de incrustación en las tuberías.

Se observó un tramo con menor que la velocidad mínima, el tramo DCH-D (0.732 m/s). Teniendo en cuenta la inexistencia de un diámetro comercial menor de 1/2" PVC, que su valor de velocidad real es muy próximo al límite permitido y que la velocidad real es menor a 2.00 m/s, se deduce que se cumple con esta recomendación.

Ya con el chequeo de las velocidades reales, se determinó la energía mínima necesaria, en el medidor, para el funcionamiento adecuado del aparato sanitario más desfavorable, para esto se parte de la configuración general de la red, se determina que el aparato más desfavorable es la lavadora, ubicada en el tramo Lva - A, teniendo en cuenta que exige una presión de 7 m.c.a para un funcionamiento adecuado y es el aparato sanitario más alejado del medidor. Los accesorios y longitudes del tramo que alimenta la lavadora son, como se indican en la tabla 4.

Tabla 4. Características de la red hasta el aparato más desfavorable – Lavadora

| Tramo | Longitud del tramo (m) | Accesorios | Cantidad | Φ de la tubería (in) | Velocidad (m/s) |
|-----------|------------------------|--------------------------|----------|----------------------|-----------------|
| C-Medidor | 5,63 | Medidor | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Válvula de cierre rápido | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Válvula check | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Tee (paso directo) | 1 | 3/4 | 1,619 |
| B - C | 6,48 | Tee (salida lateral) | 1 | 1/2 | 1,888 |
| | | Codo 90° | 1 | 1/2 | 1,888 |
| A - B | 0,99 | Tee (salida lateral) | 1 | 1/2 | 1,541 |
| Lva - A | 1,8 | Codo 90° | 2 | 1/2 | 0,963 |

El planteamiento de la ecuación de energía entre el punto de suministro (medidor) y el punto de descarga del aparato más desfavorable es la siguiente:

$$P_s = Z_k + P_k + \sum h_f + \sum h_l$$

Dónde:

Perdida en el medidor = Z_k

Presión aparato sanitario = P_k

Pérdida de energía por fricción = h_f

Pérdida de energía por accesorios h_l

En la tabla 5, se resumen los valores para cada uno de los parámetros.

Tabla 5. Presión de servicio requerida en lavadora

| Parámetro | Tramo Ducha-Medidor |
|----------------|---------------------|
| Z_k (m) | 1.2 |
| P_k (m.c.a.) | 7.00 |
| H_f (m) | 2.65 |
| H_l (m) | 2.90 |
| P_s (m.c.a.) | 13.75 |

Por lo anterior, se concluye que el tramo crítico corresponde al comprendido entre la lavadora y el medidor requiriendo una presión de servicio de 13.75 m.c.a. en el medidor para garantizar un correcto funcionamiento en el lavadero.

2.1.1 Diseño hidráulico vivienda discapacitados. De este mismo modo se realizó el diseño para la red hidráulica de la vivienda para discapacitados, a continuación se presenta en resumen el diseño de la red. (Ver figura 6 y tabla 6 - 7 - 8)

Figura 6. Trazado en planta de la red hidráulica vivienda discapacitados

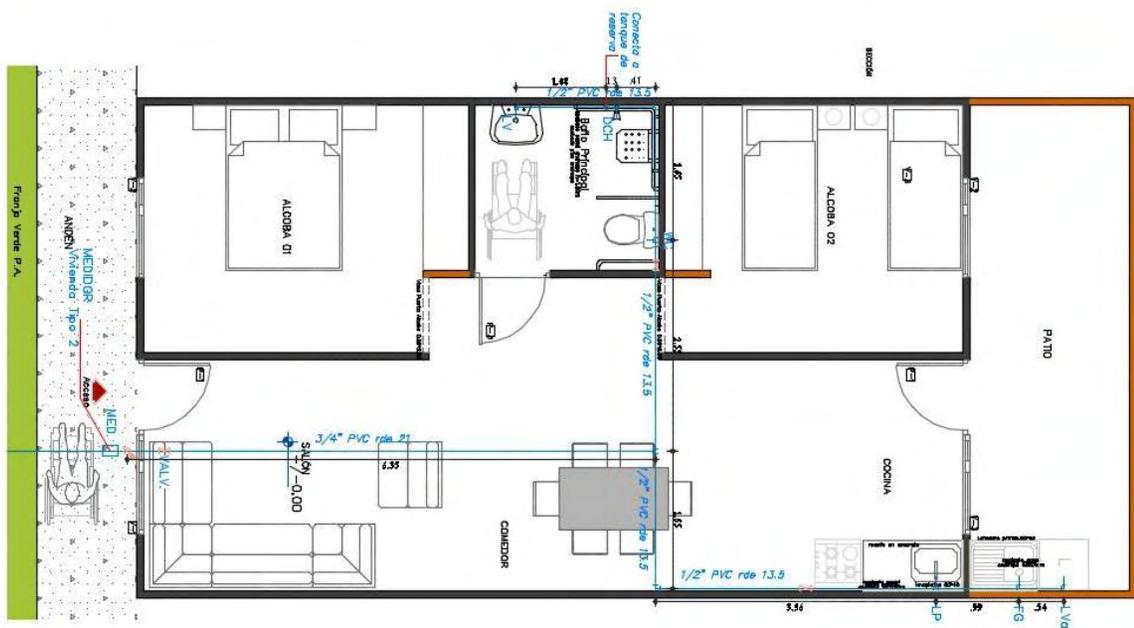


Tabla 6. Método de Hunter Modificado vivienda discapacitados

| Tramo | No. de aparatos sanitarios | Unidades de consumo | Qmax prob (lps) | Diámetro mínimo (in) | Diámetro nominal (in) | Diámetro efectivo (m) | Vel. Real (m/s) |
|---------|----------------------------|---------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| LV - D | 1 | 1 | 0,12 | 0,344 | 1/2 | 0,0182 | 0,462 |
| DCH - D | 1 | 2 | 0,19 | 0,433 | 1/2 | 0,0182 | 0,730 |
| D - E | 2 | 3 | 0,25 | 0,497 | 1/2 | 0,0182 | 0,963 |
| E - C | 3 | 6 | 0,40 | 0,628 | 1/2 | 0,0182 | 1,541 |
| Lva - A | 1 | 3 | 0,25 | 0,497 | 1/2 | 0,0182 | 0,963 |
| A - B | 2 | 6 | 0,40 | 0,628 | 1/2 | 0,0182 | 1,541 |
| B - C | 3 | 8 | 0,49 | 0,695 | 1/2 | 0,0182 | 1,888 |
| C - MED | 6 | 14 | 0,71 | 0,837 | 3/4 | 0,0236 | 1,619 |

Tabla 7. Características de la red hasta el aparato más desfavorable – ducha

| Tramo | Longitud del tramo (m) | Accesorios | Cantidad | Φ de la tubería (in) | Velocidad (m/s) |
|------------|------------------------|--------------------------|----------|----------------------|-----------------|
| C- Medidor | 6,43 | Medidor | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Válvula de cierre rápido | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Válvula check | 1 | 3/4 | 1,619 |
| | | Tee (paso directo) | 1 | 3/4 | 1,619 |
| E - C | 2,5 | Tee (salida lateral) | 1 | 1/2 | 1,541 |
| D - E | 2 | Tee (salida lateral) | 1 | 1/2 | 0,963 |
| | | Codo 90° | 1 | 1/2 | 0,963 |
| DCH - D | 2,05 | Tee (paso directo) | 1 | 1/2 | 0,730 |
| | | Codo 90° | 1 | 1/2 | 0,730 |

Tabla 8. Presión de servicio requerida en medidor

| Parámetro | Tramo Ducha-Medidor |
|-------------|---------------------|
| Zk (m) | 2.05 |
| Pk (m.c.a.) | 7.00 |
| Hf (m) | 1.91 |
| Hl (m) | 2.60 |
| Ps (m.c.a.) | 13.56 |

Por lo anterior se concluye que el tramo crítico corresponde al comprendido entre la ducha y el medidor requiriendo una presión de servicio de 13.56 m.c.a. en el medidor para garantizar un correcto funcionamiento en la ducha.

La presión de servicio certificada por EMPOGUZMAN, que se tiene para el proyecto es de 18 m.c.a., suficiente para abastecer a cada tipo de vivienda.

2.2 DISEÑO SANITARIO VIVIENDA.

Con el diseño arquitectónico definido, se traza la red sanitaria y de aguas lluvia para la vivienda tipo siguiendo las recomendaciones de la norma NTC 1500, como se muestra en la figura 7 y 8.

Figura 7. Trazado en planta red sanitaria y aguas lluvias vivienda tipo – Piso 1

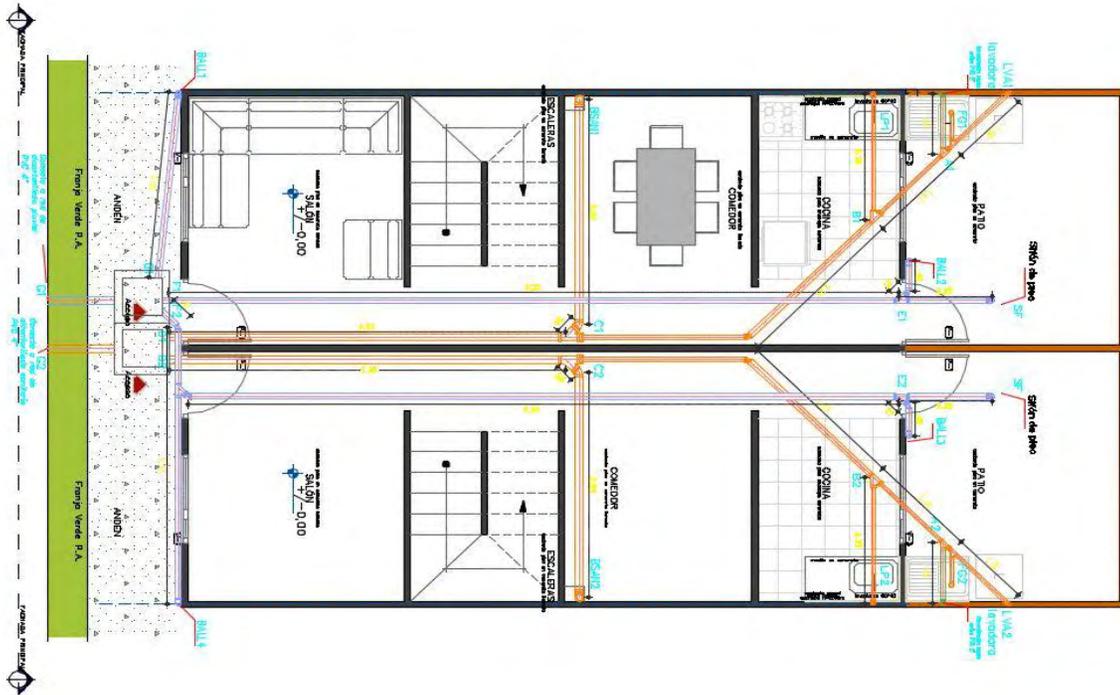


Figura 8. Trazado en planta red sanitaria y de aguas lluvias vivienda tipo – Piso 2



2.2.1 Diseño red sanitaria vivienda tipo:

Diseño de ramales horizontales

La vivienda tipo I, presenta dos apartamentos independientes uno del otro en cuanto a red sanitaria pero presentado simetría en el plano respecto al diseño, por lo tanto el cálculo en la red sanitaria será el mismo para la vivienda a la derecha e izquierda:

Una vez definidos los parámetros de diseño, y conociendo los tramos de tubería y aparatos sanitarios aportantes se procede a realizar el dimensionamiento de la red sanitaria para la vivienda tipo I así: (Ver tabla 9)

Tabla 9. Dimensionamiento red sanitaria

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------|----|-----------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-------|--------------------|--|-------|--------------------|---------------------|
| | | | | | | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | |
| Tramo | UD | Q _{max} prob (lps) | P _{te} (%) | Φ comercial (in) | V _{ll} real (m/s) | Z/d0 ^{2.5} | Y/d0 | Y _c (m) | (Q _{xn}) / (S ^{1/2} x d0 ^{8/3}) | Y/d0 | Y _n (m) | 0.75 x D. comercial |
| PISO 1 | | | | | | | | | | | | |
| LVA1 - A1 | 3 | 0,248 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,136 | 0,375 | 0,0191 | 0,054 | 0,291 | 0,015 | 0,0381 |
| FG1 - A1 | 3 | 0,248 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,136 | 0,375 | 0,0191 | 0,054 | 0,291 | 0,015 | 0,0381 |
| A1-B1 | 6 | 0,399 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,220 | 0,479 | 0,0243 | 0,088 | 0,372 | 0,019 | 0,0381 |
| LVP-B1 | 2 | 0,187 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,102 | 0,322 | 0,0164 | 0,041 | 0,248 | 0,013 | 0,0381 |
| B1-C1 | 8 | 0,486 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,096 | 0,314 | 0,0239 | 0,036 | 0,232 | 0,018 | 0,0572 |
| BSAN1-C1 | 6 | 0,399 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,038 | 0,199 | 0,0202 | 0,014 | 0,151 | 0,015 | 0,0762 |
| C1-D1 | 14 | 0,714 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,070 | 0,267 | 0,0271 | 0,025 | 0,195 | 0,020 | 0,0762 |
| PISO 2 | | | | | | | | | | | | |
| LV1-A'1 | 1 | 0,116 | 1,00 | 2 | 0,49 | 0,064 | 0,257 | 0,0131 | 0,036 | 0,232 | 0,012 | 0,0381 |
| A'1-B'1 | 1 | 0,116 | 1,00 | 2 | 0,49 | 0,064 | 0,257 | 0,0131 | 0,036 | 0,232 | 0,012 | 0,0381 |
| WC1-B1 | 3 | 0,248 | 1,00 | 4 | 0,79 | 0,024 | 0,154 | 0,0156 | 0,012 | 0,122 | 0,012 | 0,0762 |
| B'1-C'1 | 4 | 0,302 | 1,00 | 4 | 0,79 | 0,030 | 0,170 | 0,0173 | 0,015 | 0,151 | 0,015 | 0,0762 |
| DH1-C'1 | 2 | 0,187 | 1,00 | 2 | 0,49 | 0,102 | 0,322 | 0,0164 | 0,058 | 0,304 | 0,015 | 0,0381 |
| C'1-BSAN1 | 6 | 0,399 | 1,00 | 4 | 0,79 | 0,038 | 0,199 | 0,0202 | 0,020 | 0,174 | 0,018 | 0,0762 |

Diseño de bajantes: el caudal por bajante se determinó en el ítem anterior dando como resultado un caudal máximo de:

BSAN1 y BSAN2; Q = 0.399 l/s

Para determinar el diámetro de la bajante, la relación r entre el área de la corona circular y área de la sección transversal del tubo se puede tomar como $1/3$ para aumentar la capacidad de la bajante, teniendo en cuenta que se transporta agua lluvia.

De acuerdo con la fórmula para flujo en bajantes:

$$Q = 1.754 \cdot D^{8/3} \cdot r^{5/3}$$

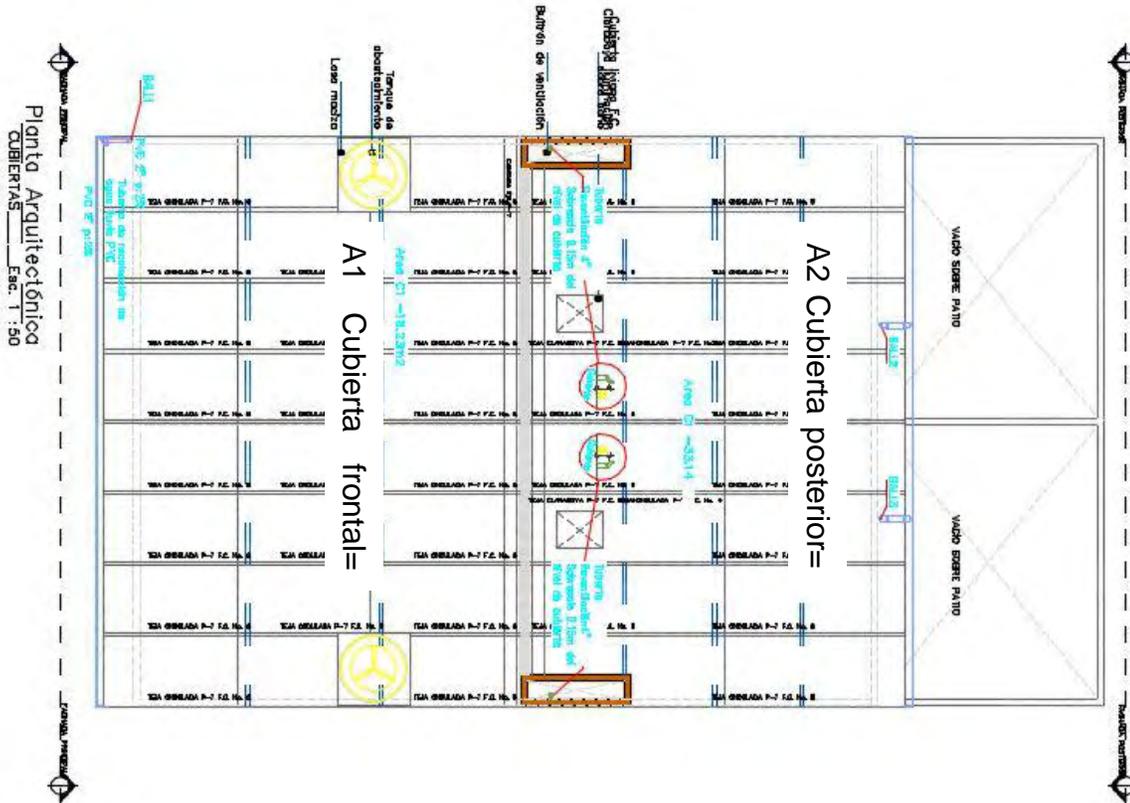
Despejando el valor de diámetro se tiene:

$$D_1 = \left(\frac{Q}{1.754 \times r^{5/3}} \right)^{3/8} = \left(\frac{0.399}{1.754 \times 0.333^{5/3}} \right)^{3/8} = 1.14 \text{ pulg} \approx 2 \text{ pulg}$$

En conclusión, el diámetro del bajante de recolección de aguas negras tendrá un diámetro mínimo de dos (2) pulgadas, sin embargo, constructivamente se realizara con 4" para dar continuidad a la tubería.

2.2.2 Diseño sistema de desagüe pluvial. Se proyectó la construcción de la cubierta a dos aguas para la vivienda y para la determinación de su área se presenta la siguiente figura: (Ver Figura 9)

Figura 9. Trazado en planta cubierta aguas lluvias vivienda tipo



Como la cubierta planteada es a dos aguas se cuenta con canaletas las cuales se encargan de recoger las aguas lluvias y conducir las hasta los 2 bajantes planteados en la cubierta, por lo cual se determina el caudal de aguas lluvias de la cubierta teniendo en cuenta las áreas aferentes para cada canaleta y se diseña para el área de cubierta más crítica en el caso de la vivienda Tipo I para las áreas de cubierta A1 y A2 la mayor será $A1 = 36\text{m}^2$ para la cual se tiene el siguiente caudal:

$$Q = 2.78 \times C \times I \times A = 2.78 \times 0.75 \times 47 \times 0.00364 = 0,35 \frac{l}{s}$$

Diseño de la canaleta que recoge la escorrentía superficial de cubierta y diseño ramales horizontales: De acuerdo con las recomendaciones de la norma NTC 1500, la pendiente mínima debe ser superior al 1% para diámetros iguales o superiores a cuatro pulgadas.

Como la determinación del diámetro es un proceso de ensayo y error, se supone una canaleta de sección semicircular con un diámetro de cuatro pulgadas en tubería PVC para luego encontrar el diámetro final. Este proceso es el mismo utilizado en el dimensionamiento de la red sanitaria, con la diferencia de que su

capacidad se define para el 35 o 40% del radio como se observa en la columna 13 para el caso de los canales de recolección y del 100% para los ramales horizontales de la red de aguas lluvias. (Ver tabla 10 - 11)

Tabla 10. Dimensionamiento canales recolección escorrentía superficial de cubierta

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 8 9 | | | 10 11 12 | | | 13 |
|----------|------|-----------------|---------|-----------------------|----------------|---------------|-------|--------|---------------------------|-------|--------|-------------|
| | | | | | | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | |
| Tramo | UD | Qmax prob (lps) | Pte (%) | Φ comercial (in) | VII real (m/s) | Z/d02.5 | Y/d0 | Yc (m) | $(Q_{xn}) / (S1/2xd08/3)$ | Y/d0 | Yn (m) | 0.40 x d0/2 |
| BALL 1,2 | 4,97 | 0,350 | 1,0 | 4 | 0,786 | 0,034 | 0,185 | 0,0188 | 0,017 | 0,151 | 0,015 | 0,0203 |

Tabla 11. Dimensionamiento ramales horizontales de aguas lluvias

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 8 9 | | | 10 11 12 | | | 13 |
|--------------------------------|------|-----------------|---------|-----------------------|----------------|---------------|-------|--------|---------------------------|-------|--------|--------------------|
| | | | | | | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | |
| Tramo | UD | Qmax prob (lps) | Pte (%) | Φ comercial (in) | VII real (m/s) | Z/d02.5 | Y/d0 | Yc (m) | $(Q_{xn}) / (S1/2xd08/3)$ | Y/d0 | Yn (m) | 1.0 x D. comercial |
| PISO 1 VIVIENDA A LA DERECHA | | | | | | | | | | | | |
| SF - F2 | 1 | 0,116 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,024 | 0,154 | 0,0117 | 0,009 | 0,122 | 0,009 | 0,0762 |
| BALL2 - F2 | 4,97 | 0,350 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,070 | 0,267 | 0,0203 | 0,026 | 0,195 | 0,015 | 0,0762 |
| F2- G2 | 5,97 | 0,397 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,080 | 0,286 | 0,0218 | 0,030 | 0,214 | 0,016 | 0,0762 |
| PISO 1 VIVIENDA A LA IZQUIERDA | | | | | | | | | | | | |
| SF - G1 | 1 | 0,116 | 1,00 | 3 | 0,65 | 0,024 | 0,154 | 0,0117 | 0,012 | 0,122 | 0,009 | 0,0762 |
| BALL1 - F1 | 4,97 | 0,350 | 1,00 | 3 | 0,65 | 0,070 | 0,267 | 0,0203 | 0,037 | 0,232 | 0,018 | 0,0762 |

Diseño de bajantes: El caudal por bajante se determinó en el ítem anterior dando como resultado:

Bajante de aguas lluvias 1, 2. $Q = 0.35$ l/s

Para determinar el diámetro de la bajante, la relación r entre el área de la corona circular y área de la sección transversal del tubo se puede tomar como 1/3 para aumentar la capacidad de la bajante, teniendo en cuenta que se transporta agua lluvia.

De acuerdo con la fórmula para flujo en bajantes:

$$Q = 1.754 \cdot D^{8/3} \cdot r^{5/3}$$

Despejando el valor de diámetro se tiene:

$$D_1 = \left(\frac{Q}{1.754 \times r^{5/3}} \right)^{3/8} = \left(\frac{0.35}{1.754 \times 0.333^{5/3}} \right)^{3/8} = 1.09 \text{ pulg} \approx 2 \text{ pulg}$$

En conclusión, el diámetro del bajante de recolección de agua de escorrentía superficial se asumió como tres (3) pulgadas para dar cumplimiento a la norma.

2.2.3 Diseño red sanitaria y de aguas lluvias vivienda discapacitados.

Siguiendo la misma metodología utilizada para el dimensionamiento de las redes sanitarias y de aguas lluvias de la Vivienda Tipo se procede a chequear las redes internas de la Vivienda para discapacitados teniendo en cuenta que este tipo de vivienda se proyecta como unifamiliar. (Ver Figura 10 - 11 y Tabla 12)

Figura 10. Planta Vivienda trazado de la red vivienda para discapacitados primer piso

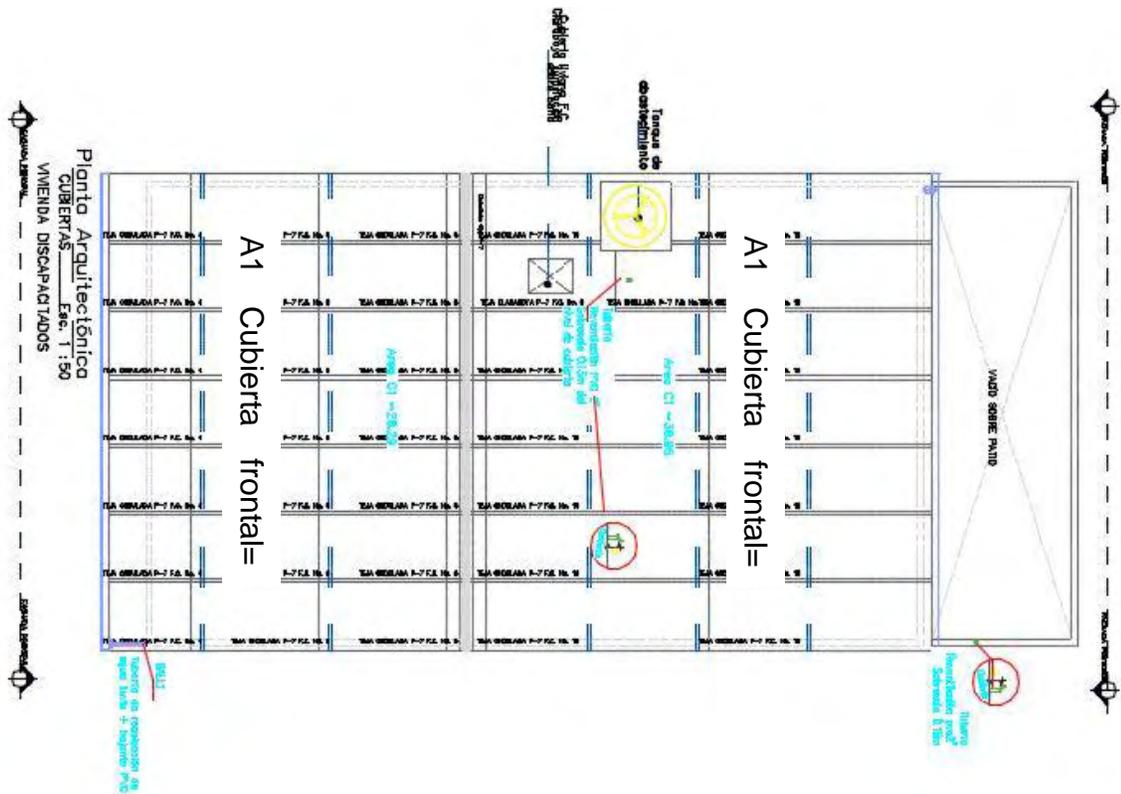


Chequeo red sanitaria vivienda para discapacitados:

Tabla 12. Dimensionamiento red hidráulica de la Vivienda Tipo II

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------|----|-----------------|---------|------------------|----------------|---------------|-------|--------|----------------------|-------|--------|---------------------|
| Tramo | UD | Qmax prob (lps) | Pte (%) | Φ comercial (in) | Vll real (m/s) | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | 0.75 x D. comercial |
| | | | | | | Z/d02.5 | Y/d0 | Yc (m) | (Qxn) / (S1/2xd08/3) | Y/d0 | Yn (m) | |
| PISO 1 | | | | | | | | | | | | |
| LVA-A | 3 | 0,248 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,136 | 0,375 | 0,0191 | 0,054 | 0,291 | 0,015 | 0,0381 |
| FG-A | 3 | 0,248 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,136 | 0,375 | 0,0191 | 0,054 | 0,291 | 0,015 | 0,0381 |
| A-B | 6 | 0,399 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,220 | 0,479 | 0,0243 | 0,088 | 0,372 | 0,019 | 0,0381 |
| B - C | 6 | 0,399 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,220 | 0,479 | 0,0243 | 0,088 | 0,372 | 0,019 | 0,0381 |
| LP - C | 2 | 0,187 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,102 | 0,322 | 0,0164 | 0,041 | 0,248 | 0,013 | 0,0381 |
| C - D | 8 | 0,486 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,266 | 0,524 | 0,0266 | 0,107 | 0,402 | 0,020 | 0,0381 |
| D-E | 8 | 0,486 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,096 | 0,314 | 0,0239 | 0,036 | 0,232 | 0,018 | 0,0572 |
| WC-F | 3 | 0,248 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,024 | 0,154 | 0,0156 | 0,009 | 0,122 | 0,012 | 0,0762 |
| DCH-F | 2 | 0,187 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,102 | 0,322 | 0,0164 | 0,041 | 0,248 | 0,013 | 0,0381 |
| F-G | 5 | 0,352 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,034 | 0,185 | 0,0188 | 0,012 | 0,122 | 0,012 | 0,0762 |
| LV-G | 1 | 0,116 | 2,00 | 2 | 0,70 | 0,064 | 0,257 | 0,0131 | 0,025 | 0,195 | 0,010 | 0,0381 |
| G-E | 6 | 0,399 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,038 | 0,199 | 0,0202 | 0,014 | 0,151 | 0,015 | 0,0762 |
| E-H | 14 | 0,714 | 2,00 | 4 | 1,11 | 0,070 | 0,267 | 0,0271 | 0,025 | 0,195 | 0,020 | 0,0762 |

Figura 11. Cubierta vivienda para discapacitados



Se diseñó para el área de cubierta más crítica en el caso de la vivienda Tipo I para las áreas de cubierta A1 y A2 la mayor será A1=36,95m² para la cual se tiene el siguiente caudal: (Ver tabla 13 - 14)

$$Q = 2.78 \times C \times I \times A = 2.78 \times 0.75 \times 47 \times 0.00369 = 0,36 \text{ l/s}$$

Tabla 13. Dimensionamiento canales de recolección escorrentía superficial de cubierta

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------------------|------|-----------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-------|--------------------|---|-------|--------------------|-------------|
| | | | | | | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | |
| Tramo | UD | Q _{max} prob (lps) | P _{te} (%) | Φ comercial (in) | V _{II} real (m/s) | Z/d0 ^{2.5} | Y/d0 | Y _c (m) | (Q _{xn}) / (S ^{1/2} xd0 ^{8/3}) | Y/d0 | Y _n (m) | 0.40 x d0/2 |
| Bajante exterior | 5,17 | 0,360 | 1,0 | 4 | 0,786 | 0,034 | 0,185 | 0,0188 | 0,018 | 0,174 | 0,018 | 0,0203 |

Tabla 14. Dimensionamiento ramales horizontales de aguas lluvias

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------|------|-----------------|---------|------------------|----------------|---------------|-------|--------|----------------------|-------|--------|--------------------|
| Tramo | UD | Qmax prob (lps) | Pte (%) | Φ comercial (in) | Vll real (m/s) | Flujo crítico | | | Flujo normal | | | 1.0 x D. comercial |
| | | | | | | Z/d02.5 | Y/d0 | Yc (m) | (Qxn) / (S1/2xd08/3) | Y/d0 | Yn (m) | |
| PISO 1 | | | | | | | | | | | | |
| BALL2-J | 5,17 | 0,360 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,072 | 0,267 | 0,0203 | 0,027 | 0,195 | 0,015 | 0,0762 |
| SF-J | 1,00 | 0,116 | 2,00 | 3 | 0,92 | 0,024 | 0,895 | 0,0682 | 0,009 | 0,122 | 0,009 | 0,0762 |
| J-K | 6,17 | 0,406 | 1,00 | 3 | 0,65 | 0,080 | 0,286 | 0,0218 | 0,043 | 0,263 | 0,020 | 0,0762 |
| BALL2-K | 5,17 | 0,360 | 1,00 | 3 | 0,65 | 0,072 | 0,267 | 0,0203 | 0,038 | 0,248 | 0,019 | 0,0762 |

Diseño de bajante vivienda para discapacitados:

Bajante de aguas lluvias 1, 2. Q = 0.36 l/s

Para determinar el diámetro de la bajante, la relación r entre el área de la corona circular y área de la sección transversal del tubo se puede tomar como 1/3 para aumentar la capacidad de la bajante, teniendo en cuenta que se transporta agua lluvia.

De acuerdo con la fórmula para flujo en bajantes:

$$Q = 1.754 \cdot D^{8/3} \cdot r^{5/3}$$

Dónde:

Q = caudal transportado por el bajante (l/s)

r = relación de las áreas de la corona circular y el área total del tubo.

d = diámetro del bajante (pulg)

Despejando el valor de diámetro se tiene:

$$D_1 = \left(\frac{Q}{1.754 \times r^{5/3}} \right)^{3/8} = \left(\frac{0.36}{1.754 \times 0.333^{5/3}} \right)^{3/8} = 1.09 \text{ pulg} \approx 2 \text{ pulg}$$

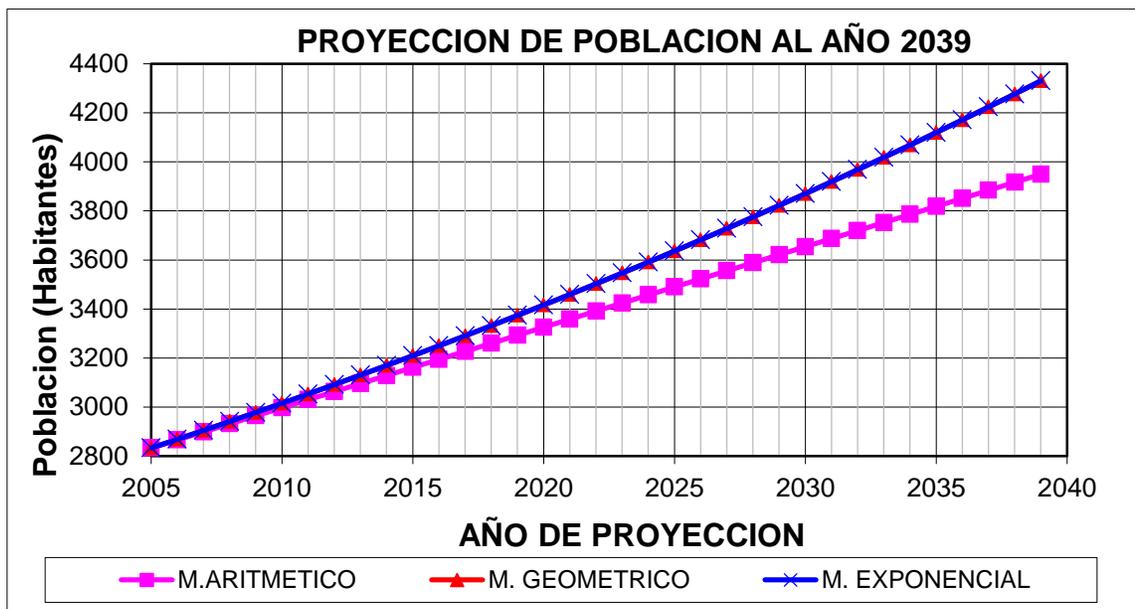
En conclusión, el diámetro del bajante de recolección de agua de escorrentía superficial se asumió como tres (3) pulgadas para dar cumplimiento a la norma.

2.3 DISEÑO DE RED DE ACUEDUCTO

Para el diseño de esta red se siguió lo establecido en la norma RAS 2000 en su título B, para lo cual se empieza determinando el cálculo de la proyección de la población, para esto se utiliza los censos del DANE. Debido a que el municipio de Puerto Guzmán fue elevado a esta categoría en el año 1992, se obtiene solo dos datos de censos de los años 1993 y 2005 con poblaciones de 2439 y 2833 habitantes en la zona urbana, respectivamente. Para la proyección se toma un máximo de 25 años.

Según los lineamiento de la norma RAS 2000, se utilizan 3 métodos para la proyección que son aritmético, geométrico y exponencial los cuales corresponden para niveles bajo y medio de complejidad, a continuación se presenta la proyección de la población en la siguiente figura. (Ver Figura 12)

Figura 12. Proyección población de diseño



De acuerdo a la proyección de la población en la zona urbana del municipio se obtiene un número de habitantes de 4203, por tanto, se considera que el proyecto obedece a un nivel de complejidad medio.

Ya con el nivel de complejidad definido, se establecen los siguientes valores para el cálculo del caudal requerido para el proyecto, para esto se calcula el QMH

$$QMH = QMD * k2$$

Dónde:

QMH: Caudal máximo horario

K2: Coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario. (Ver tabla 15)

Tabla 15. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el nivel de complejidad del sistema y el tipo de red de distribución.

| Nivel de complejidad del sistema | Red menor de distribución | Red secundaria | Red matriz |
|----------------------------------|---------------------------|----------------|------------|
| Bajo | 1.60 | - | - |
| Medio | 1.60 | 1.50 | - |
| Medio alto | 1.50 | 1.45 | 1.40 |
| Alto | 1.50 | 1.45 | 1.40 |

Fuente: RAS 2000. Título B. Sistemas de acueducto

Para el presente proyecto, el nivel de complejidad es medio y se diseñó una red menor de distribución, por lo cual $k_2=1.6$ (Ver tabla 16)

QMD: Caudal medio diario

$$QMD = Qmd * k_1$$

Dónde:

QMD: Caudal máximo diario

k1: Coeficiente de consumo máximo diario

Tabla 16. Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el nivel de complejidad del sistema.

| Nivel de complejidad del sistema | Coeficiente de consumo máximo diario - k1 |
|----------------------------------|---|
| Bajo | 1.30 |
| Medio | 1.30 |
| Medio alto | 1.20 |
| Alto | 1.20 |

Fuente: RAS 2000. Título B. Sistemas de acueducto

Para el presente proyecto, el nivel de complejidad es medio, por lo cual $k_1=1.3$

Qmd: Caudal medio diario

$$Qmd = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

Dónde:

P: Población, para este caso son 100 viviendas de 5 habitantes cada una.

d_{bruta} : Dotación bruta

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Dónde:

%p: Porcentaje de pérdidas técnicas, no deberá superar el 25%.

d_{neta} : Dotación neta (Ver tabla 17)

Tabla 17. Dotación neta máxima para las poblaciones

| Nivel de complejidad del sistema | Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Frío o Templado (L/hab·día) | Dotación neta máxima para poblaciones con Clima Cálido (L/hab·día) |
|----------------------------------|---|--|
| Bajo | 90 | 100 |
| Medio | 115 | 125 |
| Medio alto | 125 | 135 |
| Alto | 140 | 150 |

Fuente Resolución 2320 de 2009. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Entiéndase por poblaciones con “Clima Frío o Templado” aquellas ubicadas a una altura superior a 1.000 metros sobre el nivel del mar y por poblaciones con “Clima Cálido” aquellas ubicadas a una altura inferior o igual a 1.000 metros sobre el nivel del mar. Puerto Guzmán se encuentra ubicado aproximadamente a los 270 m.s.n.m, por tanto, se elige una dotación neta máxima de 125 l/hab*día

De esta manera, los cálculos son los siguientes:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p} = \frac{125 \text{ l/hab} * \text{día}}{1 - 0.25} = 166.67 \text{ l/hab} * \text{día}$$

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400} = \frac{100 * 5 \text{ hab} * 166.67 \frac{L}{\text{hab} * \text{día}}}{86400 \frac{s}{\text{día}}} = 0.964 \text{ L/s}$$

$$Q_{MD} = Q_{md} * k1 = 0.964 \frac{L}{s} * 1.3 = 1.253 \text{ L/s}$$

$$Q_{MH} = Q_{MD} * k2 = 1.253 \frac{L}{s} * 1.60 = 2.01 \text{ L/s}$$

Para la distribución del caudal total de 2.01 l/s en cada uno de los nudos que conforman la red hace uso del método de Longitud Abastecida teniendo en cuenta una distribución uniforme de las viviendas. Este método consiste en dividir el caudal total entre la longitud total de la red de distribución obteniendo así un caudal por metro lineal que para el caso fue:

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{2.01}{354.45} = 0.00567 \frac{l/s}{ml}$$

Para la obtención del caudal por cada nodo que hace parte de la red se tiene en cuenta los metros lineales que confluyen a dicho nodo, obteniéndose así la demanda por cada nodo.

Ya determinado el caudal, se procede a realizar el diseño de la red de distribución por medio del programa Epanet. Aquí se chequearon las presiones en los nudos y las velocidades en las tuberías, las cuales están dentro de los parámetros establecidos en la norma RAS 2000 y norma NTC 1500. Los resultados de la simulación se presentan a continuación: (Ver Figura 13 - 14)

Figura 13. Nudos y tramos de tubería red de distribución

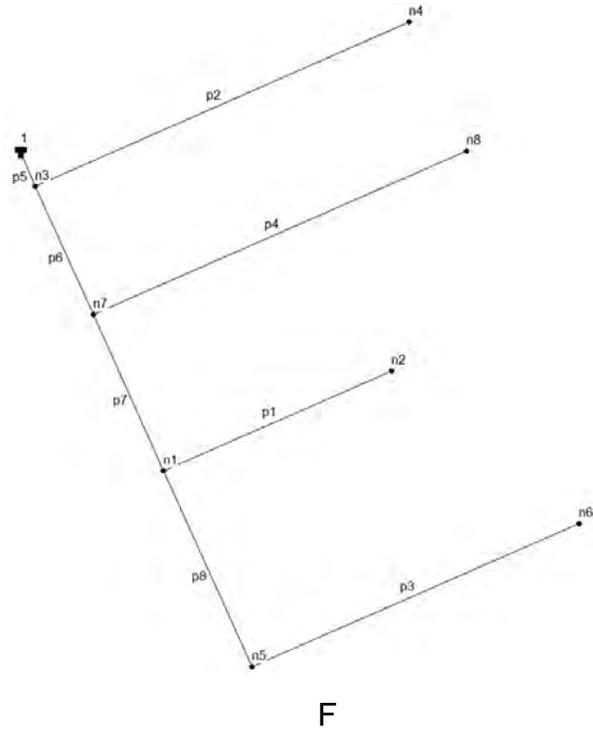
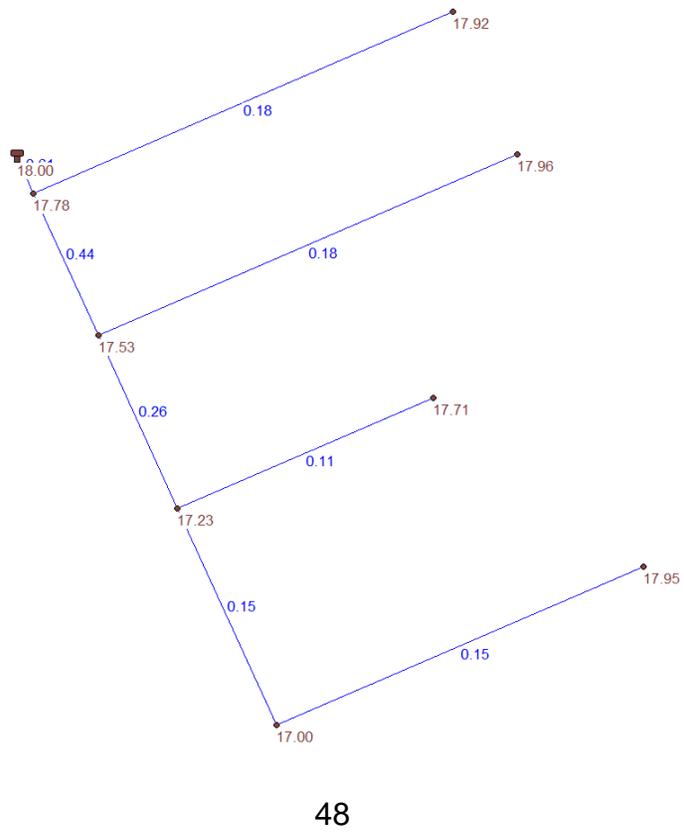


Figura 14. Chequeo de presiones y velocidades.



Para la urbanización se dispondrá de un hidrante, que como se especifica en la norma RAS 2000 en su título B, tendrá un diámetro de 75 mm (3 pulgadas) que corresponde a los niveles bajo y medio de complejidad, con un caudal de 5 l/s.

La implementación de la red en planta sobre la urbanización puede verse en detalle en el anexo 2, donde se encuentran la memoria y los planos correspondientes.

2.4 DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

A continuación, se presentan los diseños para la red de alcantarillado sanitario y pluvial del proyecto siguiendo los parámetros establecidos dentro de la norma RAS 2000 en su título D.

Debido a la disponibilidad del servicio presentada por parte de EMPOGUZMAN, solo existe un pozo de inspección cercano para la evacuación de los dos alcantarillados con una profundidad de 2.8 m desde la tapa hasta su cota batea.

A partir de este pozo se empieza a trazar las redes de los dos alcantarillados, ya que la altura que posee el pozo no es suficiente para que la ubicación de las viviendas y su posterior construcción no generen rellenos, esto debido a que el terreno se encuentra en contrapendiente con las tuberías de alcantarillado. Debido a esto, se trabajaron las distancias mínimas establecidas en la norma RAS 2000, de igual manera se trabajaron pendientes mínimas para de este modo se generara una menor cantidad de rellenos.

Debido a que estos rellenos que se presentan generan sobrecostos para el constructor, se realiza una reunión en conjunto con interventoría y con el alcalde municipal del Puerto Guzmán, Doctor Edison Mora y la secretaria de la oficina de planeación e inversión municipal, Arquitecta Carime Casanova. En esta reunión, la Alcaldía Municipal asume el costo que se genere debido a los rellenos, como también la maquinaria y el material que se requiera, para dar viabilidad al proyecto.

Una consideración importante, son los pozos de inspección existentes (en rojo) en el lote (figura 15) los cuales obligaron a que por ese sector se ubique una vía vehicular y se manejen distancias adecuadas hacia las otras redes ya que tres de los cinco pozos se encuentran en funcionamiento. (Ver Figura 15)

Figura 15. Pozos de inspección existentes y proyección alcantarillado



De esta manera, solucionados los anteriores inconvenientes, se empezó a realizar el trazado definitivo de la red de alcantarillado pluvial y sanitario

2.4.1 Alcantarillado pluvial. Como se explicó anteriormente, el diseño parte desde el punto de conexión para el descole que fue ofrecido por parte de EMPOGUZMAN, se trabajaron distancias mínimas expuestas en la norma RAS 2000 en el título D.

La red pluvial puede observarse en detalle dentro del anexo 2 y su respectiva memoria de cálculo. En la tabla 18, se puede observar las características de cada uno de los tramos de tuberías. (Ver tabla 18)

Tabla 18. Propiedades tramos de tubería alcantarillado pluvial

| TRAMO | | AREA | | COTA TERRENO | | PROFUNDIDAD CC | | COTA BATEA | | DIAM | MAT | COTA CLAVE | | LONG | PENDIENTE | Tipo de superficie | Coeficiente | CxArea |
|-------|---|--------|------|--------------|--------|----------------|-------|------------|--------|------|-----|------------|--------|-------|-----------|--------------------|-------------|--------|
| De | A | PROPIA | ACUM | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | | INICIAL | FINAL | | % | | C | |
| 1 | 2 | 0,22 | 0,22 | 271,74 | 271,23 | 1,18 | 1,11 | 270,32 | 269,87 | 10 | PVC | 270,57 | 270,12 | 74,29 | 0,60 | Pavimento | 0,750 | 0,164 |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | | | | | |
| 3 | 4 | 0,22 | 0,22 | 271,49 | 271,00 | 1,17 | 1,12 | 270,07 | 269,63 | 10 | PVC | 270,32 | 269,88 | 73,12 | 0,60 | Pavimento | 0,750 | 0,162 |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | | | | | |
| 5 | 6 | 0,20 | 0,20 | 271,31 | 271,01 | 1,22 | 1,44 | 269,84 | 269,32 | 10 | PVC | 270,09 | 269,57 | 73,90 | 0,70 | Pavimento | 0,750 | 0,148 |
| | | | | | | | | | | | - | - | - | | | | | |
| 7 | 8 | 0,16 | 0,16 | 271,22 | 271,14 | 1,29 | 2,05 | 269,68 | 269,09 | 10 | PVC | 269,93 | 269,34 | 73,10 | 0,70 | Res. Pred. Jard | 0,450 | 0,071 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 0,04 | 0,26 | 271,23 | 271,00 | 1,16 | 1,12 | 269,82 | 269,63 | 10 | PVC | 270,07 | 269,88 | 31,85 | 0,60 | Pavimento | 0,750 | 0,032 |
| 4 | 6 | 0,04 | 0,52 | 271,00 | 271,01 | 1,12 | 1,38 | 269,58 | 269,33 | 12 | PVC | 269,88 | 269,63 | 32,05 | 0,80 | Pavimento | 0,750 | 0,032 |
| 6 | 8 | 0,04 | 0,76 | 271,01 | 271,14 | 1,38 | 1,68 | 269,28 | 269,09 | 14 | PVC | 269,63 | 269,45 | 30,55 | 0,60 | Pavimento | 0,750 | 0,030 |
| 8 | 9 | - | 0,91 | 271,14 | 271,34 | 1,73 | 2,06 | 269,04 | 268,92 | 14 | PVC | 269,40 | 269,28 | 17,89 | 0,70 | Pavimento | 0,750 | 0,000 |

En la tabla 19, se observan los resultados de los cálculos realizados para cada tramo de tubería, se destaca la pendiente mínima que se maneja para el diseño que esta entre 0.6 % y 0.8 % y el diámetro de tubería que va desde 10 a 14 pulgadas debido a las bajas pendientes que se presentan para evitar una mayor cantidad de rellenos. Para cada tramo se chequea caudal sobre caudal a tubo lleno, entre otros, el esfuerzo cortante medio el cual debe ser mayor o igual a 0.30 kg/m² y mínimo, el cual debe ser mayor o igual a 0.15 kg/m² para el 10% de la capacidad a tubo lleno, esto con el fin de verificar el comportamiento autolimpiante del flujo, que para este proyecto en especial debe verificarse por sus bajas pendientes, pero como se muestra en la tabla 19, se cumple con este parámetro.

2.5 CALCULO SUMIDEROS

Se realizó también el cálculo para los sumideros, de acuerdo al diseño planteado en alcantarillado pluvial sobre el plano de áreas aferentes se puede tomar como sumideros de captación de escorrentía superficial el sector localizado sobre el tramo de alcantarillado 1-2 y cuya área de drenaje será el área acumulada aguas arriba de este sumidero que corresponde a un área de 0.153 ha, con un coeficiente de escorrentía de 0.7 para superficie de pavimento, y una intensidad de precipitación de 52 mm/h obtenida a partir de la gráfica IDF.

Por lo tanto el caudal de diseño será de:

$$Q = 2.78 \times C \times I \times A = 2.78 \times 0.70 \times 52 \times 0.153 = 15.48 \text{ l/s}$$

Para un caudal de 7.74 l/s, pendiente transversal del 2% (en cuneta) y una longitudinal promedio del 2%, coeficiente de rugosidad 0.013, diámetro de barras 5/8", separación entre barras de 2.0 cm, altura del sumidero 1.25m, ancho de la rejilla 30cm, se obtiene la mayor profundidad del flujo Y: (Ver tabla 19)

$$Y = \left[\frac{0.01548}{0.375 \times (1/0.02)/0.013 \times 0.02^{0.5}} \right]^{3/8} = 0.032m$$

Y = 0.032 m, con este dato se calcula la longitud libre de la rejilla.

$$L_e = \frac{0.01548}{1.65 \times 0.032^{3/2}} = 1.6 \text{ m}$$

Como:

$$L_e = 2A + 2L$$

Tabla 19. Diseño de Alcantarillado Pluvial

| Tramo | | Long. | c | Area | Frec | v | Tr | Te | Tc | I | Q lluv | Q res | Q lluv | Pend | Ø | Ø |
|-------|---|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|------|------|-------|
| De | A | m | | Ha | | m/s | min | | | mm/h | l/s | l/s | l/s | % | pulg | mm |
| 1 | 2 | 74,29 | 0,70 | 0,218 | 2,00 | 1,01 | 1,23 | 13,47 | 14,70 | 60,00 | 25,39 | - | 25,39 | 0,60 | 10 | 227,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | - | | |
| 3 | 4 | 73,12 | 0,70 | 0,216 | 2,00 | 1,01 | 1,21 | 13,36 | 14,57 | 60,00 | 25,16 | - | 25,16 | 0,60 | 10 | 227,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | - | | |
| 5 | 6 | 73,90 | 0,70 | 0,197 | 2,00 | 1,05 | 1,17 | 12,76 | 13,93 | 60,00 | 22,95 | - | 22,95 | 0,70 | 10 | 227,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | - | | |
| 7 | 8 | 73,10 | 0,70 | 0,157 | 2,00 | 0,97 | 1,26 | 12,69 | 13,95 | 60,00 | 18,29 | - | 18,29 | 0,70 | 10 | 227,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 31,85 | 0,70 | 0,260 | 2,00 | 1,07 | 0,50 | 14,70 | 15,19 | 60,00 | 30,29 | - | 30,29 | 0,60 | 10 | 227,0 |
| 4 | 6 | 32,05 | 0,70 | 0,518 | 2,00 | 1,41 | 0,38 | 15,19 | 15,57 | 60,00 | 60,34 | - | 60,34 | 0,80 | 12 | 284,0 |
| 6 | 8 | 30,55 | 0,70 | 0,755 | 2,00 | 1,41 | 0,36 | 15,57 | 15,93 | 60,00 | 87,95 | - | 87,95 | 0,60 | 14 | 327,0 |
| 8 | 9 | 17,89 | 0,70 | 0,912 | 2,00 | 1,56 | 0,19 | 15,93 | 16,12 | 60,00 | 106,23 | - | 106,23 | 0,70 | 14 | 327,0 |

| Tramo | | Mat. | n | QII | VII | q/QII | v/VII | R/Ro | H/D | v | Tr | Rh | H | τ | τ | Froud |
|-------|---|------|-------|--------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|-------|
| De | A | | | l/s | m/s | | | | | real | | | | kg/m ² | min | |
| | | | | | | | | | | m/s | | m | m | | kg/m ² | |
| 1 | 2 | PVC | 0,010 | 46,29 | 1,14 | 0,55 | 0,89 | 1,10 | 0,49 | 1,01 | 1,22 | 0,06 | 0,11 | 0,38 | 0,19 | 0,97 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | PVC | 0,010 | 46,29 | 1,14 | 0,54 | 0,88 | 1,10 | 0,49 | 1,01 | 1,21 | 0,06 | 0,11 | 0,37 | 0,19 | 0,97 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 6 | PVC | 0,010 | 50,00 | 1,24 | 0,46 | 0,85 | 1,04 | 0,43 | 1,05 | 1,18 | 0,06 | 0,10 | 0,41 | 0,23 | 1,07 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 8 | PVC | 0,010 | 50,00 | 1,24 | 0,37 | 0,79 | 0,97 | 0,37 | 0,97 | 1,26 | 0,05 | 0,08 | 0,38 | 0,23 | 1,07 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | PVC | 0,010 | 46,29 | 1,14 | 0,65 | 0,933 | 1,16 | 0,58 | 1,07 | 0,50 | 0,07 | 0,13 | 0,39 | 0,19 | 0,94 |
| 4 | 6 | PVC | 0,010 | 97,15 | 1,53 | 0,62 | 0,92 | 1,14 | 0,55 | 1,41 | 0,38 | 0,08 | 0,16 | 0,65 | 0,32 | 1,14 |
| 6 | 8 | PVC | 0,010 | 122,53 | 1,46 | 0,72 | 0,96 | 1,19 | 0,64 | 1,41 | 0,36 | 0,10 | 0,21 | 0,58 | 0,28 | 0,98 |
| 8 | 9 | PVC | 0,010 | 132,35 | 1,58 | 0,80 | 0,99 | 1,21 | 0,74 | 1,56 | 0,19 | 0,10 | 0,24 | 0,69 | 0,33 | 1,02 |

Siendo A igual al ancho del sumidero y L el largo del mismo, se obtiene su longitud:

$$L = \frac{L_e - 2A}{2} = \frac{1.6 - 2 * 0.30}{2} = 0.5 \text{ m}$$

Para esa longitud libre de sumidero de 50 cm, se requieren 13 barras de diámetro 5/8", separadas cada 2 cm a lo largo de la rejilla.

La longitud total de sumidero fue:

$$L = 50 + 13 * 1.59 = 70.67 \text{ cm}$$

Se asume una longitud de sumidero de 0.74 m para el cual se requieren 20 varillas de 5/8", separadas cada 2 cm a lo largo de la rejilla.

De igual forma que se hace el cálculo de los diferentes parámetros para los tramos de tubería del alcantarillado pluvial, se hace con los sumideros, en la tabla 20 se observan los cálculos. (Ver tabla 20)

Tabla 20. Diseño de Colectores de conexión entre sumidero y la cámara de inspección.

| Tramo | Long. | c | Area | Frec | v | Tr | Te | Tc | I | Q lluv | Q res | Q lluv | Pend | Ø | Ø |
|-------|-------|------|-------|------|---------|------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------|-------|
| | | | | | asumida | | | | | | | | | | int |
| | m | | Ha | | m/s | min | | | mm/h | l/s | l/s | l/s | % | pulg | mm |
| S1 | 6,33 | 0,70 | 0,118 | 2,00 | 2,60 | 0,04 | 1,53 | 10,00 | 52,00 | 11,94 | - | 11,94 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S2 | 6,52 | 0,70 | 0,100 | 2,00 | 2,60 | 0,04 | 1,56 | 10,00 | 52,00 | 10,12 | - | 10,12 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S3 | 5,02 | 0,70 | 0,042 | 2,00 | 2,60 | 0,03 | 1,37 | 10,00 | 52,00 | 4,25 | - | 4,25 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S4 | 7,13 | 0,70 | 0,106 | 2,00 | 2,60 | 0,05 | 1,63 | 10,00 | 52,00 | 10,73 | - | 10,73 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S5 | 8,32 | 0,70 | 0,110 | 2,00 | 2,60 | 0,05 | 1,76 | 10,00 | 52,00 | 11,13 | - | 11,13 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S6 | 5,81 | 0,70 | 0,097 | 2,00 | 2,60 | 0,04 | 1,47 | 10,00 | 52,00 | 9,82 | - | 9,82 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S7 | 7,27 | 0,70 | 0,029 | 2,00 | 2,60 | 0,05 | 1,64 | 10,00 | 52,00 | 2,93 | - | 2,93 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S8 | 6,58 | 0,70 | 0,100 | 2,00 | 2,60 | 0,04 | 1,56 | 10,00 | 52,00 | 10,12 | - | 10,12 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S9 | 2,96 | 0,70 | 0,040 | 2,00 | 2,60 | 0,02 | 1,05 | 10,00 | 52,00 | 4,05 | - | 4,05 | 10,00 | 8 | 182,0 |
| S10 | 6,57 | 0,70 | 0,153 | 2,00 | 2,60 | 0,04 | 1,56 | 10,00 | 52,00 | 15,48 | - | 15,48 | 10,00 | 8 | 182,0 |

| Tramo | Mat. | n | QII | VII | q/QII | v/VII | R/Ro | H/D | v | Tr | Rh | H | τ | τ | Froud |
|-------|------|-------|--------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|-------|
| | | | | | | | | | real | | | | | min | |
| | | | l/s | m/s | | | | | m/s | | m | m | kg/m ² | kg/m ² | |
| S1 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,11 | 0,55 | 0,59 | 0,18 | 2,23 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 2,70 | 2,59 | 3,94 |
| S2 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,10 | 0,53 | 0,57 | 0,17 | 2,57 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 2,59 | 2,59 | 4,66 |
| S3 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,04 | 0,40 | 0,37 | 0,10 | 2,57 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,67 | 2,59 | 6,02 |
| S4 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,10 | 0,53 | 0,57 | 0,17 | 2,15 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 2,59 | 2,59 | 3,91 |
| S5 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,11 | 0,55 | 0,59 | 0,18 | 2,23 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 2,70 | 2,59 | 3,94 |
| S6 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,09 | 0,52 | 0,54 | 0,16 | 2,08 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 2,46 | 2,59 | 3,87 |
| S7 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,03 | 0,37 | 0,32 | 0,09 | 1,48 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 1,44 | 2,59 | 3,76 |
| S8 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,10 | 0,53 | 0,57 | 0,17 | 2,15 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 2,59 | 2,59 | 3,91 |
| S9 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,04 | 0,40 | 0,37 | 0,10 | 1,60 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1,67 | 2,59 | 3,76 |
| S10 | PVC | 0,010 | 104,85 | 4,03 | 0,15 | 0,60 | 0,68 | 0,21 | 2,40 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 3,08 | 2,59 | 3,90 |

2.5.1 Diseño red de alcantarillado sanitario. Para el cálculo de esta red, se tuvo en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de viviendas = 100
- Número de personas por vivienda = 5
- Nivel de complejidad = Medio (Proyección población 4203 habitantes)
- Dotación neta máxima = 125 L/ (hab. Día) (Nivel medio de complejidad)
- Coeficiente de retorno = 0.8 (Nivel medio de complejidad)
- No se consideran aportes de caudal por conexiones erradas teniendo en cuenta que no habrán conexiones adicionales posteriores a la entrega del proyecto. No se consideran aportes de caudal por infiltración teniendo en cuenta la ausencia de niveles freáticos y por otro lado la hermeticidad que brinda la tubería Novafort.

Con base en la anterior información se determina el caudal por aportes de tipo residencial así:

$$Q = \frac{Dn \times P \times C}{86400}$$

Dónde:

Q= caudal por aportes de tipo residencial

Dn = Dotación neta

P = Población beneficiada

C = Coeficiente de Retorno

$$Q = \frac{Dn \times P \times C}{86400} = \frac{125 \times 500 \times 0.8}{86400} = 0.58 \text{ l/s}$$

Se calcula el caudal máximo horario (QMH) de la siguiente manera:

$$QMH = F \times Q$$

Dónde:

F= Factor de mayoración. Para el cálculo de este factor se tendrá en cuenta la fórmula de Harmon, Babbit y Flores:

$$Harmor \rightarrow F = 1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}} = 1 + \frac{14}{4 + 500^{0.5}} = 1.53$$

$$Babbit \rightarrow F = \frac{5}{P^{0.2}} = \frac{5}{500^{0.2}} = 1.44$$

$$\text{Flores} \rightarrow F = \frac{3.5}{p^{0.1}} = \frac{3.5}{500^{0.1}} = 1.88$$

$$Q_{MH} = F \times Q = 1.88 \times 0.58 = 1.09 \frac{l}{s} = \text{Caudal de diseño}$$

De acuerdo con D.3.2.5 de la RAS 2000 el caudal de diseño no debe ser inferior a 1.5 l/s por lo tanto el caudal de diseño es de:

$$Q_{\text{diseño}} = 1.5 \text{ l/s}$$

Con este caudal y las propiedades de cada tramo (tabla 21), se realizan los cálculos correspondientes que se muestran en la tabla 22, donde al igual que en el alcantarillado sanitario, se chequea caudal sobre caudal a tubo lleno y el esfuerzo cortante medio el cual para alcantarillado sanitario debe ser mayor o igual a 0.15 kg/m², esto con el fin de verificar el comportamiento autolimpiante del flujo. (Ver tabla 21 - 22)

Tabla 21. Propiedades tramos de tubería alcantarillado sanitario

| TRAMO | | COTA TERRENO | | PROFUNDIDAD CC | | COTA BATEA | | DIAM | MAT | COTA CLAVE | | LONG | PENDIENTE |
|-------|---|--------------|--------|----------------|-------|------------|--------|------|-----|------------|--------|-------|-----------|
| De | A | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | | INICIAL | FINAL | | % |
| 1 | 2 | 271,69 | 271,20 | 1,25 | 1,32 | 270,25 | 269,68 | 8 | PVC | 270,45 | 269,88 | 71,68 | 0,80 |
| 3 | 4 | 271,14 | 270,89 | 1,27 | 1,33 | 269,93 | 269,36 | 8 | PVC | 270,13 | 269,56 | 71,73 | 0,80 |
| 5 | 6 | 271,44 | 271,08 | 1,6 | 1,81 | 269,64 | 269,07 | 8 | PVC | 269,84 | 269,27 | 71,72 | 0,80 |
| 7 | 8 | 271,30 | 271,16 | 1,76 | 2,19 | 269,34 | 268,77 | 8 | PVC | 269,54 | 268,97 | 71,74 | 0,80 |
| 2 | 4 | 271,20 | 270,89 | 1,37 | 1,33 | 269,63 | 269,36 | 8 | PVC | 269,83 | 269,56 | 33,24 | 0,80 |
| 4 | 6 | 270,89 | 271,08 | 1,38 | 1,81 | 269,31 | 269,07 | 8 | PVC | 269,51 | 269,27 | 30,66 | 0,80 |
| 6 | 8 | 271,08 | 271,16 | 1,86 | 2,19 | 269,02 | 268,77 | 8 | PVC | 269,22 | 268,97 | 30,65 | 0,80 |
| 8 | 9 | 271,16 | 271,34 | 2,24 | 2,55 | 268,72 | 268,59 | 8 | PVC | 268,92 | 268,79 | 16,88 | 0,80 |

Tabla 22. Diseño de alcantarillado Sanitario

| Tramo | Long. | Q res | Pend | ∅ | ∅ | Mat. | n | QII | VII | q/QII | v/VII | R/Ro | H/D | v | Rh | H | t | Froud | |
|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | | | | | int | | | | | | | | | real | | | | | |
| De | A | m | l/s | % | pulg | mm | | l/s | m/s | | | | | m/s | m | m | kg/m2 | | |
| 1 | 2 | 71,68 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 3 | 4 | 71,73 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 5 | 6 | 71,72 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 7 | 8 | 71,74 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 2 | 4 | 33,24 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 4 | 6 | 30,66 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 6 | 8 | 30,65 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |
| 8 | 9 | 16,88 | 1,50 | 0,80 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 29,66 | 1,14 | 0,05 | 0,43 | 0,41 | 0,12 | 0,49 | 0,02 | 0,02 | 0,15 | 1,07 |

2.6 DISEÑO PAVIMENTO ARTICULADO

Para este proyecto se realizó el diseño en pavimento articulado (adoquín) debido a la facilidad a la hora de su construcción y el transporte del mismo hasta el municipio.

Siguiendo las recomendaciones hechas en el estudio de suelos, se diseña además un filtro francés en la vía, con el fin de dar un manejo adecuado al nivel freático que se presenta en el terreno donde se realizara la construcción del proyecto, el cual varía entre los 2.30 m y 2.60 m de profundidad.

Del estudio de suelos se obtuvieron los valores de CBR, los cuales se obtienen a través de la correlación por medio del ensayo de PDC, los valores de CBR son: 3.3%, 2.9% y 3.0 %. Para el diseño, el valor de CBR es de 2.9 %

Al presentar un CBR demasiado bajo se realizará un mejoramiento en el terreno en un espesor de 20 cm con una mezcla de material proveniente de río aledaña al predio y el terreno natural en proporciones que dicte el laboratorista según la caracterización del material.

Debido a que se tiene un CBR para la subrasante de 2.9% y el CBR del mejoramiento (CBR ≥ 10%), se procede a calcular el CBR equivalente utilizando el método de IVANOV con la siguiente ecuación:

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) \tan^{-1} \left(n \frac{e_{mej}}{2a}\right)}$$

Dónde:

Eeq: Módulo elástico equivalente del sistema, kg/cm²

Esbr: Módulo elástico de la subrasante, kg/cm²

Emej: Módulo elástico de la capa de mejoramiento, kg/cm². Al ser este material seleccionado se tendrá un CBR ≥ 10 %

emej: Espesor de la capa de mejoramiento, cm

2a: 30.44 cm

n: Parámetro adimensional determinado por la expresión:

$$n = \left(\frac{E_{mej}}{E_{sbr}} \right)^{1/2.5}$$

Correlación de Shell: E_i (MPa) = 10*CBR

Para el proyecto se tuvo:

Esbr: 29 MPa = 296 kg/cm²

Emej: 100 MPa = 1020 kg/cm²

emej: 20 cm

Los resultados se resumen a continuación: (Ver tabla 23 - 24)

Tabla 23. Valores ecuación de Ivanov

| CBRsbr (%) | Esbr (Kg/cm ²) | Emej (Kg/cm ²) | emej (cm) | Eeq (Kg/cm ²) | CBReq (%) |
|------------|----------------------------|----------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| 2.9 | 296 | 1020 | 20 | 520 | 5.1 |

Con el CBR equivalente procedemos a calcular el módulo resiliente así:

$$MR (PSI) = 1500 * CBR = 1500 * 5.1 = 7650 \text{ PSI}$$

Debido a que no se tiene información detallada sobre el tránsito para el municipio de Puerto Guzmán, se emplea la siguiente tabla (tabla 24) obtenida del método AASTHO 93. (Ver tabla 1)

Tabla 24. Número de ejes equivalentes

| Typical Design EALs | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|
| Road Class | EALs* (millions) | Reliability Factor | Design EALs* (millions) |
| Arterial or Major Streets | | | |
| Urban | 7.5 | 3.775 | 28.4 |
| Rural | 3.6 | 2.929 | 10.6 |
| Major Collectors | | | |
| Urban | 2.8 | 2.929 | 8.3 |
| Rural | 1.5 | 2.390 | 3.5 |
| Minor Collectors | | | |
| Urban | 1.3 | 2.390 | 3.0 |
| Rural | 0.55 | 2.390 | 1.3 |
| Commercial/Multi- Family Locals | | | |
| Urban | 0.43 | 2.010 | 0.84 |
| Rural | 0.28 | 2.010 | 0.54 |
| <i>*Assume a 20 year design life.</i> | | | |

Fuente: Método AASTHO 93

Según la tabla anterior, para el proyecto se tiene una vía para uso comercial y/o multifamiliar en zona urbana, por tanto se tiene $0,84 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8,2 toneladas.

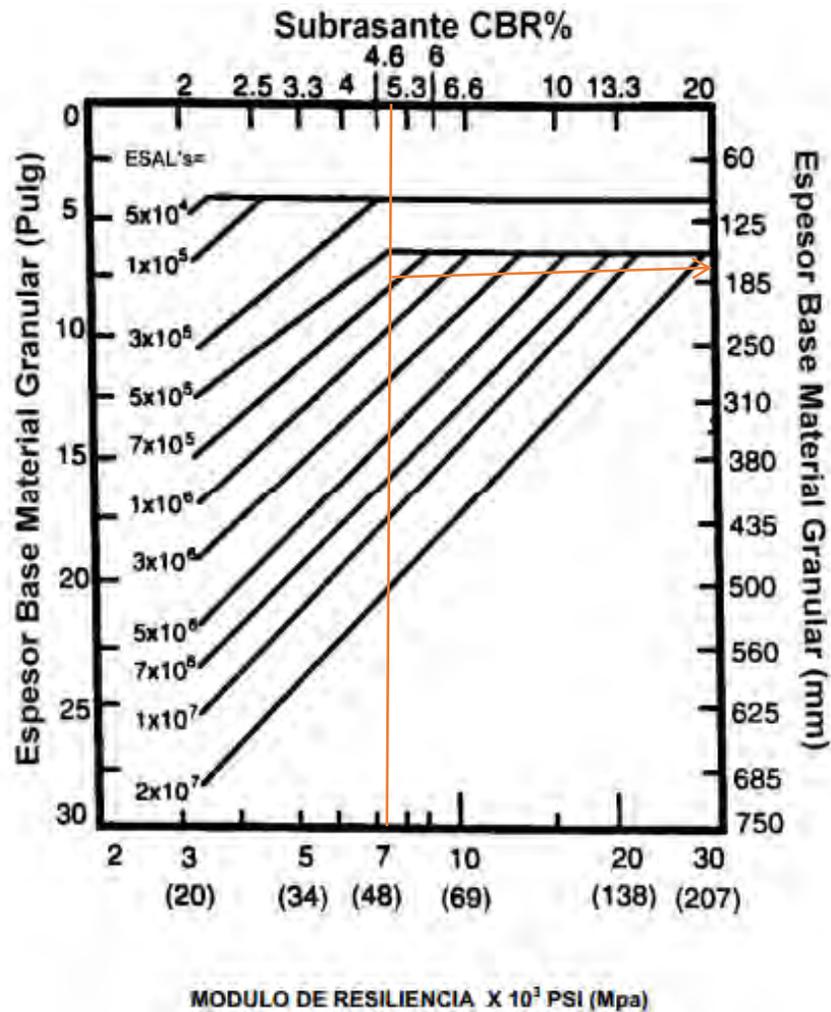
A continuación, se resume los datos para el diseño del pavimento articulado

| | |
|-------------------------------|---|
| CBR de la Subrasante mejorada | 5.1 % |
| Módulo de Resiliencia (Mr): | 7650 PSI |
| Periodo de Diseño: | 20 años |
| Número de ejes Equivalentes: | $0,84 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8.2 toneladas |

2.7 ESPESOR DE LA ESTRUCTURA

El espesor total de base fue obtenido de la gráfica 16 que se presenta a continuación, para un valor de CBR igual a 5.1 %, un módulo resiliente de 7650 PSI y un tráfico de 0.84×10^6 ejes equivalentes. (Ver Figura 16)

Figura 16. Espesor base material granular



Fuente: Método AASTHO 93

Por lo anterior, de acuerdo a la gráfica el espesor total de base debe ser de 200 mm.

Se adoptan 50 mm de espesor de la capa de arena y con un bloque de adoquín de 80 mm, la estructura del pavimento consta de los siguientes espesores

- Espesor adoquines en concreto: 80 mm.
- Espesor capa de soporte de arena: 50 mm.
- Espesor de base: 200 mm.
- Espesor mejoramiento subrasante: 200 mm.

2.7.1 Diseño filtro francés. Siguiendo la recomendación hecha en el estudio de suelos, se diseña un filtro francés para la vía debido al nivel freático que se presenta en el lote.

El diseño del filtro francés está basado en la metodología de diseño del manual de diseño con geosintéticos de PAVCO novena edición, en el cual se tiene en cuenta el caudal de infiltración y el caudal por abatimiento del nivel freático. De acuerdo con las observaciones de campo se estima que este nivel freático puede subir hasta una cota de -0.50 m por debajo del nivel de subrasante.

Para esto se calculó el caudal total aferente al filtro

$$Q_f = Q_{nf} + Q_{inf}$$

Después de realizados los cálculos, los resultados son los siguientes

$$Q_f = Q_{nf} + Q_{inf}$$

$$Q_f = 61.79 + 475.97 = 537.76 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Teniendo el caudal total aferente al filtro Q_f , se realizó el siguiente procedimiento, teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q_f = V * i * A$$

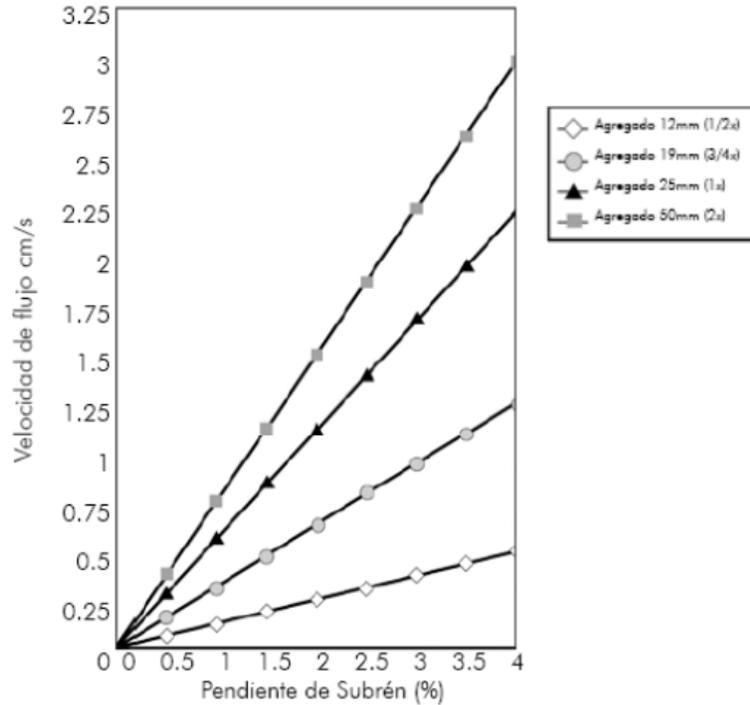
En donde:

Q_f : Caudal total aferente al filtro, cm^3/s .

V : Velocidad de flujo dentro del filtro, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el filtro, cm/s . De acuerdo con la Figura 17, se tiene material de grava para el filtro. Se tomó una pendiente promedio de 2 % y tamaño de agregado promedio de $\frac{3}{4}$ " se obtuvo una velocidad de 0.7 cm/s .

i : Gradiente hidráulico que para el caso de subdrenaje es igual a 1 (Ver Figura 17)

Figura 17. Pendiente Vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme)



Fuente: Manual geosintéticos PAVCO novena edición.

De esta manera, A es igual a:

$$A = \frac{Q_f}{V * i} = \frac{537.76 \text{ cm}^3/\text{s}}{0.7 \text{ cm/s} * 1} = 768.23 \text{ cm}^2 = 0.08 \text{ m}^2$$

Además:

$$A = H * B'$$

En donde:

H: Altura del filtro, m.

B': Ancho del filtro, m.

Entonces:

$$B' = \frac{0.08}{1} = 0.08 \text{ m}$$

Resultando en un filtro muy esbelto, por lo tanto, se propone un filtro de (1.00 m x 0.40 m), por lo cual es fácil de construir.

Entonces la sección transversal del filtro será de 100 cm x 40 cm (100 m x 0.40 m), medido por debajo de la base de la vía. Esta sección es eficiente para abatir este caudal generado por subida del nivel freático y por caudal de infiltración.

A continuación, se presenta la estructura de pavimento para la vía vehicular y peatonal para el proyecto. (Ver Figura 18 - 19)

Figura 18. Sección típica transversal vía vehicular

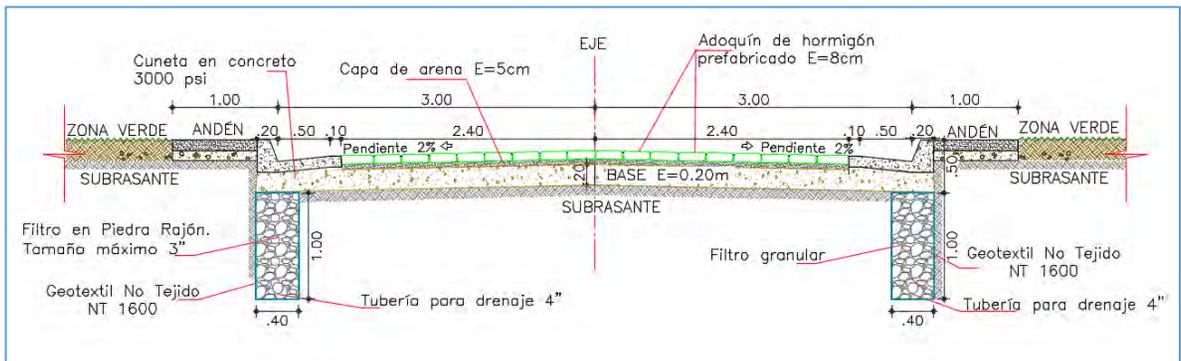
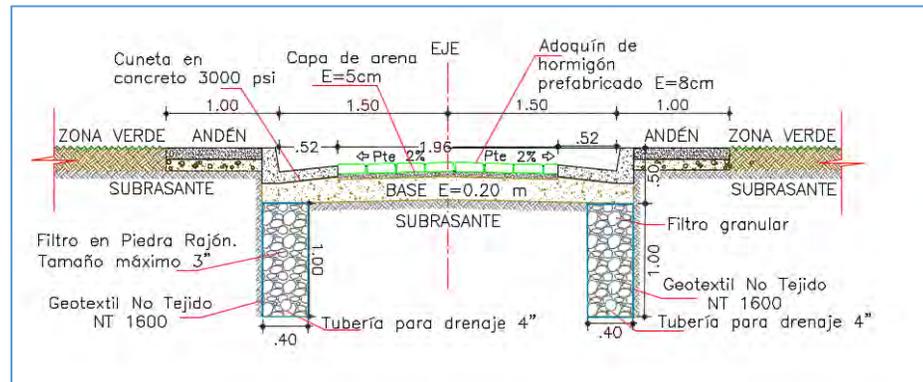


Figura 19. Sección típica transversal vía peatonal



3. ACOMPAÑAMIENTO ALCALDIA MUNICIPAL DE PUERTO GUZMAN

Ya terminados los diseños expuestos en el capítulo anterior y además de los diseños estructurales a cargo del Ingeniero Eduardo Benavides, los diseños arquitectónicos y urbanísticos por parte del arquitecto Camilo González y el estudio de suelos por parte del Grupo A Consultores y Constructores S.A.S. Se adelantó por parte del Alcalde Municipal de Puerto Guzmán, Edison Mora, una pre acta de urbanismo con el fin de adelantar la tala de las especies arbóreas en el lote antes de que se terminara la vigencia de la autorización de Corpoamazonia y para que la construcción de las viviendas empezara en el menor tiempo posible.

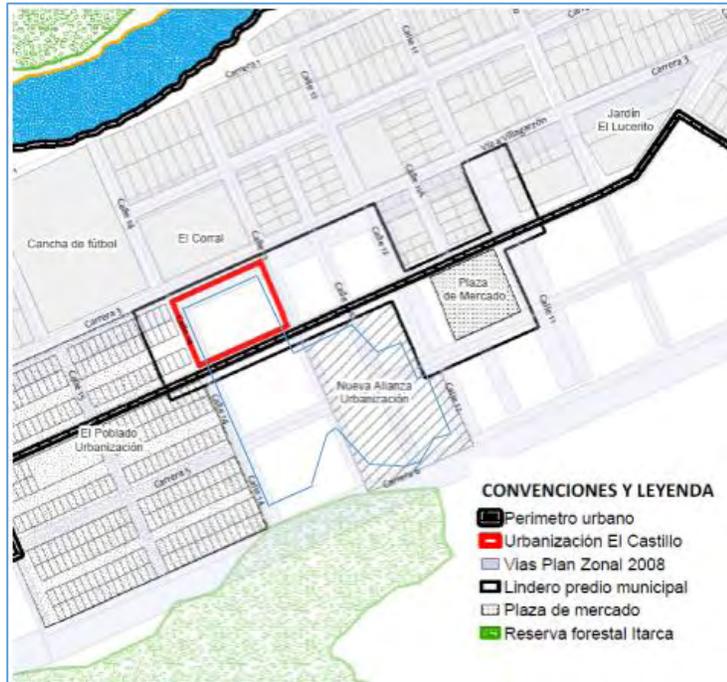
Por parte de Interventoría se solicita la ayuda para ubicar el lote del proyecto dentro de los límites urbanos del municipio, al hacer esta ubicación sobre un mapa de límites urbanos enviado por Alcaldía Municipal con fecha de 2002, se observa que parte de la urbanización queda por fuera del perímetro urbano (Ver figura 20)

Figura 20. Ubicación del lote dentro del perímetro urbano



Al percatarse de este hecho, interventoría solicita la ayuda para conseguir un mapa de límites urbanos más actualizado que el usado para ubicar el lote en el municipio. En comunicación con la secretaria de planeación e inversión municipal, Carime Casanova, quien envía un nuevo mapa con la ubicación del perímetro urbano y el lote del proyecto (Ver figura 21).

Figura 21. Mapa limites urbanos actualizados y ubicación del lote



Se observa en la línea de color rojo el área que pertenece al lote del proyecto el cual solo posee un área de 600 m², mientras que el área establecida en la escritura es de 2.643 Ha. En comunicación con el Ingeniero Jorge Luis Guzmán Rocha, quien hizo el levantamiento del mapa, aclara que el área que el municipio ofertó para el proyecto, la que tiene el área de 2.643 ha, es aquella que tiene la línea continua negra, la que esta denominada como “Lindero predio municipal”.

Se comunica esta situación a interventoría, quienes solicita la ayuda para ubicar el predio con el que se ha venido trabajando sobre este último mapa de límites urbanos, con esta ubicación (línea azul continua) se observa que el los linderos del lote con el cual se trabajaron los diseños de la urbanización no corresponde al lote que posee la alcaldía y además, se esta ubicando parte del predio en la Urbanización Nueva Alianza, la cual ya esta proyectada y a pocos días de comenzar su construcción.

Con esta serie de inconsistencias, interventoría solicita la ayuda para buscar toda la documentación existente con referencia al lote. De esta manera se sirve como puente de comunicación entre los diferentes actores que intervienen en el proyecto (interventoría y alcaldía municipal de Puerto Guzman). Todos los documentos que se recopilaron en esta etapa se encuentran dentro del anexo 3.

Alcaldía Municipal empezó a aclarar y definir los límites del lote del proyecto, por tanto, se realizó una visita al municipio para establecer los linderos definitivos del

lote, para esto se llevó una comision de topografia por parte de la Union Temporal Techos Colombia y otra por parte de interventoria. Los nuevos linderos se pueden ver en la figura 22, donde se hace una comparacion con los linderos anteriores. (Ver Figura 22)

Figura 22. Linderos actuales (izquierda) y linderos anteriores (derecha).



Se puede observar que cambian los linderos del lote (línea continua morada), pero su ubicación dentro del municipio sigue siendo la misma. El área del lote anterior es de 2.643 Ha y la área del lote actual es de 2.663 Ha, esto en principio no afectaría la implantación urbanística ya que se harán adiciones a la escritura por parte de alcaldía municipal para hacer viable el nuevo lote y por tanto seguir con el correcto desarrollo del proyecto.

Toda esta información fue enviada a interventoría para su evaluación, la cual se encuentra en curso en sus oficinas en la ciudad de Bogotá.

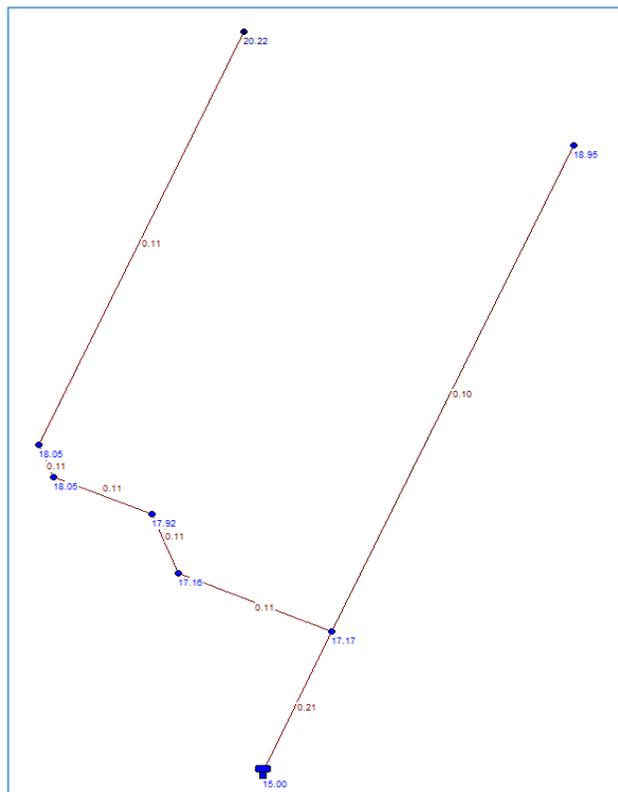
4. DISEÑO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL PROYECTO “URBANIZACION SAN GERARDO”

El proyecto “Urbanizacion San Gerardo” se encuentra ubicado en la vereda San Gerardo del municipio de La Cruz en el departamento de Nariño. Este contará con 22 soluciones de vivienda de interes prioritario. La metodología usada es la misma descrita en los numerales 2.3 y 2.4 correspondientes a diseño de acueducto y diseño de alcantarillado respectivamente.

4.1 DISEÑO DE ACUEDUCTO

Siguiendo la misma metodología que en numeral 2.3, se diseñó la red de acueducto. Este proyecto se encuentra catalogado con un nivel de complejidad bajo, siguiendo las indicaciones correspondientes emitidas en el titulo b de la norma RAS 2000, se modeló la red en el programa Epanet, donde se hace el chequeo de las velocidades y presiones en el sistema (Ver figura 23)

Figura 23. Chequeo de presiones y velocidades en la red



4.2. DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL

Siguiendo la metodología del numeral 2.3 para el diseño de alcantarillado, se tiene para este proyecto un nivel de complejidad bajo. Se siguen los lineamientos establecidos en el título d de la norma RAS 2000. La distribución urbanística para el proyecto permite manejar pendientes adecuadas en ambos alcantarillados. Para el tratamiento de las aguas provenientes del alcantarillado sanitario se dispondrá de una PTAR, para luego, descolar estas aguas a la quebrada San Gerardo la cual se encuentra cerca al lote. En las tablas 25 y 26, se encuentran las propiedades de los tramos de alcantarillado y su diseño. De igual manera, para el alcantarillado pluvial, el cual descola directamente a la quebrada San Gerardo, se presentan las tablas 27 y 28 con las propiedades de los tramos y su diseño. Toda esta información, las correspondientes memorias de cálculos y los planos digitalizados, se encuentran dentro del anexo 4. (Ver tabla 25 - 28)

Tabla 25. Propiedades tramos de tubería alcantarillado sanitario

| TRAMO | | COTA TERRENO | | PROFUNDIDAD CC | | COTA BATEA | | DIAM | MAT | COTA CLAVE | | LONG | PENDIENTE |
|-------|------|--------------|---------|----------------|-------|------------|---------|------|-----|------------|---------|-------|-----------|
| De | A | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | | INICIAL | FINAL | | % |
| 1 | 2 | 2295,66 | 2293,86 | 1,34 | 2,03 | 2294,12 | 2291,63 | 8 | PVC | 2294,32 | 2291,83 | 48,85 | 5,10 |
| 2 | 4 | 2293,86 | 2292,58 | 2,08 | 1,77 | 2291,58 | 2290,61 | 8 | PVC | 2291,78 | 2290,81 | 29,05 | 3,33 |
| 3 | 4 | 2294,80 | 2292,58 | 1,34 | 1,77 | 2293,26 | 2290,61 | 8 | PVC | 2293,46 | 2290,81 | 42,80 | 6,18 |
| 4 | 5 | 2292,58 | 2283,95 | 1,82 | 1,7 | 2290,56 | 2282,05 | 8 | PVC | 2290,76 | 2282,25 | 30,00 | 28,40 |
| 5 | PTAR | 2283,95 | 2283,40 | 1,75 | 1,38 | 2282,00 | 2281,82 | 8 | PVC | 2282,20 | 2282,02 | 3,13 | 5,51 |

Tabla 26. Diseño alcantarillado sanitario

| C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | C19 | |
|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-----|-------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------------------|-------|------|
| Tramo | Long. | Q res | Pend | Ø | Ø | Mat. | n | QII | VII | q/QII | v/VII | R/Ro | H/D | v | Rh | H | τ | Froud | |
| De | A | m | l/s | % | pulg | mm | | l/s | m/s | | | | | m/s | m | m | kg/m ² | | |
| 1 | 2 | 48,85 | 1,50 | 5,10 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 74,88 | 2,88 | 0,02 | 0,33 | 0,25 | 0,07 | 0,94 | 0,01 | 0,01 | 0,58 | 2,72 |
| 2 | 4 | 29,05 | 1,50 | 3,32 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 60,41 | 2,32 | 0,02 | 0,33 | 0,25 | 0,07 | 0,76 | 0,01 | 0,01 | 0,38 | 2,20 |
| 3 | 4 | 42,80 | 1,50 | 6,18 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 82,43 | 3,17 | 0,02 | 0,33 | 0,25 | 0,07 | 1,04 | 0,01 | 0,01 | 0,71 | 3,00 |
| 4 | 5 | 30,00 | 1,50 | 28,40 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 176,70 | 6,79 | 0,01 | 0,27 | 0,16 | 0,04 | 1,85 | 0,01 | 0,01 | 2,04 | 6,83 |
| 5 | PTAR | 3,13 | 1,50 | 5,51 | 8 | 182,0 | PVC | 0,010 | 77,83 | 2,99 | 0,02 | 0,33 | 0,25 | 0,07 | 0,98 | 0,01 | 0,01 | 0,63 | 2,83 |

Tabla 27. Propiedades tramos de tubería alcantarillado pluvial

| TRAMO | | AREA | | COTA TERRENO | | PROFUNDIDAD CC | | COTA BATEA | | DIAM | MAT | COTA CLAVE | | LONG | PENDIENTE | Tipo de superficie | Coefficiente |
|-------|------|--------|-------|--------------|---------|----------------|-------|------------|---------|------|-----|------------|---------|-------|-----------|--------------------|--------------|
| De | A | PROPIA | ACUM | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | INICIAL | FINAL | | | INICIAL | FINAL | | % | | C |
| 1 | 2 | 0,242 | 0,242 | 2295,68 | 2293,96 | 1,36 | 2,77 | 2294,12 | 2290,99 | 8 | PVC | 2294,32 | 2291,19 | 50,64 | 6,20 | Pavimento | 0,700 |
| 2 | 4 | 0,041 | 0,283 | 2293,96 | 2292,61 | 2,82 | 1,91 | 2290,94 | 2290,50 | 8 | PVC | 2291,14 | 2290,70 | 29,05 | 1,51 | Pavimento | 0,700 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 0,096 | 0,096 | 2294,87 | 2292,61 | 1,36 | 1,89 | 2293,31 | 2290,52 | 8 | PVC | 2293,51 | 2290,72 | 42,80 | 6,52 | Pavimento | 0,700 |
| 4 | 5 | - | 0,379 | 2292,61 | 2283,57 | 1,96 | 1,9 | 2290,45 | 2281,47 | 8 | PVC | 2290,65 | 2281,67 | 30,00 | 29,97 | Lad. Prot. Veg | 0,300 |
| 5 | QUEB | - | 0,379 | 2283,57 | 2280,65 | 1,95 | 0,41 | 2281,42 | 2280,04 | 8 | PVC | 2281,62 | 2280,24 | 28,88 | 4,78 | Lad. Prot. Veg | 0,300 |

Tabla 28. Diseño alcantarillado pluvial

| C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | | C11 | C12 | C13 | C14 | |
|-------|-------|-------|------|-------|---------|------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-----|-------|
| Tramo | Long. | c | Area | Frec | v | Tr | Te | Tc | I | Q lluv | Q res | Q lluv | Pend | Ø | Ø | |
| | | | | | asumida | | | | | | | | | | int | |
| De | A | m | Ha | | m/s | min | | | mm/h | l/s | l/s | l/s | % | pulg | mm | |
| 1 | 2 | 50,64 | 0,70 | 0,242 | 2,00 | 2,60 | 0,32 | 5,08 | 10,00 | 73,09 | 34,42 | - | 34,42 | 6,20 | 8 | 182,0 |
| 2 | 4 | 29,05 | 0,70 | 0,283 | 2,00 | 1,63 | 0,30 | 10 | 10,30 | 71,96 | 39,63 | - | 39,63 | 1,51 | 8 | 182,0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 42,80 | 0,70 | 0,096 | 2,00 | 1,97 | 0,36 | 4,60 | 10,00 | 73,09 | 13,65 | | 13,65 | 6,52 | 8 | 182,0 |
| 4 | 5 | 30,00 | 0,30 | 0,379 | 2,00 | 4,01 | 0,12 | 10,00 | 10,12 | 72,61 | 22,95 | | 22,95 | 29,97 | 8 | 182,0 |
| 5 | QUEB | 28,88 | 0,30 | 0,379 | 2,00 | 2,06 | 0,23 | 10,12 | 10,36 | 71,74 | 22,68 | | 22,68 | 4,78 | 8 | 182,0 |

| C1 | C15 | C16 | C17 | C18 | C19 | C20 | C21 | C22 | C23 | C24 | C25 | C26 | C27 | C28 | C29 | |
|-------|------|-----|-------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|-------|------|
| Tramo | Mat. | n | QII | VII | q/QII | v/VII | R/Ro | H/D | v | Tr | Rh | H | τ | τ | Froud | |
| De | A | | l/s | m/s | | | | | real | | | | | min | | |
| | | | | | | | | | m/s | | m | m | kg/m ² | kg/m ² | | |
| 1 | 2 | PVC | 0,010 | 82,56 | 3,17 | 0,42 | 0,82 | 1,01 | 0,40 | 2,60 | 0,32 | 0,05 | 0,07 | 2,85 | 1,60 | 3,07 |
| 2 | 4 | PVC | 0,010 | 40,74 | 1,57 | 0,97 | 1,04 | 1,20 | 1,15 | 1,63 | 0,30 | 0,05 | 0,21 | 0,83 | 0,39 | 1,14 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | PVC | 0,010 | 84,66 | 3,25 | 0,16 | 0,61 | 0,69 | 0,22 | 1,97 | 0,36 | 0,03 | 0,04 | 2,06 | 1,69 | 3,14 |
| 4 | 5 | PVC | 0,010 | 181,52 | 6,98 | 0,13 | 0,58 | 0,64 | 0,20 | 4,01 | 0,12 | 0,03 | 0,04 | 8,67 | 7,75 | 6,76 |
| 5 | QUEB | PVC | 0,010 | 72,49 | 2,79 | 0,31 | 0,74 | 0,91 | 0,33 | 2,06 | 0,23 | 0,04 | 0,06 | 1,97 | 1,24 | 2,69 |

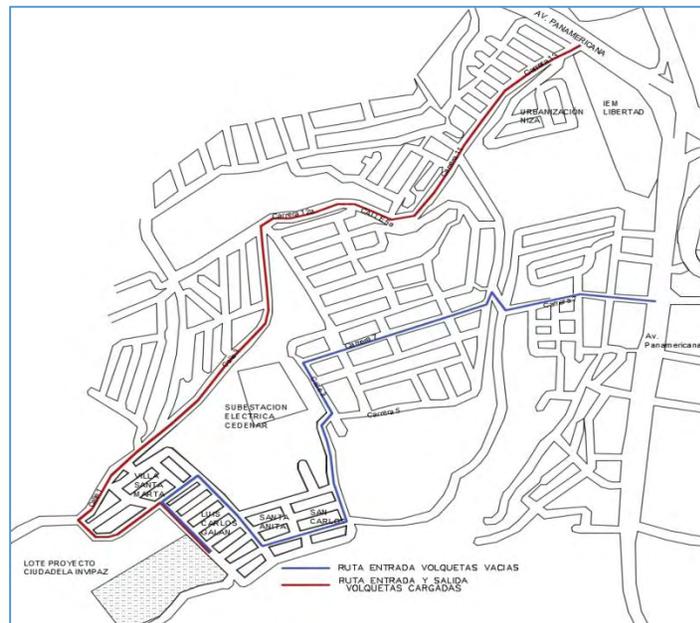
4.3 PLAN DE MANEJO DE TRANSITO (PMT) PARA EL PROYECTO “CIUDADELA INVIPAZ”

El proyecto “Ciudadela Invipaz” se encuentra ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto en el sector de San Miguel de Jongovito, en la cual se construirán 500 apartamentos en la modalidad de vivienda de interés prioritario para ahorradores. El PMT se encuentra basado en las especificaciones técnicas hechas por parte de la Subsecretaría de Movilidad de la Alcaldía Municipal de Pasto, también se tiene en cuenta el manual de señalización del Ministerio de Transporte actualizado en el mes de junio de 2015.

Se realiza un registro fotográfico de cada una de las vías aledañas al lote donde se realizara el proyecto y que serán objeto de la implementación del PMT. Una descripción general de las vías, su estado, la caracterización del tráfico que estas presentan, las señales de tránsito existentes y demás, así como los planos correspondientes al mismo, se encuentran dentro del documento técnico en el anexo 5.

Dentro del PMT se establecieron primero las rutas de las volquetas que serán usadas por parte de la Unión Temporal Techos Colombia en donde se definen la ruta para la entrada y salida de las volquetas desde el lote hacia los diferentes centros de acopio y disposición final. (Ver Figura 24)

Figura 24. Rutas de entrada y salida de volquetas.



Se establecen para la construcción del proyecto “Ciudadela Invipaz” 4 fases en las cuales se establece una señalización adecuada para el manejo del tránsito presente en las vías que serán objeto del proyecto.

La fase 1, comprende la señalización que estará permanente debido a la construcción del proyecto, la que se encuentra dentro del lote (figura 25). Se establecen las señales de inicio y fin de obra, entrada y salida de volquetas y dos pasacalles que anuncian al tránsito que circule con precaución.

Figura 25. Señalización fase 1.



Las fases 2, 3 y 4 pertenecen a la construcción del alcantarillado externo que evacuará las aguas negras de la Ciudadela Invipaz. Para la construcción del alcantarillado se intervendrán 3 cuadras, el cerramiento de cada cuadra corresponde a cada fase como se observa en las figuras 26, 27 y 28. La señalización adoptada tiene como objetivo indicar al tránsito la cercanía de una vía cerrada, los giros que no son permitidos como también el sentido del desvío que se debe tomar para continuar con la circulación, se utilizan barreras para el cerramiento de las vías que serán objeto de la construcción como también del uso

de polisombra malla traslúcida para el cerramiento del area a intervenir, de igual manera, se señalizan los senderos peatonales.

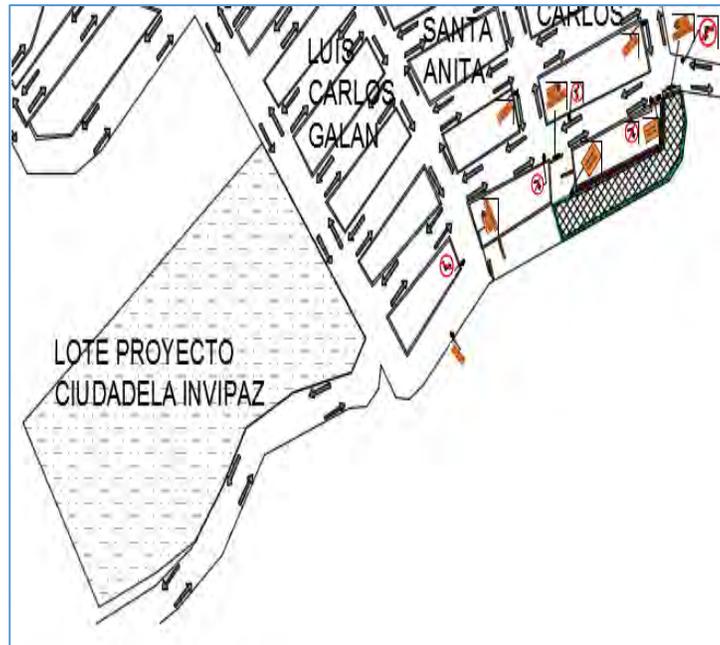
Figura 26. Señalización fase 2.



Figura 27. Señalización fase 3.



Figura 28. Señalización fase 4.



También se presentó el plan de desvíos para cada una de estas fases (figuras 29, 30 y 31) donde se indican las rutas que se deben tomar para las volquetas que entren o salgan del área intervenida, como también del tránsito particular que transite por esta.

Figura 29. Plan de desvíos fase 2.

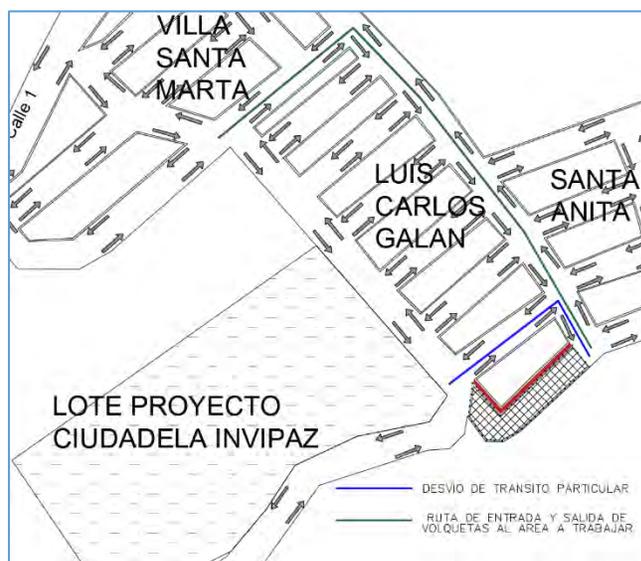


Figura 30. Plan de desvíos fase 3.

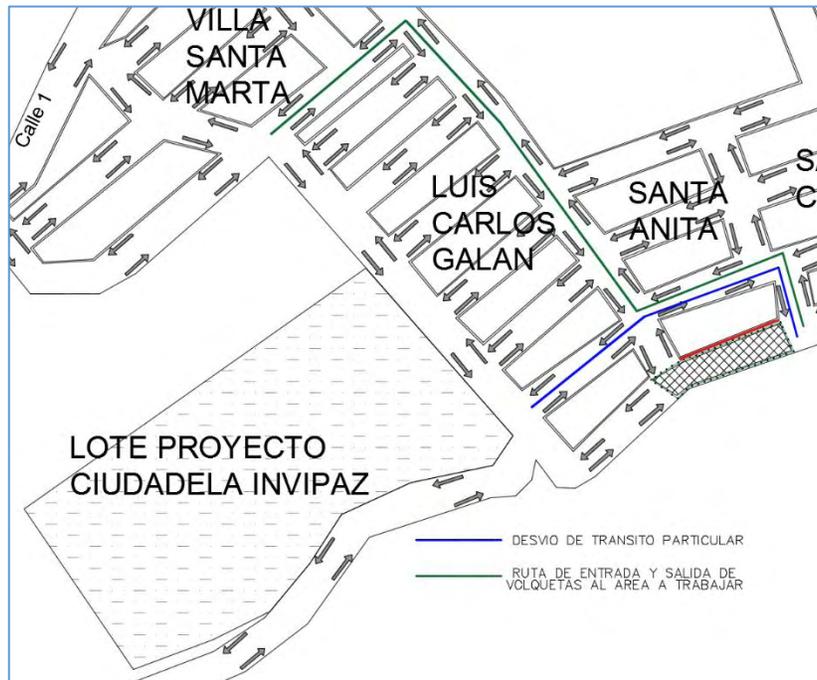


Figura 31. Plan de desvíos fase 4.



5. CONCLUSIONES

Mediante la obtención de los soportes documentales se contribuyó exitosamente en la primera fase del proyecto, ya que con estos soportes se dio viabilidad al proyecto en cuanto a la prestación de servicios públicos se refiere y todas las certificaciones necesarias para comenzar con la segunda fase de estudios y diseños. De esta manera se logró entender la tramitología que debe seguir un proyecto para ser viable, como también la importancia que requiere hacer una revisión minuciosa de todos los documentos que soportan al proyecto como son escrituras de predios, certificados de libertad y tradición y demás.

En la fase de estudios y diseños se elaboraron los diseños hidrosanitario internos de vivienda, acueducto, alcantarillado pluvial y sanitario y pavimento aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera en la parte técnica con la elaboración de memorias de cálculo y planos digitalizados. De igual manera, se adoptaron nuevos conocimientos como el manejo de programas como Epanet y Civilcad, en lo relacionado con los diseños de acueducto y alcantarillado respectivamente, siendo estas herramientas útiles a la hora de diseñar y presentar planos y memorias de cálculo.

El cumplimiento de los tiempos estipulados para cada una de las fases expresadas dentro del contrato de obra, presentó retrasos significativos, sobretodo en la expedición de los certificados de disponibilidad de servicios públicos los cuales generaron retrasos en los diseños de acueducto y alcantarillado, esto debido a la inexperiencia por parte de la Alcaldía Municipal de Puerto Guzmán y de sus dependencias a la hora de desarrollar este tipo de proyectos. Debido a esto, se brindó un acompañamiento y asesoramiento a los diferentes procesos técnicos, administrativos y jurídicos, haciendo del trabajo en equipo, una de las herramientas vitales para el desarrollo de cualquier proyecto.

Durante todo el desarrollo de la pasantía se estableció comunicación directa con los diferentes actores que hacen parte del proyecto, haciendo de la comunicación una herramienta importante de trabajo en especial en la parte final del desarrollo de la pasantía, donde los diferentes inconvenientes presentados por las inconsistencias presentadas por el lote en la postulación del proyecto, necesitaron de la correcta interacción y disposición de cada una de las partes involucradas (interventoría, alcaldía municipal, constructor y comunidad), así como de la interpretación de toda la información disponible como planos, escrituras, certificado de libertad y tradición, cédulas catastrales. De esta manera, se logró dar agilidad al proyecto en la parte final de la pasantía.

6. RECOMENDACIONES

Acompañar en todo momento el desarrollo que lleva cada proyecto, así como también a los diferentes actores que en él intervienen, para que de esta manera, se resuelvan de la mejor manera los diferentes inconvenientes que puedan presentarse y evitar al mínimo los retrasos que estos generen.

Ofrecer perspectivas más amplias a los estudiantes acerca de cómo abordar diferentes situaciones relacionadas en la parte administrativa, haciendo así, que los futuros profesionales tengan bases mucho más sólidas, tanto en la parte teórica, como en la práctica y se acerquen mucho más a la realidad que presenta el actual campo laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentación: Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. 2 ed. Bogotá: ICONTEC, 2004. 37 p. (NTC 1486)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Código colombiano de fontanería. 6 ed. Bogotá: ICONTEC, 2008. 101 p. (NTC 1500)

GEOSISTEMAS PAVCO S.A.-MEXICHEM. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA. Manual de diseño con geosintéticos. 9 ed. Bogotá: Norte Gráfico, 2012. 460 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. 1 ed. Bogotá: Dirección de comunicaciones, 2000.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de señalización vía. Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Quinta actualización. Bogotá: Dirección de comunicaciones, 2015.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2006. 614 p.

ANEXOS