



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM  
EN EL DISEÑO DE ALCANTARILLADOS SANITARIOS Y  
PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES**

**AUTORES**

**FRANCISCO ANTONIO ACOSTA DANIES  
ALVARO JOSE VILLAMIZAR ROMERO**

**MONOGRAFÍA COMO PROYECTO DE GRADO, CON EL FIN DE OBTENER LA  
TITULACIÓN DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**TUTOR**

**PhD. JULIO ISAAC MALDONADO M.**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
2021**



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios y nuestras familias por el apoyo incondicional ya que fueron parte fundamental para mantenernos motivados y culminar una nueva meta profesional para nuestras vidas, el duro trabajo y sacrificios a lo largo de la carrera no será en vano. Tenemos la claridad suficiente para entender que el proceso de formación como profesionales aún continúa, el esfuerzo y trabajo que hemos tenido durante el proceso de nuestra carrera se verá en los frutos del futuro prometedor que, como estudiantes de nuestra alma mater la Universidad de Pamplona, vamos a dar lo mejor con la ética profesional que se requiere para poder avanzar y seguir creciendo.

A los profesionales que estuvieron en nuestro proceso de formación les extendemos la mano de agradecimiento por sus enseñanzas, compartir sus experiencias e impartir sus conocimientos a nosotros para poder formarnos como futuros colegas profesionales.

A los colegas, compañeros de clase con quienes nos dimos la mano amiga para apoyarnos hasta en las peores situaciones y exaltar mutuamente los triunfos compartidos.

A todos aquellos que fueron parte fundamental en nuestro crecimiento, recorrido y que nos vieron crecer, hasta hoy que estamos a tan solo un paso del tan anhelado triunfo.

A todos, muchas gracias.

Acosta Danies Francisco Antonio.

Villamizar Romero Álvaro José.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	5
1. GENERALIDADES .....	6
1.1. Localización geográfica .....	8
1.2. Uso del suelo .....	10
2. OBJETIVOS .....	11
2.1. Objetivo general .....	11
2.2. Objetivos específicos .....	11
3. MODELOS DE DISEÑO .....	12
3.1. Modelo de alcantarillado sanitario de aguas residuales .....	12
3.2. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales .....	14
3.3. Pozo séptico y filtro anaerobio .....	19
3.4. Tipos de pozos de inspección .....	20
3.5. Metodología .....	22
3.5.1. Método del Código Británico: .....	22
3.5.2. Método TRH: .....	22
3.5.3. Método US-PHS: .....	22
3.5.4. Método RAS 2000 .....	23
3.5.5. Método RAS 2017: .....	24
3.6. Filtro anaeróbico de flujo ascendente .....	24
4. DISEÑOS .....	28
4.1. Periodo de diseño .....	28
4.2. Dotación neta máxima .....	28
4.3. Parámetros de diseño de sistema de alcantarillado .....	29
4.3.1. Coeficiente de retorno. ....	29



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



4.3.2. Población del proyecto.....	30
4.3.3. Caudal de diseño [QD].....	34
4.3.4. Diámetro real mínimo de tubería.....	35
4.3.5. Criterios de autolimpieza en los alcantarillados.....	35
4.3.6. Profundidad de instalación de la tubería en alcantarillados.....	36
4.3.7. Resultados de diseño de la red de alcantarillado sanitario.....	38
5. PARAMETRIZACIÓN BIM.....	43
5.1. Del CAD al BIM.....	43
5.2. Modelo BIM pozo de inspección.....	44
5.3. Modelo BIM planta de tratamiento de aguas residuales PTAR.....	46
5.4. Parametrización del modelado de información pozo de inspección.....	47
6. CONCLUSIONES.....	53
ANEXOS.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	60



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Ubicación Geográfica del Municipio de Pamplonita</b> .....	9
<b>Ilustración 2. Zona exacta del proyecto, Vereda San Rafael, Pamplonita</b> .....	9
<b>Ilustración 3. Filtro anaerobio</b> .....	18
<b>Ilustración 4. Tanque Imhoff</b> .....	18
<b>Ilustración 5 Modelo del FFAFA</b> .....	25
<b>Ilustración 6 Sistema Filtro Anaerobio</b> .....	26
<b>Ilustración 8 Pozo de Inspección</b> .....	44
<b>Ilustración 9 Modelado de Información del pozo de Inspección, Vista Perfil</b> .....	45
<b>Ilustración 10 Modelado de Información del Pozo de Inspección, Vista 3D</b> .....	45
<b>Ilustración 11 Levantamiento Topográfico para el diseño de Superficie del Terreno</b> .....	47
<b>Ilustración 12 Modelo 3D de Superficie del Terreno</b> .....	48
<b>Ilustración 13 Selección de Parámetros físicos de Tubería y Pozo</b> .....	49
<b>Ilustración 14 Selección de Parámetros reglas de Diseño</b> .....	49
<b>Ilustración 15 Selección de Parámetros de visibilidad de gráficos</b> .....	50
<b>Ilustración 16 Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario</b> .....	52
<b>Ilustración 17 Render Modelo BIM Pozo de Inspección</b> .....	53
<b>Ilustración 18 Render Modelo BIM Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</b> .....	53



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



## TABLA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Periodo de Diseño para todos los Componentes y Niveles de Complejidad del Sistema</i>	28
<b>Tabla 2</b> <i>Dotación Neta Máxima</i> .....	29
<b>Tabla 3</b> <i>Coficiente de Retorno [CR] según nivel de Complejidad</i> .....	30
<b>Tabla 4</b> <i>Población Promedio del Proyecto</i> .....	31
<b>Tabla 5</b> <i>Aportes por infiltración en Redes de Aguas Residuales</i> .....	34
<b>Tabla 6</b> <i>Profundidades a las Cotas Claves del Colector</i> .....	37



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## INTRODUCCIÓN

La presente monografía estudia la implementación de la metodología de los modelados de información en la construcción (BIM) para un sistema de redes de alcantarillado residual con el diseño de planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Cabe resaltar, que la implementación de la metodología aplica para cualquier diseño de red hidráulica y sanitaria, para el caso, la presente investigación se enfoca específicamente en el modelado inicialmente mencionado, dando las bases fundamentales para la iniciación del diseño, parámetros mínimos de construcción dando cumplimiento al reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS) vigente.

Para el estudio se utilizan herramientas y software de diseño, cálculo y modelado como son Revit, AutoCAD-Civil3D, MathCAD, Excel, y otros softwares que facilitan el proceso de construcción digital del modelo de red de alcantarillado y PTAR, aplicando la metodología BIM.

El estudio se basa en una investigación experimental, dado que es un proyecto real a construirse que, a la fecha de la publicación de esta monografía, la construcción estará en su fase inicial. Se realizará el proceso en beneficio a los habitantes de una zona específica de la vereda San Rafael del municipio de Pamplonita, N/ Santander. Con el convenio entre la empresa SASYR, Alcaldía de Pamplonita y la empresa ALFA INGENIEROS SAS, quienes estos últimos, facilitaron los datos de campo para determinar a cabo el proceso de inclusión de esta modalidad.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## 1. GENERALIDADES

Al momento de abordar los temas de investigación en la inclusión de la metodología BIM para los diseños de PTAR bajo el software Revit de Autodesk, se debe tener un conocimiento previo de qué implica y qué es ésta metodología, según conceptos fundamentales se tiene que, el Modelado de Información para la Construcción (Building Information Modeling por sus siglas BIM), es básicamente una representación digital integral de un modelo de construcción con una gran variedad de información anexa al mismo que, por lo general, incluye el modelo tridimensional de todos los componentes de una misma geometría con un nivel de detalle definido, además, que se compone de modelos no físicos como espacios y zonas, una jerarquía estructural del proyecto o cronogramas. Todos los objetos se asocian típicamente con un buen conjunto definido de información, como son el tipo de componente, materiales, técnicas, propiedades o costos, así como las relaciones entre los componentes y otras entidades físicas o lógicas. (Borrmann et al., 2018).

En Colombia, para el año 2020 las empresas públicas, privadas y la industria de la construcción formó un gran aporte del 54% del aparato productivo del país, del mismo modo estas industrias enfrentan varios desafíos, entre los que principalmente están “la baja productividad general del sector deriva de la incertidumbre sobre los costos finales de los proyectos de construcción públicos y privados del país” (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2020), es por ello que surge la necesidad que en los procesos de construcción se debe implementar un sistema de estandarización a nivel nacional.



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Cabe aclarar que esta metodología ha sido adoptada a nivel global, es por ello que las estrategias de implementación de esta metodología en la construcción van en escala progresiva de 5 años restantes aproximadamente a la fecha de publicada esta investigación donde será mandato oficial para el año 2026, donde se requerirá a las empresas públicas y privadas el uso de la metodología BIM junto a una progresiva capacitación de la cadena de suministros. Del mismo modo para el mandato oficial de la inclusión de la metodología a los proyectos de construcción se prevé una estrategia de incluir estos conocimientos y requerimientos a niveles regionales. (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2020).

Se debe tener claridad en dos cosas fundamentales, el paradigma que existe sobre Revit, Archicad, CYPE, y cualquier otro software donde se pueda aplicar esta metodología es que el software no es BIM, el software es solo la herramienta, el BIM es el modelo de trabajo colaborativo aplicado por los usuarios para la creación de un diseño de construcción en cualquier modalidad, se modela la información, se construye un objeto tridimensional y se coordina las fases de construcción del proyecto y se obtiene un legajo técnico oficial con cuantificación, presupuestos de obras finales. Este flujo de trabajo en BIM se adopta bajo un lenguaje formal que se mide por “Nivel de Desarrollo” o Level of Development conocido por sus siglas LOD, que varía de 100 (Nivel básico, conceptual) a 500 que es un proyecto muy detallado fiel a la construcción. (AIA, 2013).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



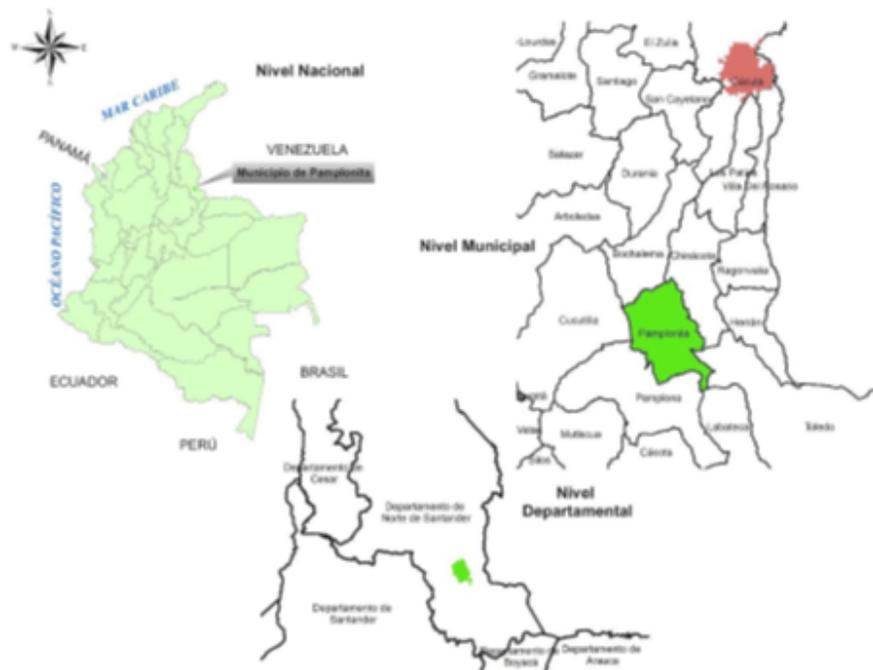
**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



### 1.1. Localización geográfica

Entre las cadenas montañosas de la región de los Andes, específicamente en el departamento de Norte de Santander, se encuentra ubicado el municipio de Pamplonita; el cual limita con los municipios de Bochalema al norte, al nor-oriente con Chinácota, al sur con Labateca, al sur-occidente con Pamplona y al occidente con Cucutilla (EMES, 2018).

**Ilustración 1.** *Ubicación Geográfica del Municipio de Pamplonita*



*Nota:* Mapa de ubicación geográfica del municipio de Pamplonita, Autor: (EMES, 2018)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

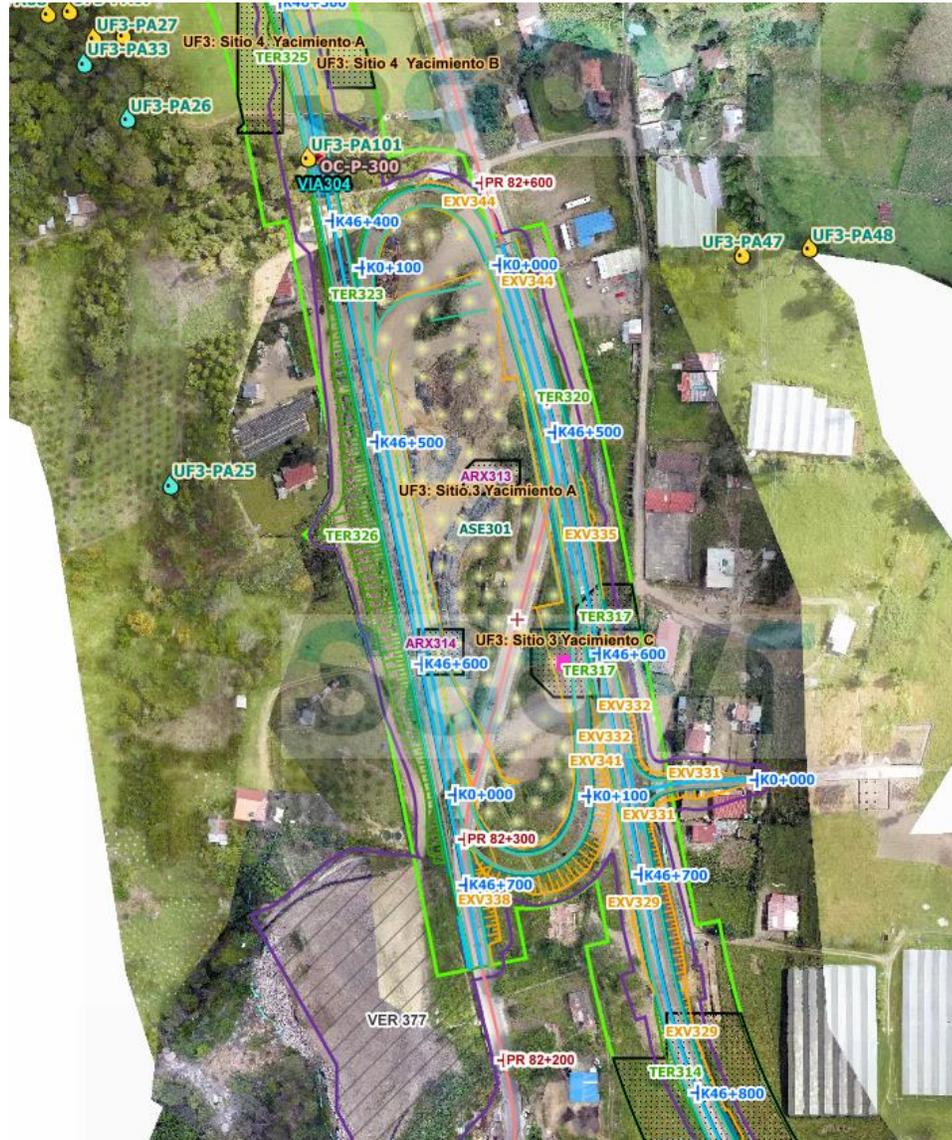
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



**Ilustración 1.** Zona exacta del proyecto, Vereda San Rafael, Pamplonita



*Nota:* Vuelo fotogramétrico y topográfico del diseño de zona de construcción entre K46+400 y K46+800, Autor: SASYR



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## 1.1. Uso del suelo

El suelo en el cual se encuentra ubicada la vereda San Rafael pertenece a inmuebles o terrenos de tipo rural según los perímetros que delimitan los reglamentos estipulados por la resolución N° 0326 de 1999 remitida por CORPONOR. (EMES, 2018). La Cabecera Municipal de Pamplonita y el centro poblado de El Diamante son las dos únicas localidades del municipio que cuentan con un sistema de alcantarillado y atienden al 96% y 46% de sus habitantes respectivamente; el resto, es decir la zona rural, hacen sus necesidades fisiológicas en letrinas con pozo séptico (68%) y un pequeño porcentaje de la población dispone sus desechos a campo abierto (13%). (EMES, 2018).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Implementar la metodología del modelamiento de la información en los procesos de construcción (BIM) de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

### 2.2. Objetivos específicos

- Estudiar las nuevas metodologías de diseño, construcción y representación gráfica de las redes de alcantarillados sanitarios y plantas de tratamientos de aguas residuales.
- Diseñar la red de alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento de aguas residuales e implementación de la metodología BIM.
- Evaluar cualitativamente la eficiencia de un modelado basado en el aspecto colaborativo que permite la metodología BIM respecto a los métodos convencionales.
- Parametrizar los modelos de información en los diseños de la red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 3. MODELOS DE DISEÑO

El complemento unificado de los diferentes elementos que conforman los modelos de alcantarillado sanitario de aguas residuales, así como de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y sus diferentes fases generan en si el diseño de los mismos rigiéndose por las diferentes normativas estipuladas.

#### 3.1. Modelo de alcantarillado sanitario de aguas residuales

El constante asentamiento y crecimiento de diferentes poblaciones a nivel mundial, ha generado el desarrollo y avance a través de los años de los diferentes sistemas de alcantarillado con el fin de suplir las necesidades y comodidad del ser humano;(Villanueva Aliaga & Yance Soto, 2017), cabe resaltar que previo al desarrollo de dichos sistemas, los remotos establecimientos urbanos carecían de sistemas óptimos de alcantarillado que evacuaran los diferentes tipos de aguas residuales sino hasta el siglo XIX en las clases sociales europeas realizaron la instalación de los sistemas mencionados.

La conformación de las tuberías en planta y el diseño hidráulico son los dos componentes que unifican el dimensionamiento como tal de los sistemas de alcantarillados; ya que gracias a la suspicacia y discernimiento del profesional calificado en este caso de nosotros como ingenieros civiles a cargo de un determinado proyecto se logra realizar un trazado de tipo horizontal acorde a



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



las necesidades establecidas que deben conllevar necesariamente al sector de descarga fijado previamente. Las leyes establecen unas metodologías y parámetros de diseño unificados, en el caso de Colombia es la RAS; con el fin de que el diseño hidráulico resulte ser óptimo y eficaz ante su labor. (Torres, 2013)

Las características topográficas, de tamaño e inclusive el factor dinero de la obra son determinantes al momento de seleccionar cierto de modo de alcantarillado, para el caso de conducir las aguas residuales hacia una planta de tratamiento, esta conducción se debe realizar únicamente con este tipo de aguas ya que en su defecto si se realiza un alcantarillado combinado este podría carecer de una caudal fijo, pues las lluvias lo convertirían en un caudal de tipo variable. (Castrillón et al., s. f.)

Los pozos de inspección, conexiones domiciliarias, rejillas y sumideros, las cámaras de caída, los aliviaderos laterales y frontales, forman parte de las estructuras hidráulicas que generan el excelente desempeño de los mismos. (Castrillón et al., s. f.)

### 3.2. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales

Muchas de las enfermedades ocasionadas en los diferentes países del mundo son causadas por la ingesta de aguas contaminadas; de allí radica el diseño y uso de la PTAR. Se le llama aguas residuales a todas aquellas usadas y desechadas posteriormente, así como los sólidos que llegan a las cloacas para ser transportados mediante el sistema de alcantarillado. (Rivera et al., 2002). El



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



origen de las aguas residuales radica en residencias, comercios e industrias, cuyo tratamiento puede darse in-situ gracias a pozos sépticos entre otros sistemas de depuración. El objetivo principal de estas plantas de tratamiento es remover los contaminantes hasta los parámetros exigidos en las normas nacionales de la calidad del agua residual según sea el país. (Medina & Hernandez, 2018)

Existen tres tipos de tratamientos:

**Tratamiento preliminar:** Con el fin de resguardar las diferentes instalaciones y el adecuado desempeño de las estructuras destinadas al régimen de curación, así como desechar paulatinamente los estados poco agradables de las PTAR, los procesos de sedimentación, cribada, flotación y filtración son los componentes de la fase preliminar; cuyo fin es ser garante antecedente del resto de tratamientos; Se sabe que las aguas residuales contienen gran cantidad de desechos, unos en gran tamaño con grandes volúmenes que no deben culminar en las plantas de tratamiento, para ello se implementa el uso de rejillas, tamices o microfiltros. (Rojas, 2002)

Las rejillas están construidas de material fuerte y con un grosor determinado que permita la retención de desechos sólidos de gran envergadura que pueden llegar a interferir en el buen desempeño de la PTAR.

Los desarenadores son estructuras encargadas de retener arenas, tierra u otros elementos ya sean de tipo mineral o biológico que conlleve el agua mediante la filtración de contaminantes a través de los poros del material; también es conocido como maceración. Al retiro de los sólidos de



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



mayor envergadura del agua como palos, botellas, bolsas entre otros, mediante rejillas se le conoce como cribada, cuya función es prevenir la obstrucción de las tuberías de la planta. (Medina & Hernandez, 2018)

**Tratamientos primarios:** El objetivo fundamental de esta fase es apartar las aguas de los lodos o materiales que logran llegar a la sedimentación a través de procedimientos de tipo físico o físico-químico. Una vez se genera el asentamiento gracias a la gravedad de los materiales sólidos que flotan en las aguas se envían a los tanques de homogenización cuya labor es reducir el volumen de caudal, acidez, temperatura y contenidos de tipo orgánico con el fin de generar condiciones físicas y químicas de carácter homogéneo en los reactores para el debido tratamiento. El primer tratamiento es capaz de separar el material desagradable, del mismo modo una parte significativa de dicha carga somática cuya influencia de DBO logra posicionarse a través de los rangos que van desde 25% al 40 %, así como el 50% ó 65% del material flotante (Rojas, 2002). Existen diferentes procesos primordiales como:



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Precipitación química.
- Filtros gruesos.
- Oxidación química.
- Coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

**Tratamientos secundarios:** Su diseño se implementa con el fin de aminorar la carga biológica del agua residual causada por desechos orgánicos de origen humano como residuos de alimentos, detergentes y procesos de tipo industrial; los procesos de carácter biológico se benefician de la virtud que tiene ciertos microorganismos que asimilan los desechos de tipo orgánico y los diferentes nutrientes diluidos en ellas. (Medina & Hernandez, 2018).

Estos tratamientos pueden ser de tipo aerobio cuyos organismos ameritan respirar oxígeno para lograr sobrevivir y desarrollarse sin problema alguno y anaerobios es el proceso que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno libre; este último es implementado para el tratamiento de residuos orgánicos, así como el flujo de aguas residuales con alto nivel de contaminantes. El proceso en el



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



cual cuyas baterías se unen con las aguas residuales y absorben cualquier tipo de contaminante orgánico se le llama clasificador secundario (las baterías se desarrollan, unen y generan microorganismos de mayor envergadura que son contenidos en la profundidad del pozo con lo cual se crean los llamados lodos activos). (Medina & Hernandez, 2018).

Los tratamientos descentralizados hacen referencia a aquellos que son necesarios para los asentamientos rurales que en ocasiones no cuenten con sistema de alcantarillado o en su defecto que la conexión al mismo sea costosa. En este tipo de tratamientos surgen tres estructuras para tal fin como lo son:

**Pozo séptico:** Gracias a la gravedad las partículas se sedimentan, aunado a ello los residuos ligeros y las grasas salen a flote y la materia orgánica sufre una descomposición por las bacterias anaerobias.

**Filtro anaerobio:** Es un filtro construido por plástico, conforme los filtros son atravesados por las aguas residuales, sus partículas son detenidas en conjunto con la materia orgánica degradada.



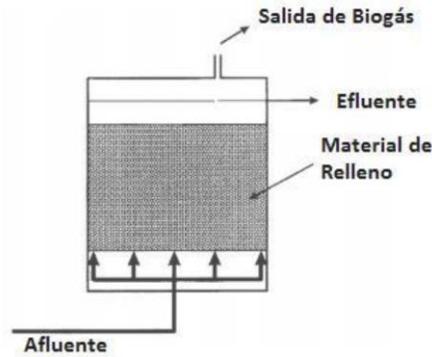
SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

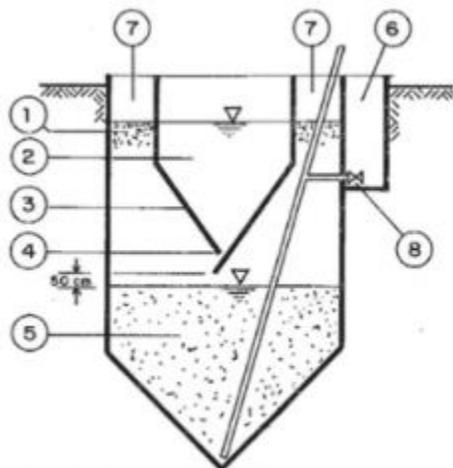
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

### Ilustración 2. Filtro anaerobio



Tanque Imhoff: Cumple un doble propósito, el de recibir y el de procesar aguas residuales. Este tipo de tanques surgió en 1900 y hoy en día se usa poco por el elevado costo constructivo que acarrea. (Medina & Hernandez, 2018)

### Ilustración 3. Tanque Imhoff



1. Lodos flotantes
2. Cámara de decantación
3. Tabiques inclinados para deslizamiento
4. Ranura de lodo
5. Cámara de digestión de lodo
6. Registro de toma
7. Evacuador de gas
8. Compuerta

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acan/022515/022515-18.pdf>



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



### **Normas Legales Aplicadas:**

- ✓ Decreto 1594 del Ministerio de Agricultura vigente desde el 26 de junio de 1984, tiene como objeto el vertimiento de residuos en estado líquido.
- ✓ Decreto 1287 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y desarrollo vigente desde el 10 de Julio de 2014 y cuyo objeto es el criterio para el uso de biosólidos empleados en la PTAR.
- ✓ Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000
- ✓ Resolución 330 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y desarrollo vigente desde el 08 de junio de 2017 y cuyo objeto son los parámetros técnicos para sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Resolución 631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, vigente desde el 17 de marzo del 2015 y cuyo objeto son los parámetros y posibles valores máximos límites permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de agua puntuales.
- ✓ Resolución 1541 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, vigente desde el 12 de noviembre del 2013 y cuyo objeto son los niveles permisibles para la calidad del aire.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 3.3. Pozo séptico y filtro anaerobio

El pozo séptico tiene la particularidad de que la sedimentación y la digestión suceden dentro de sí mismo. Su estructura consta de una o múltiples divisiones de sedimentación de los sólidos. Su labor es adquirir las condiciones óptimas de las aguas residuales para que estas estén prestas a la disposición sub superficial. El pozo séptico funciona como un sistema de tipo individual para la colocación de aguas residuales; como anteriormente se mencionó, la sedimentación y digestión se afianzan para llevar a cabo la remoción de sedimentos acumulados y de este modo descargar comúnmente en la debida instalación de tratamiento. Este tipo de sistemas es más común en sectores de tipo rural ya que estas poblaciones no cuentan con acceso a otros sistemas colectivos de tratamiento. (Rosales, 2019)

Los pozos sépticos se recomiendan únicamente para casos como:

- Zonas remotas y de difícil o escaso acceso a las redes públicas de alcantarillados
- Para retener previa de los sólidos de fácil sedimentación en caso de que la red presente diámetros reducidos.
- Deben permanecer sellados herméticamente para evitar el ingreso de aguas lluvias o de residuos que logren interferir negativamente en algún ciclo de tratamiento.
- Los líquidos residuales que van a los pozos no deben depositarse de forma directa en el cuerpo de agua superficial puesto que han de ser tratados fundamentalmente para asegurar la calidad de vertimiento. (Resolución 0330, 2017)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 3.4. Tipos de pozos de inspección

Existen diferentes características específicas de los pozos de inspección como:

- Pueden ser de forma cilíndrica o rectangular en el caso geométrico.
- El filtro anaerobio como elemento fundamental del sistema.
- Existen diferentes materiales para la construcción de los pozos sépticos; uno de ellos

ha de ser el concreto, ya que el hormigón es adaptable a cualquier formaleta que lo envuelva y una que este haya fraguado preservara su figura de forma indeterminada. Por otro lado, se tienen los pozos sépticos de tipo prefabricado (polietileno, acero o fibra de vidrio) integrados por una sola unidad, además de contar con un peso liviano de fácil transporte.

- Pozos de dos compartimentos de tipo tradicional. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2017)

Localización del pozo séptico:

- Debe estar localizado a 1.5 m de edificaciones, sumideros, campos de infiltración o límites de predios.
- 15 m de cuerpos de agua y pozos subterráneos.
- De árboles y redes de agua



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 3.5. Metodología

Con el fin de determinar en su mayoría la capacidad volumétrica de los pozos de inspección, se puede hacer uso de los siguientes métodos:

#### 3.5.1. Método del Código Británico:

Este método permite calcular el volumen del tanque mediante el número de personas servidas a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Vol. tanque} = 0.18 * P + 2.0$$

Donde:

P= número de personas servidas

#### 3.5.2. Método TRH:

El método del tiempo de retención hidráulica a 1 día, permite hallar el caudal a través de la siguiente expresión:

TRH=1.0 día

$$Q = \frac{\text{Vol. tanque}}{\text{THR}}$$

#### 3.5.3. Método US-PHS:

El método estadounidense permite calcular el volumen del tanque condicionando el caudal del mismo, tal como se puede apreciar en las siguientes expresiones:

Condición 1:  $Q \leq 5.7 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right)$  se dice que:



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



$$\text{Vol. tanque} = 1.5 * Q$$

Condición 2:  $Q \geq 5.7 \left( \frac{m^3}{\text{día}} \right)$  se dice que:

$$\text{Vol. tanque} = 4.26 * 0.75 * Q$$

#### 3.5.4. Método RAS 2000

Este método permite calcular el volumen útil del tanque a través de la siguiente expresión:

$$\text{Vol. util tanq} = 1000 + Nc(CT + KLf)$$

Donde:

Vol. útil tan= Volumen útil del tanque en  $m^3$

Nc= Número de personas conectadas al pozo

C= Es el protagonismo de las aguas residuales que desecha cada persona al día.

Lf= Lodo fresco que suministra cada persona por día.

K= Es la tasa de acumulación de los lodos en estado digerido y cuyo periodo depende de la limpieza del pozo, así como la temperatura del lugar.

T= Es el tiempo de retención del pozo séptico contabilizados en días.

Los datos referentes a la contribución de aguas residuales por persona, los tiempos de retención y los valores de tasa de acumulación de lodos digeridos, se encuentran contemplados en la RAS 2000 título E. (Cuervo et al., s. f.)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 3.5.5. Método RAS 2017:

Permite calcular el volumen del tanque haciendo uso del caudal medio diario, la dotación neta y el número de personas, a través de las siguientes expresiones:

$$Vol. tanq = Q * Td$$

$$QD = \frac{CB * P * DNeta}{86400}$$

Donde:

Vol. Tanq= Volumen del pozo en  $m^3$

QD= Caudal medio diario

Dneta= Dotación neta máxima

P= Número de personas servidas

### 3.6. Filtro anaeróbico de flujo ascendente

Es uno de los sistemas anaerobios más sencillos de sostener ya que la biomasa permanece como una película de tipo microbiano adherida, este incluye un medio de empaque de piedras o plástico con el fin de inmovilizar las bacterias y así evitar su arrastre con el efluente; estos filtros están conformados por una columna vertical o tanque, cuyo interior es saciado con agentes biológicos de tipo anaerobio retenedor de bacterias. (Batero & Cruz, 2007).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

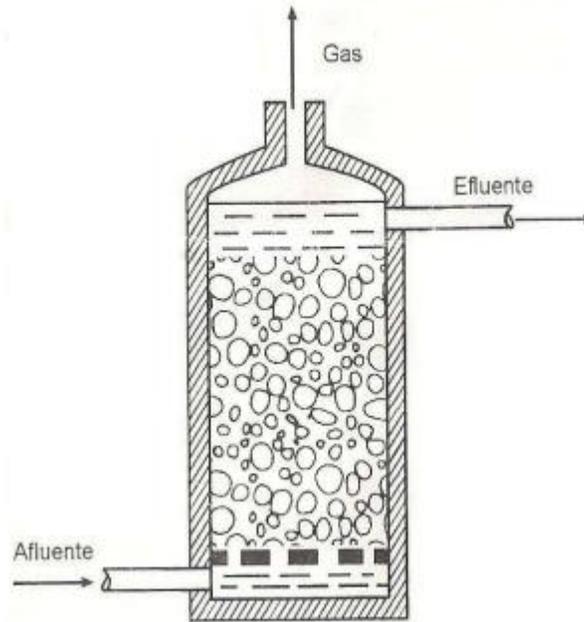
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



#### Ilustración 4 Modelo del FAFA



Fuente: (Rivera et al., 2002)

El filtro anaerobio tiene la capacidad de reducir entre 50% y 70 % del requerimiento de carácter bioquímico de oxígeno suscitado anteriormente en un pozo séptico; adicional a ello poseen un tiempo de retención hidráulica mayor a 12 horas.(Rivera et al., 2002)

La pérdida de potencia hidráulica que posee el filtro, se logra obtener entre 0.03 y 0.15 metros si se perciben de índole corriente de composición. Además, se establece que la elevación adecuada del medio es de 1.2 metros con el fin de rendir en un 70% la evacuación de la demanda bioquímica de oxígeno (DOB) con una operación que no amerita mantenimiento durante 18 o 24 meses.(Tilley et al., 2020).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



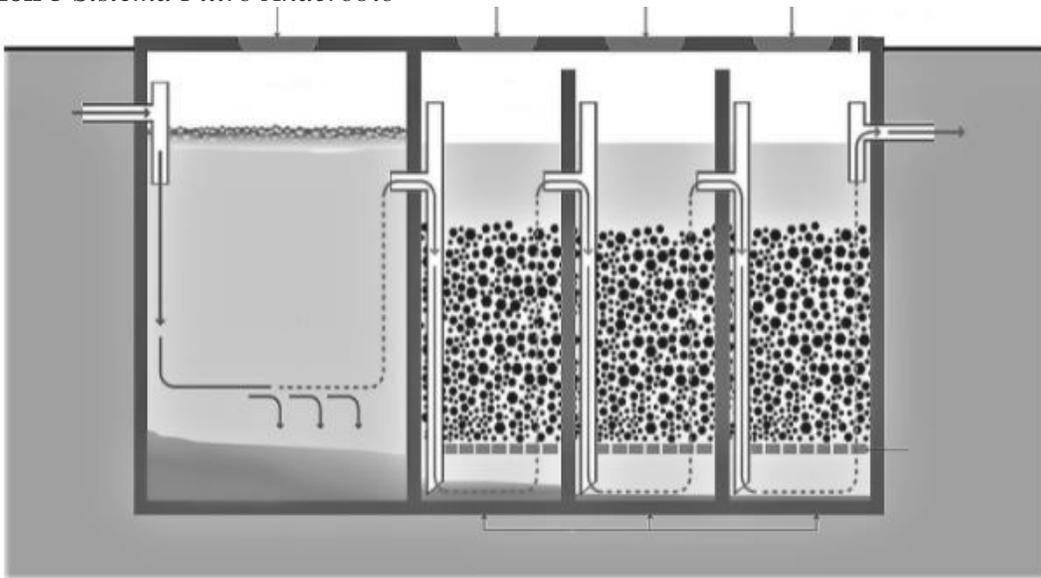
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Se establecen las siguientes dimensiones para el filtro anaerobio:

- Volumen unitario de  $0.05 \text{ m}^3$  por habitante contribuido.
- Capa superior de 10 cm de espesor de arenas gruesas y gravas finas que van desde 3 mm a 6mm
- Lecho filtrante de 40 cm de gravas pequeñas entre 12 y 18 mm en el fondo. (Tilley et al., 2020).

**Ilustración 5** Sistema Filtro Anaerobio



Fuente: (Fibras y Nomás de Colombia S.A.S, 2017)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



### Cuadro comparativo de métodos para el dimensionamiento de pozo séptico

Código Británico	TRH	US-PHS	RAS 2000	RAS 2017
La capacidad del pozo puede calcularse a partir de la población de servicio	Despejando de la ecuación de caudal se logra obtener el volumen del tanque	Depende del aporte del caudal con el fin de obtener el volumen del tanque.	Para calcular el volumen del pozo, toma en cuenta el número de personas servidas y su contribución de aguas residuales y de lodos frescos por día.	El caudal y el tiempo de retención son factores esenciales para determinar el volumen del tanque.
Por medio de la capacidad del tanque podemos calcular la frecuencia de aseo del mismo, así como la tasa de acumulación por persona contribuyente al año	No sugiere un rango de valores para hallar la profundidad	Sugiere un rango de valores para la profundidad dependiendo del volumen útil calculado.	Con el fin de calcular la contribución de aguas residuales y lodos por día de la población, se toma en cuenta el nivel socioeconómico de los habitantes.	Los cálculos son realizados con el caudal medio de diseño mediante la dotación neta máxima



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



#### 4. DISEÑOS

En el presente capítulo se definen los parámetros de diseño de la red de alcantarillado sanitario que ocupará el modelo que se utilizará a modo de ejemplo de aplicación de la metodología BIM.

##### 4.1. Periodo de diseño.

Teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 0330 de 2017 en su Artículo 40, cita “para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta un periodo de diseño 25 años” (Resolución 0330, 2017)

**Tabla 1** *Periodo de Diseño para todos los Componentes y Niveles de Complejidad del Sistema*

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de Diseño
Bajo	
Medio	25 años
Medio Alto	
Alto	

*Fuente:* (Resolución 0330, 2017)



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



#### 4.2. Dotación neta máxima.

Hace referencia a la cuantía máxima de agua necesaria para suplir los menesteres básicos de la población, pero sin tomar en cuenta las pérdidas generadas en la red de acueducto. (Territorial, 2009).

De acuerdo al párrafo anterior, se define una dotación neta máxima por habitante según la elevación sobre el nivel del mar del lugar intervenido con los parámetros de la Resolución 0330 del 2017 en el artículo 43.

**Tabla 2** *Dotación Neta Máxima.*

Altura Promedio Sobre el Nivel del Mar de la Zona Atendida	Dotación Neta Máxima [L/hab/día]
> 2.000 m.s.n.m	120
1.000 - 2.000 m.s.n.m	130
< 1.000 m.s.n.m	140

*Fuente:* (Resolución 0330, 2017)

Para la zona de estudio, se tiene una cota de terreno promedio entre los 1000 y 2000 m.s.n.m., por lo tanto, se adopta una dotación neta máxima de **130 [L/hab/día]**.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### 4.3. Parámetros de diseño de sistema de alcantarillado.

#### 4.3.1. Coeficiente de retorno.

Los asuntos generales que anticipen niveles de complicación del sistema y sin reseñas de campo se adopta un valor de **0,85**.

**Tabla 3** Coeficiente de Retorno [CR] según nivel de Complejidad

Nivel de Complejidad del Sistema	Periodo de Diseño
Bajo	
Medio	0,85
Medio Alto	
Alto	

Fuente: (Resolución 0330, 2017)

#### 4.3.2. Población del proyecto.

La población de la zona de análisis tendrá un total de 120 viviendas unifamiliares, y basado en indagación suministrada gracias al DANE para los censos de 2015 y 2018, Pamplonita cuenta con un promedio de residentes por vivienda de 3.1 en cabecera y 3.5 en centro poblado y zonas rurales disperso. Para el diseño, se considera un ponderado de 4 personas por vivienda. (DANE, 2018) La población de la zona de análisis tendrá un total de 120 viviendas unifamiliares, y basado en indagación suministrada gracias al DANE para los censos de 2015 y 2018, Pamplonita cuenta



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

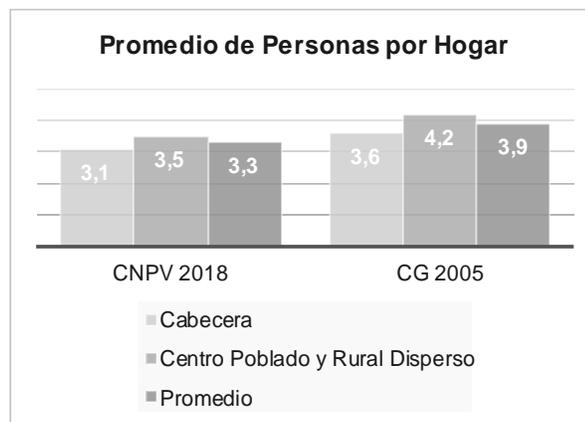


ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



con un promedio de residentes por vivienda de 3.1 en cabecera y 3.5 en centro poblado y zonas rurales disperso. Para el diseño, se considera un ponderado de 4 personas por vivienda. (DANE, 2018)

**Figura No. 1** Gráfico de Cantidad de Personas por Vivienda



**Fuente:** autoría propia, a partir de indagación del (DANE, 2018)

**Tabla 4** Población Promedio del Proyecto

Comunidad	Viviendas	Hab/Viv	Población
Vereda San Rafael	90	4	360

**Fuente:** Autores.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Con base a la información ya planteada anterior mente, se tiene una proyección de población para el diseño de 360 personas. Con todos los datos obtenidos se puede calcular el caudal de aguas residuales domésticas con la siguiente expresión:

$$Q_D = \frac{C_R * P * D_{NETA}}{86400}$$

$Q_D$  = Caudal medio de aguas residuales domésticas [L/s]

$C_R$  = Coeficiente de retorno adimensional [0,85]

$P$  = Población proyectada [hab]

$D_{NETA}$  = Dotación neta [120 L/hab/día]

#### 4.3.2.1. Caudal medio diario [ $q_{md}$ ].

Es la suma del producto de las contribuciones únicas ponderados coherentes a cada colector, con una participación de uso del suelo dependiendo del valor agregado para cada uso del suelo como son la determinación de porcentaje de uso por áreas domésticas, comerciales y escolares.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



#### **4.3.2.2. Elemento de acrecentamiento.**

Mediante el componente de acrecentamiento se emplea en la consideración del afluente de mayor horario [Q<sub>MH</sub>], en lugar de información de terreno, se estima un valor juzgando las limitantes posteriores yacentes en su adjudicación. Dicho valor ha de oscilar entre 1.4 y 3.8. (Resolución 0330, 2017).

Para el diseño, se tendrá en cuenta un Factor de Mayoración de **3,0**.

#### **4.3.2.3. Caudal Máximo Horario de aguas residuales [Q<sub>MH</sub>].**

Se basa en el producto del QMD de agua con carácter residual por el F de acrecentamiento anteriormente obtenido, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{MH} = F * Q_{MD}$$

#### **4.3.2.4. Caudal de Infiltración [Q<sub>inf</sub>].**

La infiltración se puede clasificar en los tiempos de complejidad del sistema; asociada con los rasgos de carácter topográfico de suelos, la precipitación de la zona y los niveles freáticos.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



**Tabla 5 Aportes por infiltración en Redes de Aguas Residuales**

Nivel de Complejidad del Sistema	Infiltración Alta [L/s <sup>2</sup> ha]	Infiltración Media [L/s <sup>2</sup> ha]	Infiltración Baja [L/s <sup>2</sup> ha]
Bajo y Medio	0,3	0,2	0,1
Medio Alto y Alto	0,3	0,2	0,1

Fuente: (MINVIVIENDA, 2012)

En ausencia de datos específicos de infiltración en el proyecto, se acoge un caudal de infiltración de **0,2 [L/s\*ha]** teniendo en cuenta las características anteriores mencionadas.

#### 4.3.2.5. Caudal de conexiones erradas [Q<sub>CE</sub>].

El aporte máximo a un sistema de alcantarillado de aguas residuales proyectado debe ser de hasta 0,2 L/s por hectárea en el caso de que el municipio exista un sistema de alcantarillado de aguas lluvias (Título D. RAS, 2012). En caso de no existir un alcantarillado pluvial, el aporte de conexiones erradas es mayor, y puede ser superior a 2 L/s por hectárea (Lopez Cualla, 2003).

Para el diseño, se acogerá a un caudal de conexiones erradas de **2 L/s\*ha**, debido a la ausencia de un sistema de alcantarillado pluvial.

#### 4.3.3. Caudal de diseño [Q<sub>D</sub>].

Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$QD = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{CE}$$



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



En el caso que el caudal calculado en el diseño en cada tramo sea menor que 1,5 L/s, debe adoptarse este último como caudal (Resolución 0330, 2017).

#### **4.3.4. Diámetro real mínimo de tubería.**

El diámetro del conducto real mínimo de las paredes internas aceptable en redes de alcantarillado sanitario es 170mm, para poblaciones con un número de habitantes inferior a 2.500 hab. el diámetro interno real permitido es de 140mm (Resolución 0330, 2017).

#### **4.3.5. Criterios de autolimpieza en los alcantarillados.**

##### **4.3.5.1. Velocidad mínima.**

La velocidad mínima real permitida para tuberías de diámetro menor a 450 mm en los sistemas de aguas residuales es de 0,45 m/s (Título D. RAS, 2012). Del mismo modo, será aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 Pa. (Resolución 0330, 2017).

Para el diseño se acoge como velocidad mínima para cada tramo del sistema de **0,45 m/s**.

##### **4.3.5.2. Velocidad máxima.**

En base a lo establecido en los parámetros mínimos de la reglamentación vigente, recomienda que la velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño (Resolución 0330, 2017).



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



Para el presente diseño se acoge como velocidad máxima para cada tramo del sistema de **5,0 m/s.**

#### **4.3.5.3. Esfuerzo cortante medio.**

El esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo para garantizar la condición de tubería autolimpiante es de 1,0 Pa. (Resolución 0330, 2017) Es posible realizar el diseño para velocidades menores a 0,45 m/s en los casos que las condiciones topográficas no permitan alcanzar dicha velocidad, pero debe verificarse que el esfuerzo cortante supere el mínimo permisible.

Se acoge como esfuerzo cortante mínimo en cada tramo de **1,0 Pa.**

#### **4.3.5.4. Pendientes mínimas y máximas.**

El valor de la Pendiente Mínima de cada tubería debe corresponder con aquel que permita autolimpiarse por sí mismo. Del mismo modo, el valor de la máxima pendiente, debe ser aquel para el cual se obtenga la velocidad máxima real. (MINVIVIENDA, 2012).

#### **4.3.6. Profundidad de instalación de la tubería en alcantarillados.**

El recubrimiento mínimo de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva se definen de la siguiente forma:



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



**Tabla 6** Profundidades a las Cotas Claves del Colector

Servidumbre	Profundidad a la clave del Colector [m]
Vías Peatonales o Zonas Verdes	0,75
Vías Vehiculares	1,20

Fuente: (Resolución 0330, 2017)

Se acoge como valor mínimo de profundidad a la clave de **1,20 m**.

Del mismo modo, las conexiones domiciliarias a la red sanitaria principal deberán cumplir con los siguientes parámetros:

Diámetro interno mínimo de la tubería: 140 mm

Pendiente mínima de la tubería es 2%.

La entrega a la red principal se debe realizar por gravedad y por la parte media superior del colector de alcantarillado, como mínimo las cotas claves de las tuberías deben quedar al mismo nivel.

Se deberá construir una caja de inspección al inicio de la tubería de la conexión domiciliaria, la cual podrá ser utilizada como punto de control.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



Para el empate a la tubería de la red de alcantarillado principal se deben usar accesorios como silla tee, silla yee, tee y/o yee.

#### 4.3.6.1. Profundidad máxima a la cota clave.

Generalmente, se tiene que el límite de instalación de tuberías en un sistema está alrededor de los 5,0 m. (Título D. RAS, 2012).

Para el diseño se adopta como valor máximo de profundidad a cota clave de **5,0 m**.

#### 4.3.7. Resultados de diseño de la red de alcantarillado sanitario.

Área de Drenaje			Aportes Medio Diario de Aguas Residuales										Caudal Medio diario de Aguas Residuales		Caudal Máximo Horario de Aguas Residuales		
Pozo	Área trib [ha]		Doméstico				Industrial		Comercial		Institucional		Total	Q Máximo Horario			
De-A	Parcial	Total	%Área	Densidad	Población	L/s * ha	%Área	L/s * ha	%Área	L/s * ha	%Área	L/s * ha	Área	L/s * ha	L/s	F	L/s
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
P0-P1	1,687	1,687			39										0,80686		2,4206
P1-P2	0,861	2,549			59										0,41199		1,2360
P2-P3	1,575	4,124			95										0,75338		2,2601
P3-P4	0,788	4,912			113										0,37681		1,1304
P4-P5	1,631	6,543			150										0,78020		2,3406
P5-P6	1,631	8,174			187										0,77979		2,3394
P14-P15	1,621	1,621	55%	22,64	37	0,4604	0%	0	25%	0,5	20%	0,5	100%	0,47823	0,77544	3,0	2,3263
P15-P6	0,055	1,677			39										0,02647		0,0794
															0,00000		0,0000
P6-P7	1,027	10,878			250										0,49133		1,4740
P7-P8	2,137	13,015			299										1,02175		3,0652
P8-P9	1,993	15,008			345										0,95305		2,8592
P9-P10	0,891	15,898			366										0,42589		1,2777
P10-PTAR		15,898			366												



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



Caudal de Infiltración		Caudal Conexiones Erradas		Caudal de Diseño		
Pozo	Infiltración	Conex. Erradas		Q de Diseño [L/s]		
De-A	L/s * ha	L/s	L/s * ha	L/s	Calculado	Adoptado
[1]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]
P0-P1		0,337		3,374	6,132	6,132
P1-P2		0,510		5,097	6,843	6,843
P2-P3		0,825		8,248	11,333	11,333
P3-P4		0,982		9,824	11,937	11,937
P4-P5		1,309		13,087	16,736	16,736
P5-P6		1,635		16,348	20,322	20,322
P14-P15	0,2	0,324	2	3,243	5,894	5,894
P15-P6		0,335		3,354	3,768	3,768
P6-P7		2,176		21,756	25,406	25,406
P7-P8		2,603		26,029	31,698	31,698
P8-P9		3,002		30,015	35,876	35,876
P9-P10		3,180		31,796	36,254	36,254
P10-PTAR		3,180		31,796	34,976	34,976

Altitud de Pozo y Longitud de Tubería				
Altura de Pozo [msnm]		Tramo	Longitud	
Pozo	Altura	De-A	Horizontal	Inclinada
		[1]	[2]	[3]
P0	1624,489	P0-P1	33,60	33,63
P1	1623,095	P1-P2	29,30	29,50
P2	1619,685	P2-P3	59,20	59,41
P3	1614,726	P3-P4	30,30	30,42
P4	1612,000	P4-P5	91,80	91,91
P5	1607,574	P5-P6	72,90	72,94
P6	1605,023			
P7	1601,767	P14-P15	31,30	31,40
P8	1595,989	P15-P6	42,10	42,18
P9	1589,766			
P10	1586,533	P6-P7	34,30	34,45
P14	1610,137	P7-P8	66,50	66,75
P15	1607,635	P8-P9	55,10	55,45
PTAR	1577,359	P9-P10	38,20	38,34
		P10-PTAR	18,70	20,83
		TOTAL:	603,30	607,21

Cálculo Hidráulico de la Red de Colectores										
Tramo	Longitud	Q Diseño	S	Diámetro Calculado		Diámetro Comercial		Qo	Vo	Q/Qo
De-A	[m]	[L/s]	Diseño [%]	[m]	[in]	[in]	[m]	[L/s]	[m/s]	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]
P0-P1	33,60	6,132	4,00	0,2257	8,9"	8"	0,2032	68,50	2,11	0,08
P1-P2	29,30	6,843	11,50	0,2066	4,6"	8"	0,2032	116,15	3,58	0,05
P2-P3	59,20	11,333	8,50	0,3621	14,3"	8"	0,2032	99,86	3,08	0,11
P3-P4	30,30	11,937	9,60	0,3728	14,7"	8"	0,2032	106,12	3,27	0,11
P4-P5	91,80	16,736	5,00	0,5906	23,3"	8"	0,2032	76,59	2,36	0,21
P5-P6	72,90	20,322	3,00	0,7893	5,3"	8"	0,2032	59,32	1,83	0,34
P14-P15	31,30	5,894	9,00	0,1863	6,5"	8"	0,2032	102,75	3,17	0,05
P15-P6	42,10	3,768	5,42	0,1310	6,1"	8"	0,2032	79,74	2,46	0,04
P6-P7	34,30	25,406	9,47	0,7954	31,3"	10"	0,254	191,11	3,77	0,13
P7-P8	66,50	31,698	8,50	1,0127	9,1"	10"	0,254	181,06	3,57	0,17
P8-P9	55,10	35,876	11,00	1,0921	8,4"	10"	0,254	205,97	4,06	0,17
P9-P10	38,20	36,254	8,00	1,1715	8,3"	10"	0,254	175,65	3,47	0,20
P10-PTAR	18,70	34,976	9,00	1,1055	43,5"	10"	0,254	186,30	3,68	0,18



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



Relaciones Hidráulicas				Cálculo Hidráulico de la Red de Colectores Verificación de Velocidad y Presión							
V/Vo	d/Do	R/Ro	H/D	Tramo	Vreal	Verificación V <sub>mínima</sub>	V <sup>2</sup> /2g	R	τ	Verificación τ <sub>mínima</sub>	d
[12]	[13]	[14]	[15]	De-A	[m/s]		[m]	[m]	[N/m <sup>2</sup> ]		[m]
0,505	0,220	0,530	0,151	P0-P1	1,07	Cumple	0,058	0,027	10,56	Cumple	0,0447
0,453	0,182	0,449	0,116	P1-P2	1,62	Cumple	0,134	0,023	25,73	Cumple	0,037
0,553	0,258	0,606	0,179	P2-P3	1,70	Cumple	0,148	0,031	25,67	Cumple	0,0524
0,553	0,258	0,606	0,179	P3-P4	1,81	Cumple	0,167	0,031	28,99	Cumple	0,0524
0,664	0,353	0,780	0,258	P4-P5	1,57	Cumple	0,125	0,04	19,44	Cumple	0,0717
0,755	0,542	0,938	0,348	P5-P6	1,38	Cumple	0,097	0,048	14,02	Cumple	0,1101
0,453	0,182	0,449	0,116	P14-P15	1,44	Cumple	0,105	0,023	20,14	Cumple	0,037
0,427	0,165	0,410	0,102	P15-P6	1,05	Cumple	0,056	0,021	11,07	Cumple	0,0335
0,580	0,280	0,650	0,197	P6-P7	2,19	Cumple	0,244	0,041	38,34	Cumple	0,0711
0,624	0,315	0,716	0,229	P7-P8	2,23	Cumple	0,253	0,045	37,91	Cumple	0,08
0,624	0,315	0,716	0,229	P8-P9	2,53	Cumple	0,327	0,045	49,06	Cumple	0,08
0,656	0,346	0,768	0,251	P9-P10	2,28	Cumple	0,264	0,049	38,27	Cumple	0,0879
0,634	0,323	0,729	0,236	P10-PTAR	2,33	Cumple	0,277	0,046	40,87	Cumple	0,082

Pérdidas en el Sistema							
Pozo De-A	E [m]	H [m]	NF	Pérdidas			
				h Tran	Rc/D	h Curva	h Total
[1]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]
P0-P1	0,103	0,031	1,932	0,0076	0,0		0,0076
P1-P2	0,171	0,024	3,342	0,0014	0,0		0,0014
P2-P3	0,200	0,036	2,866	0,0019	0,0		0,0019
P3-P4	0,219	0,036	3,043	0,0084	0,0		0,0084
P4-P5	0,197	0,052	2,194	0,0056	0,0		0,0056
P5-P6	0,207	0,071	1,656	0,0000	3,0	0,010	0,0097
P14-P15	0,142	0,024	2,959	0,0098	0,0		0,0098
P15-P6	0,090	0,021	2,314	0,0000	2,4	0,006	0,0056
P6-P7	0,315	0,05	3,122	0,0009	0,0		0,0010
P7-P8	0,333	0,058	2,953	0,0074	0,0		0,0074
P8-P9	0,407	0,058	3,359	0,0126	0,0		0,0126
P9-P10	0,352	0,064	2,873	0,0013	0,0		0,0013
P10-PTAR	0,359	0,06	3,041				



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



Cálculo de Cotas y Profundidades a Clave y Batea de la Tubería

Pozo De-A	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Lámina		Cota Energía		Prof. A Clave		Prof. A Batea	
	De	A	De	A	De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
[1]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37]	[38]	[39]	[40]	[41]
P0-P1	1.624,489	1.623,095	1.623,29	1.621,95	1.623,086	1.621,742	1.623,131	1.621,787	1.623,189	1.621,845	1,20	1,15	1,40	1,35
P1-P2	1.623,095	1.619,685	1.621,87	1.618,50	1.621,666	1.618,297	1.621,703	1.618,334	1.621,837	1.618,468	1,23	1,19	1,43	1,39
P2-P3	1.619,685	1.614,726	1.618,47	1.613,44	1.618,266	1.613,234	1.618,319	1.613,287	1.618,466	1.613,434	1,22	1,29	1,42	1,49
P3-P4	1.614,726	1.612,000	1.613,42	1.610,51	1.613,213	1.610,305	1.613,266	1.610,357	1.613,432	1.610,524	1,31	1,49	1,51	1,70
P4-P5	1.612,000	1.607,574	1.610,52	1.605,93	1.610,318	1.605,728	1.610,390	1.605,800	1.610,515	1.605,925	1,48	1,64	1,68	1,85
P5-P6	1.607,574	1.605,023	1.605,92	1.603,73	1.605,713	1.603,526	1.605,823	1.603,636	1.605,920	1.603,733	1,66	1,29	1,86	1,50
P14-P15	1.610,137	1.607,635	1.608,94	1.606,12	1.608,734	1.605,917	1.608,771	1.605,954	1.608,876	1.606,059	1,20	1,52	1,40	1,72
P15-P6	1.607,635	1.605,023	1.606,16	1.603,88	1.605,959	1.603,677	1.605,993	1.603,711	1.606,049	1.603,767	1,47	1,14	1,68	1,35
P6-P7	1.605,023	1.601,767	1.603,62	1.600,37	1.603,369	1.600,121	1.603,440	1.600,192	1.603,684	1.600,436	1,40	1,39	1,65	1,65
P7-P8	1.601,767	1.595,989	1.600,36	1.594,70	1.600,102	1.594,449	1.600,182	1.594,529	1.600,435	1.594,782	1,41	1,29	1,67	1,54
P8-P9	1.595,989	1.589,766	1.594,62	1.588,56	1.594,368	1.588,307	1.594,448	1.588,387	1.594,775	1.588,714	1,37	1,21	1,62	1,46
P9-P10	1.589,766	1.586,533	1.588,60	1.585,55	1.588,349	1.585,293	1.588,437	1.585,381	1.588,701	1.585,645	1,16	0,99	1,42	1,24
P10-PTAR	1.586,533	1.577,359	1.585,54	1.583,86	1.585,285	1.583,602	1.585,367	1.583,684	1.585,644	1.583,961	0,99	-6,50	1,25	-6,24



SC-CER96940

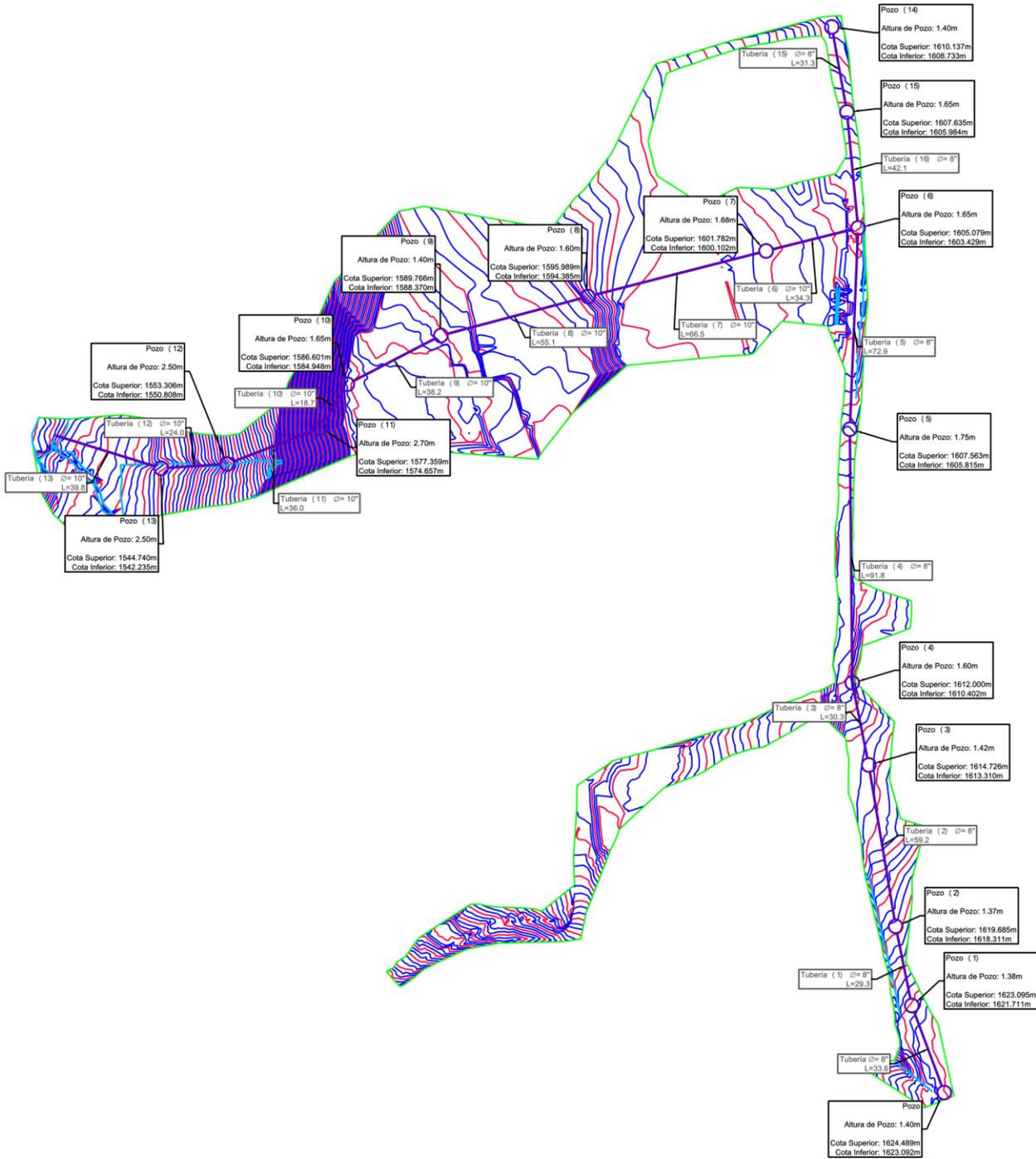


*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## 5. PARAMETRIZACIÓN BIM

Se entiende como parámetros a la forma de poder darle una información a un modelado que se requiera realizar para llevar a cabo un diseño estructurado. Para ello se escogen herramientas de trabajos para poder transformar esa información a un modelo paramétrico que pueda ser trabajado bajo un modelo BIM.

### 5.1. Del CAD al BIM

Anteriormente se hizo mención de lo que significaba el trabajo colaborativo BIM, como una metodología de desempeño para los procesos constructivos actuales, del mismo modo, lo podemos definir como: “Un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información estandarizada en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción” (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2020), concepto que nace como una definición en común, para el BIM, basado en palabras claves como son colaboración, información y tecnología. En los últimos años, el diseño asistido por computadora (CAD), incluido el BIM, se ha convertido en sinónimo de hermosos diseños, trabajos renderizados con realismo fotográfico, innovaciones de vanguardia y entrega efectiva de proyectos en la industria del diseño y la construcción (Maina, 2018).

Por otro lado, se tiene que la metodología de trabajo convencional del trabajo asistido por computadora (Computer Aided Design), son diseños y representaciones gráficas enfocadas a ilustrar vectorialmente una planimetría en 2D o 3D (Mohler, 1997), sin embargo, existe una



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



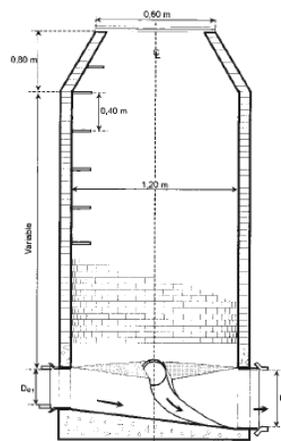
desventaja por el tiempo requerido que se debe añadirse al momento de realizar modelos de información diferentes para cada diseño (Maina, 2018)

## 5.2. Modelo BIM pozo de inspección

Estos pozos permiten el cambio de dirección en el alineamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección y las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general del sistema (López Cualla, 2004). Para el modelado de información del pozo de inspección se tiene en cuenta las indicaciones mínimas requeridas por el RAS, y las alturas correspondientes para el diseño de cada pozo se calculan a partir de los datos obtenidos en campo.

Una vez iniciado el proyecto, se procede a tener en cuenta las indicaciones mínimas requeridas:

### Ilustración 6 Pozo de Inspección



Nota: Corte A-A Pozo de Inspección para  $D_s < 36''$  Autor: (López Cualla, 2004)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

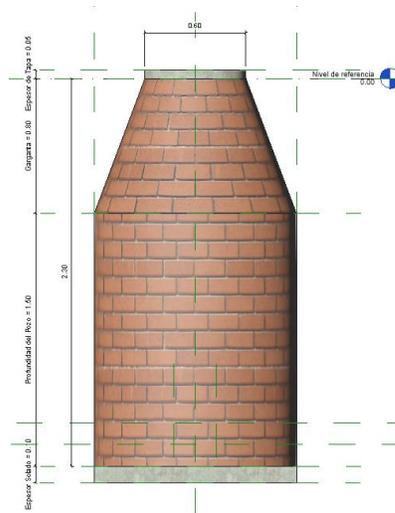
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*

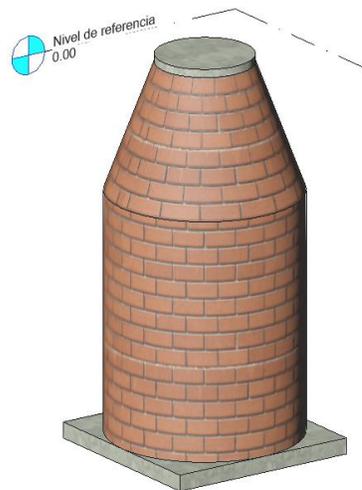


**Ilustración 7** Modelado de Información del pozo de Inspección, Vista Perfil.



*Nota:* Diseño del pozo de inspección estándar, en Software Autodesk Revit, Fuente: Autores.

**Ilustración 8** Modelado de Información del Pozo de Inspección, Vista 3D



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

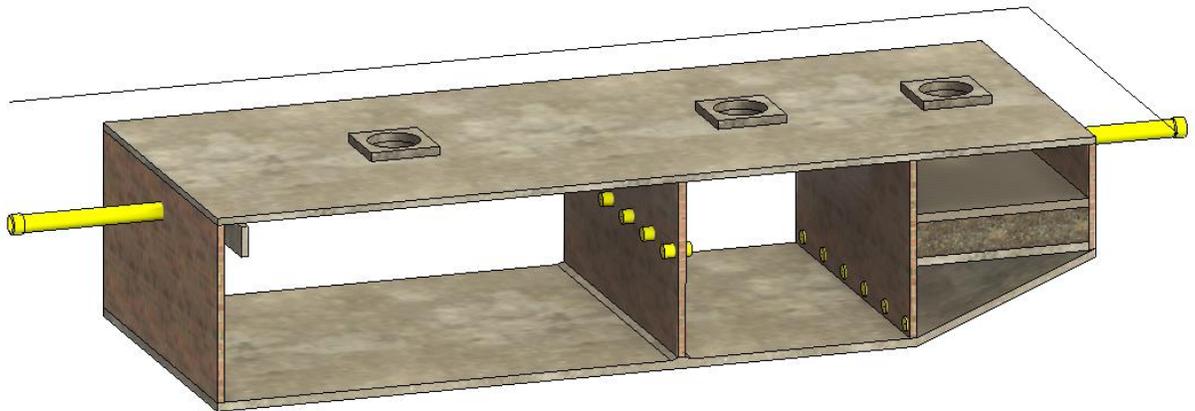
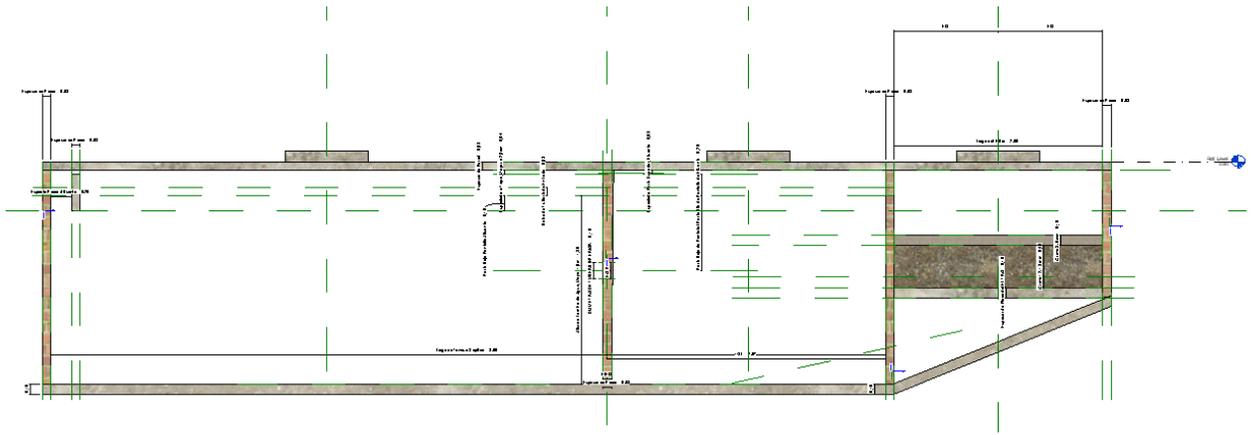


ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Nota: Diseño del pozo de inspección estándar, en Software Autodesk Revit, Fuente: Autores.

### 5.3. Modelo BIM planta de tratamiento de aguas residuales PTAR



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



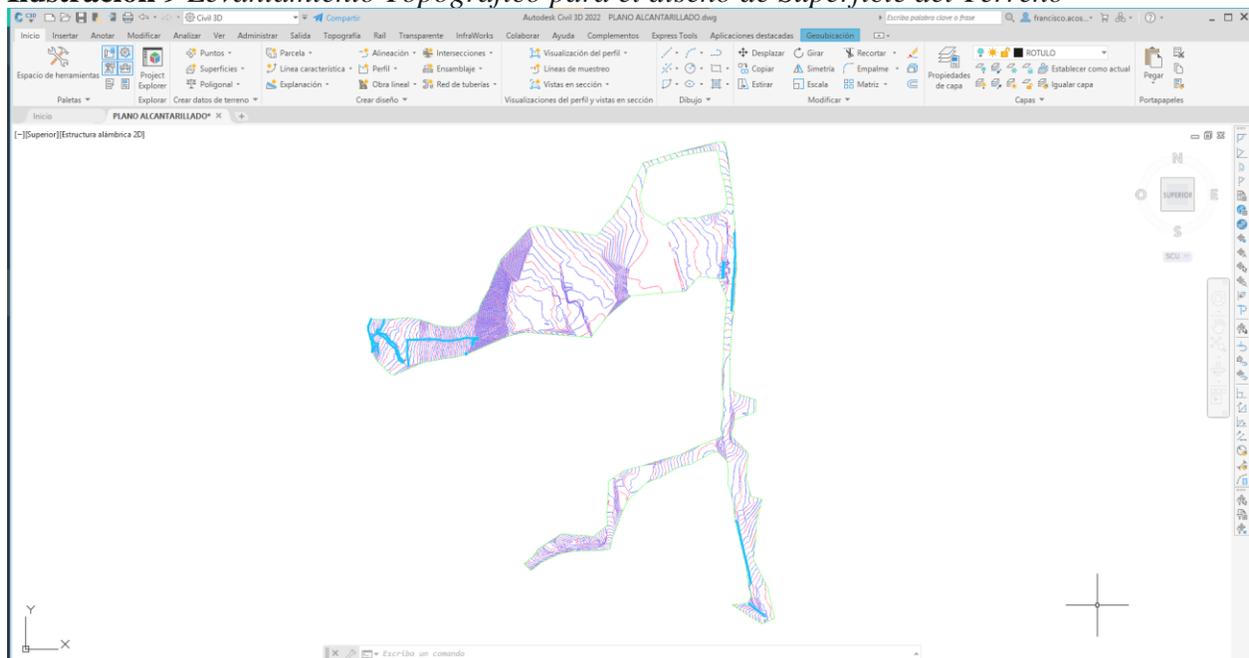
ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



#### 5.4. Parametrización del modelado de información pozo de inspección

Para llevar a cabo el proceso de parametrización del modelo, se realizó primeramente un levantamiento topográfico del lugar exacto por donde pasarán las tuberías en cuestión para el diseño, llevando los respectivos puntos al software Civil3D donde se puede modelar y visualizar de forma real y a escala la superficie total del terreno.

**Ilustración 9** Levantamiento Topográfico para el diseño de Superficie del Terreno



*Nota:* Diseño realizado mediante el software Civil 3D, fuente: Autores.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

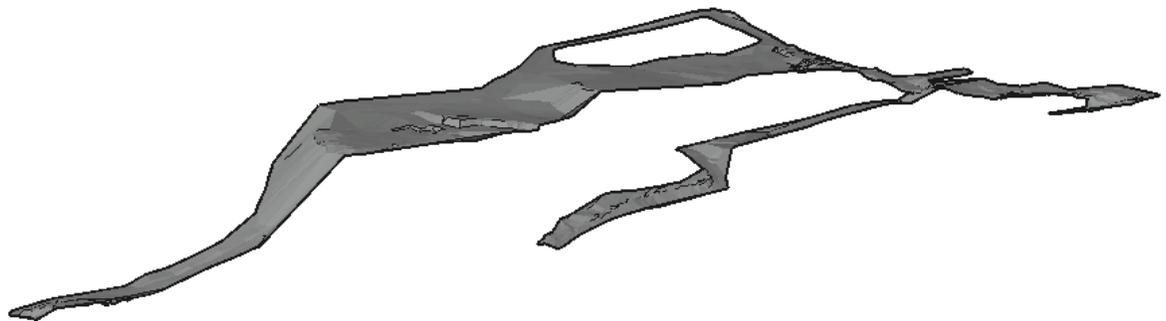
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



### Ilustración 10 Modelo 3D de Superficie del Terreno



*Nota:* Diseño realizado mediante el software Civil 3D, fuente: Autores.

Una vez culminado el procedimiento en campo y llevado los puntos al software para la postproducción, se procede a realizar los respectivos procedimientos de parametrización para el modelado de la red de alcantarillado, donde se tiene a posibilidad de seleccionar las propiedades de diseño, forma y sección del pozo que se desea construir, dimensionar el diámetro de tuberías a utilizar con su respectiva materialidad, colocando cada uno de los valores mínimos para el cumplimiento de la normatividad vigente, esto de la mano de las propiedades físico químico de las tuberías, propiedades de fluidos y otros. A su vez, que las propiedades de información mostrada para el diseño de los planos constructivos para puesta en marcha del proyecto.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

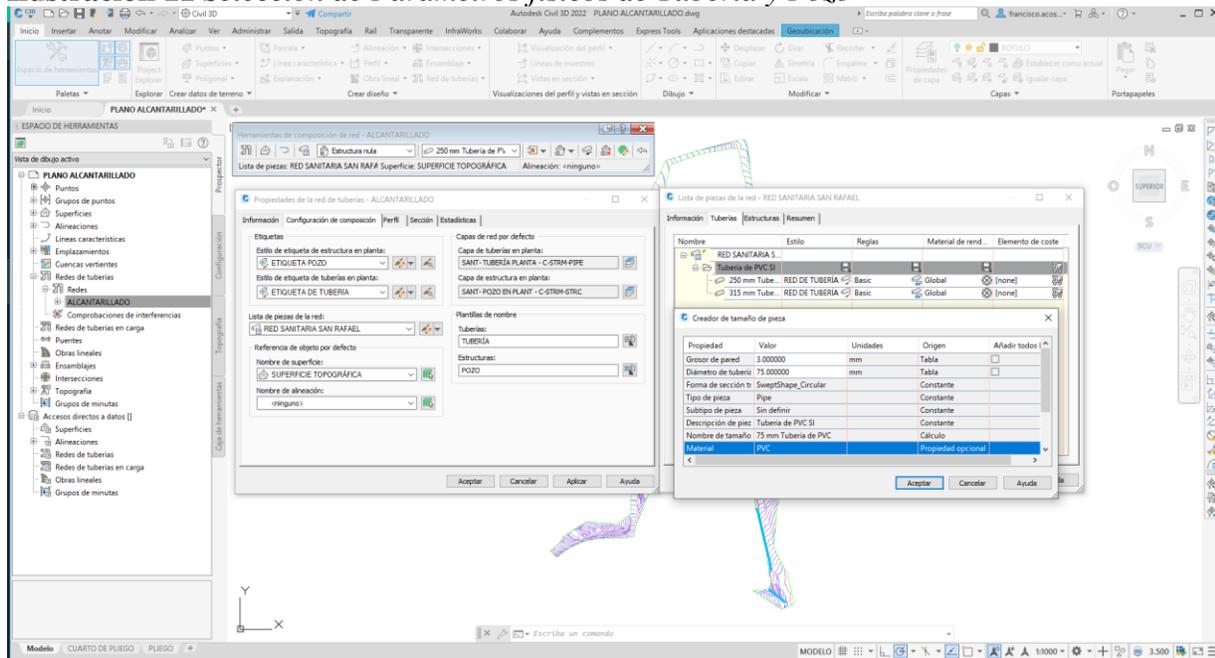
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



**Ilustración 11 Selección de Parámetros físicos de Tubería y Pozo**



**Ilustración 12 Selección de Parámetros reglas de Diseño**



SC-CER96940

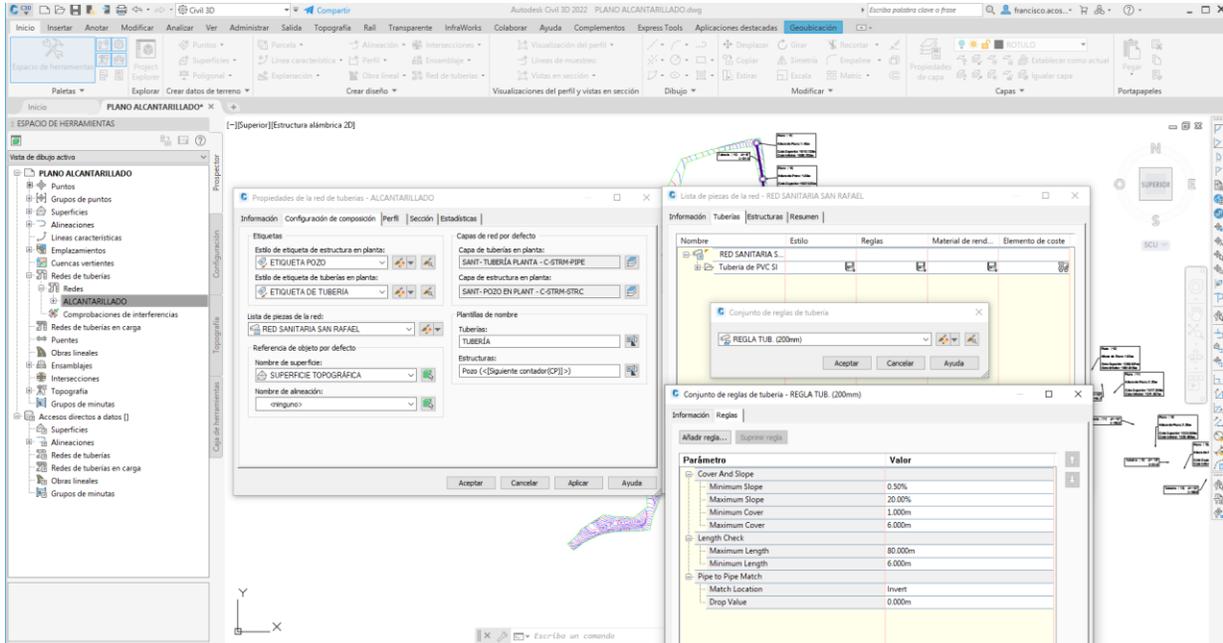


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

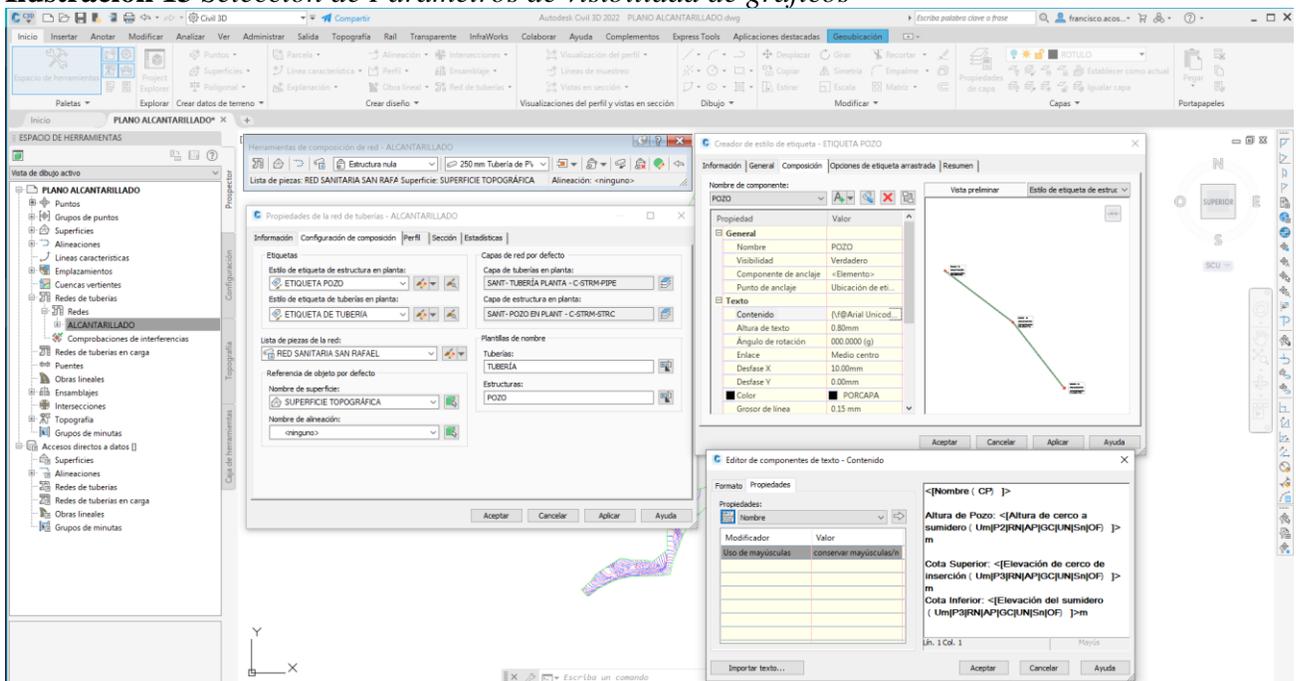
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



**Ilustración 13** Selección de Parámetros de visibilidad de gráficos



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

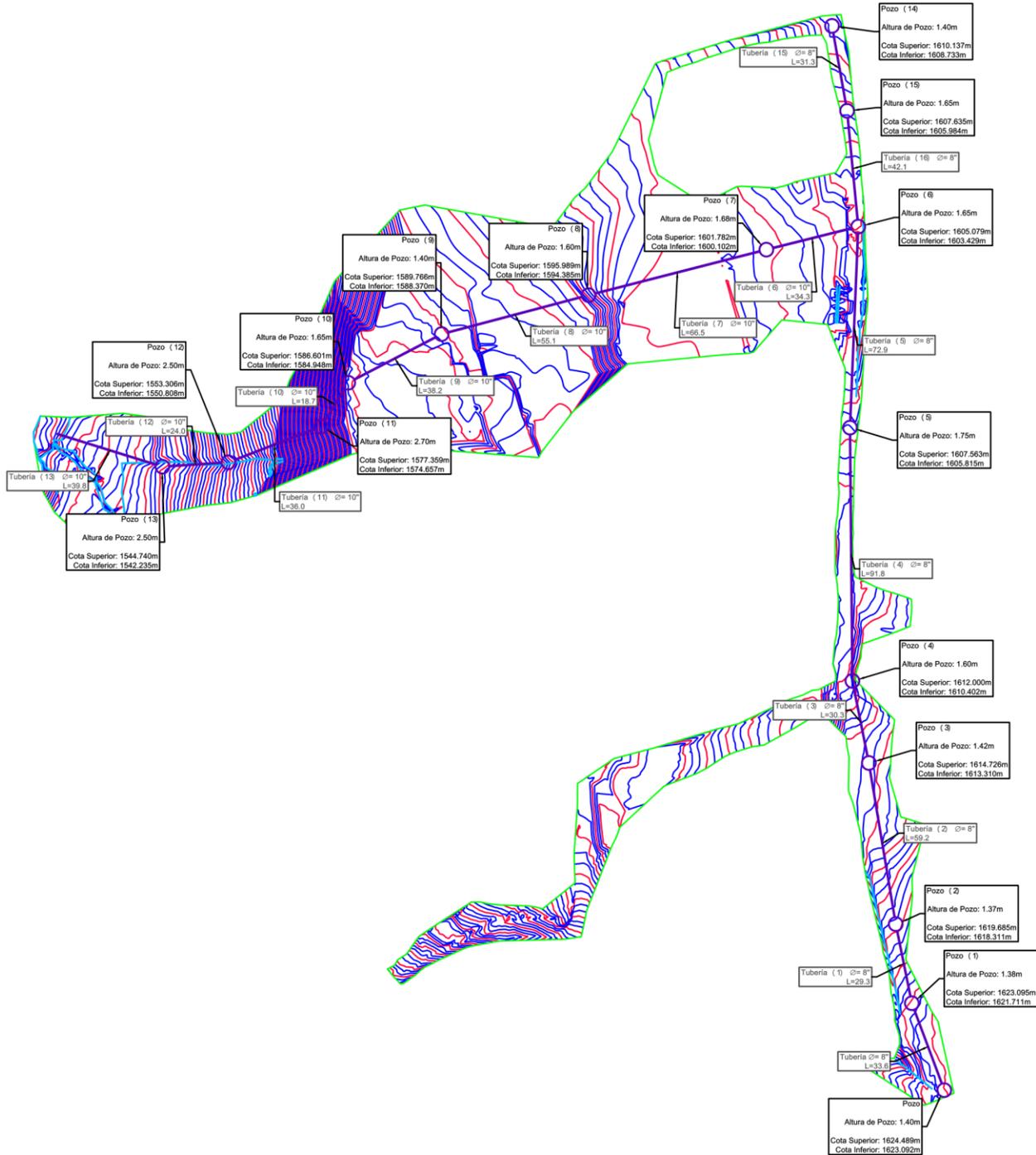
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



**Ilustración 14** Diseño de Red de Alcantarillado Sanitario



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

SC-CER96940



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*

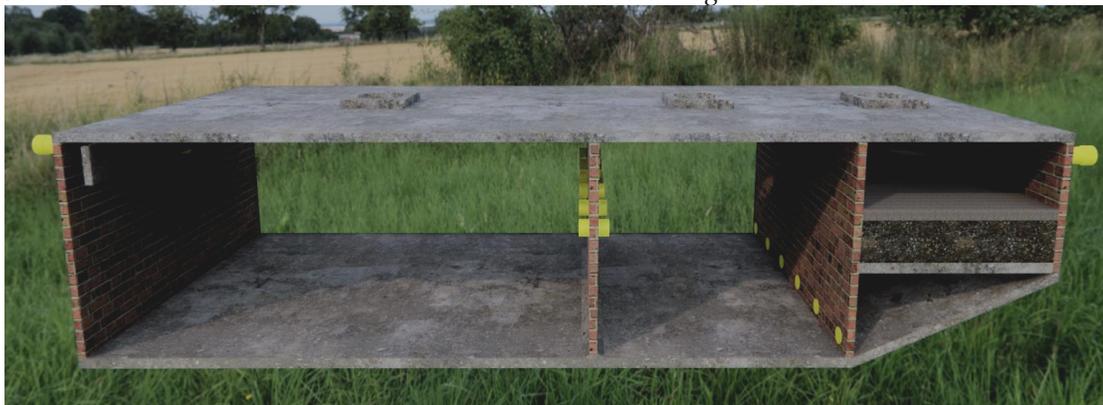


Una vez establecida la ubicación de los pozos de inspección teniendo en cuenta todas las recomendaciones dadas por el reglamento técnico, se procede a realizar el modelamiento de la información en el software de aplicación, para el caso se utilizó Autodesk Revit.

**Ilustración 15** *Render Modelo BIM Pozo de Inspección*



**Ilustración 16** *Render Modelo BIM Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## 6. CONCLUSIONES

La implementación de los procesos de modelado de la información mediante software de gestión de proyectos BIM para los diseños de alcantarillados sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales es de gran avance para llevar a cabo diseños rápidos y eficientes al momento de tener calculados todos los parámetros exigibles por las normas de diseño, cumpliendo siempre con los mínimos requerimientos de los reglamentos actuales vigentes en cuanto a dimensionamiento y otros factores que afecten directamente al proyecto.

Es de gran importancia tener en cuenta que los modelados de la información van enmarcados específicamente a que esa misma información debe venir calculada, dimensionada y documentada mediante otros softwares de cálculo que sea necesario. Al momento de tener documentada la información, se lleva al software de modelado BIM, donde se puede proyectar el diseño a la realidad dependiendo el nivel de detalle que se requiera manejar, siendo desde un nivel conceptual hasta un diseño fiel a la construcción puesta en marcha en obra.

La gran ventaja de estos modelados de información se basa en su eficiencia en el tiempo, donde se puede documentar la totalidad de costos actuales con porcentaje de pérdidas bajas, cantidad de materiales de construcción necesarios y precisos si se requiere, tiempos de construcción por fases constructivas durante la totalidad del proyecto por días hábiles de trabajo, pagos totales para mano de obra, maquinaria y equipos necesarios para llevar a cabo la labor de la construcción,



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



documentación completa en planos, detalles, diseños constructivos, modelación 3D, renders del diseño completo construido en obra mediante software de apoyo como V-Ray, Enscape, D5 o cualquier otro motor de render del mercado, donde en tiempo real se puede visualizar el proceso de trabajo, llevar el modelo en realidad virtual mediante apoyo de Augin para Autodesk Revit, o cualquier otro motor de VR accesible. Del mismo modo, se puede desarrollar el proceso de construcción mediante el software Naviswork, y todo ello enmarcado únicamente a un mismo modelo, una misma información, que, al momento de requerirse un cambio, el ajuste general será de manera automática, sin necesidad de ajustar manualmente cada paso por separado o hacer alguna modificación.

Dentro de la desventaja de la implementación de esta metodología a los modelos de trabajo como son para el caso, sistema de alcantarillado con PTAR, está en ella que los cálculos deberán realizarse primeramente mediante otro software de forma manual, o mediante la parametrización en Civil3D u otro software que permita el cálculo correspondiente de cada pozo de inspección, sus respectivas cotas de profundidades y alturas correspondientes debido a que dentro del estudio realizado en este documento, el software utilizado para el proyecto en cuestión, no permite este tipo de cálculos, o requiere de una programación más profesional mediante lenguaje programático como lo tiene Dynamo, donde es posible realizar cualquier adecuación del modelado de la información. Por lo que requiere de un conocimiento profundo de las herramientas que nos son muy habituales dentro del software



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

## ANEXOS



Resistencia de Concreto:  $R_c = 14 \text{ MPa}$

### POZO DE INSPECCIÓN #0

Diámetro de Tapa:  $d = 80 \text{ cm}$   
 Espesor de Tapa:  $e = 10 \text{ cm}$   
 Altura de Garganta:  $h = 80 \text{ cm}$   
 Diámetro de Pozo:  $D = 1.2 \text{ m}$   
 Altura de Cuerpo de Pozo:  $H = 0.60 \text{ m}$   
 Espesor de Pared:  $e_p = 11 \text{ cm}$   
 Espesor de Solado:  $e_s = 20 \text{ cm}$

Conexiones:  $C = 3$   
 Diámetro de Tubería:  $D_{\text{tub}} = 8 \text{ in}$   
 Separación entre Barras:  $e_b = 10 \text{ cm}$   
 Barra de Acero:  $N_o = 3$

Tabla C.3.5.3-J  
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS BARRAS DE REFUERZO  
(Dimensiones basadas en octavas de pulgadas)

Designación de la barra (como la está)	Diámetro de referencia en pulgadas	Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Perímetro mm	Masa kg/m
Nc. 2	1/4"	6.4	32	25.1	0.250
Nc. 3	3/8"	9.5	71	31.0	0.500
Nc. 4	1/2"	12.7	129	41.0	0.694
Nc. 5	5/8"	15.9	199	51.0	1.052
Nc. 6	3/4"	19.1	284	61.0	1.422
Nc. 7	7/8"	22.2	387	71.0	1.942
Nc. 8	1"	25.4	510	81.0	2.575
Nc. 9	1-1/8"	29.7	645	91.0	3.250
Nc. 10	1-1/4"	31.8	719	91.0	3.604
Nc. 11	1-3/8"	34.9	806	101.0	3.967
Nc. 14	1-3/4"	41.3	1070	111.0	5.260
Nc. 18	2-1/8"	54.0	1820	141.0	7.290

Nota: Cífralo de la barra indica el número de octavas de pulgadas del diámetro de referencia.

Resistencia del Mortero:  $R_m = 1500 \text{ psi}$

Cantidades (cm <sup>2</sup> - ar - gr)	Resistencia			Cemento (cm <sup>3</sup> )	Arena m <sup>3</sup> (ar)	Grava m <sup>3</sup> (gr)	Agua lts (promedio)
	kg/cm <sup>2</sup>	PSI	Mpa				
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0.67	0.67	190
1 - 2 - 2.5	340	3555	24	380	0.60	0.76	180
1 - 2 - 3	326	3224	22	350	0.55	0.84	170
1 - 2 - 3.5	230	3000	20	320	0.52	0.90	170
1 - 2 - 4	200	2850	19	300	0.48	0.95	158
1 - 2.5 - 4	180	2700	18	280	0.55	0.89	158
1 - 3 - 3	168	2400	16	300	0.72	0.72	158
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0.63	0.83	163
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0.55	0.92	148
1 - 3 - 6	119	1700	12	210	0.50	1.00	143
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0.55	0.98	133
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0.55	1.03	125

Tabla de dosificación de concreto - cantidades por m<sup>3</sup>

TIPO MORTERO	RESIST. (psi)	MATERIALES				DESPER.
		CEMENTO (KG)	ARENA (M <sup>3</sup> )	SIKA 1 (KG)	AGUA (LTR)	
1-2	3500	610	0.97		250	5
1-3	3000	454	1.09		240	5
1-3 MP	2500	484	1.09	24	240	5
1-4	2000	364	1.15		220	5
1-4 MP	1500	384	1.15	22	220	5

## TAKE - OFF

### Excavación:

Se requiere excavación y retiro de material a una Profundidad = 1.7 m y un Área = 1.44 m<sup>2</sup>  
 Para finalizar con un Retiro<sub>material</sub> = 2.448 m<sup>3</sup>

### Tapa:

Cortar en:  $L_{\text{tapa}} = 10 \text{ m}$ ; la cantidad de barras = 12  $N_o = 3$  de:  $d = 0.8 \text{ m}$  de Largo formando una parrilla con espaciado de:  $e_b = 10 \text{ cm}$  Fundir la Tapa en Concreto con recubrimiento de:  $e_p = 4 \text{ cm}$

Concreto de:  $R_c = 14 \text{ MPa}$  Con una dosificación como sigue:  
 $Cemento_{\text{tapa}} = 11.42 \text{ kg}$   
 $Arena_{\text{tapa}} = 0.027 \text{ m}^3$   
 $Grava_{\text{tapa}} = 0.046 \text{ m}^3$   
 $Agua_{\text{tapa}} = 7.349 \text{ L}$

### Pozo:

La cantidad de Ladrillos macizo sin desperdicio para todo el pozo con altura de:  $H_{\text{pozo}} = 1.4 \text{ m}$  la cantidad de:  $C_{\text{ladrillo}} = 149.16$   
 Con juntas de:  $J_k = 3 \text{ cm}$  con mortero de pega:  $R_m = 1500 \text{ psi}$  Con una dosificación como sigue:  $Cemento_{\text{mortero}} = 14.156 \text{ kg}$   
 $Arena_{\text{mortero}} = 0.045 \text{ m}^3$   
 $Agua_{\text{mortero}} = 8.556 \text{ L}$

El mismo lleva un empaquetado interior con un espesor de:  $e_{\text{paquete}} = 2 \text{ cm}$  Con una dosificación de materiales como sigue:  
 $Cemento_{\text{paquete}} = 32.251 \text{ kg}$   
 $Arena_{\text{paquete}} = 0.103 \text{ m}^3$   
 $SIKA1_{\text{paquete}} = 1.949 \text{ kg}$   
 $Agua_{\text{paquete}} = 19.492 \text{ L}$



**ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE**  
*¡Seguimos avanzando!*



**Solado:**

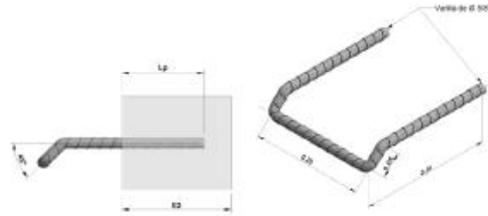
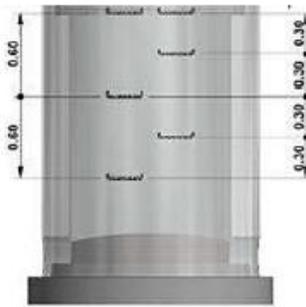
Con un espesor de:  $e_s = 20 \text{ cm}$  Se tiene la siguiente dosificación para la fundición del solado:  $Cemento_{solado} = 66.24 \text{ kg}$   
 $Arena_{solado} = 0.158 \text{ m}^3$   
 $Grava_{solado} = 0.266 \text{ m}^3$   
 $Agua_{solado} = 42.624 \text{ L}$

**Peldaños:**

Cantidad de Peldaños para el Pozo:  $C_{peldaños} = 4$

Distribuidos de la siguiente forma:

Detalle de Peldaños



Lp: Longitud de Perforación:  $L_p = 8 \text{ cm}$   
 E2: Espesor del muro:  $e_p = 11 \text{ cm}$

**Cañuela**

La cañuela de fondo será diseñada In-Situ, corte de tubería de:  $D_{tub} = 8 \text{ in}$   
 y relleno en concreto como se muestra en la figura, con las siguientes especificaciones:

Concreto de:  $R_c = 14 \text{ MPa}$  Dosificación:  $Cemento_{cañuela} = 43.907 \text{ kg}$   
 $Arena_{cañuela} = 0.105 \text{ m}^3$   
 $Grava_{cañuela} = 0.176 \text{ m}^3$   
 $Agua_{cañuela} = 28.253 \text{ L}$



**Total de Cantidad y Costo de Materiales del Pozo:**

CANTIDAD TOTAL DE MATERIALES:

COSTO TOTAL DE MATERIALES:

- $Cemento_{p1} = 4 \text{ bultos}$
- $Arena_{p1} = 0.461 \text{ m}^3$
- $Grava_{p1} = 0.511 \text{ m}^3$
- $SIKA1_{p1} = 2 \text{ kg}$
- $Agua_{p1} = 111.587 \text{ L}$
- $L_{servop1} = 10 \text{ m } N_{\alpha} = 3$
- $Peldaños_{p1} = 4$
- $C_{ladrillo_{p1}} = 157$
- $Tub_{p1} = 1.2 \text{ m}$

$COSTO_{p1} = 486000 \text{ \$}$



SC-CER96940

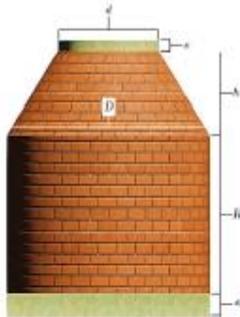


*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
¡Seguimos avanzando!



### POZO DE INSPECCIÓN #15

Diámetro de Tapa:	$d = 80 \text{ cm}$	Conexiones:	$C = 3$
Espesor de Tapa:	$e = 10 \text{ cm}$	Diámetro de Tubería:	$D_{\text{tub}} = 8 \text{ in}$
Altura de Garganta:	$h = 80 \text{ cm}$		
Diámetro de Pozo:	$D = 1.2 \text{ m}$		
Altura de Cuerpo de Pozo:	$H = 0.85 \text{ m}$		
Espesor de Pared:	$e_p = 11 \text{ cm}$		
Espesor de Solado:	$e_s = 20 \text{ cm}$		

### TAKE - OFF

#### Excavación:

Se requiere excavación y retiro de material a una **Profundidad = 1.95 m** y un **Área = 1.44 m<sup>2</sup>**  
Para finalizar con un **Retiro<sub>material</sub> = 2.808 m<sup>3</sup>**

#### Tapa:

Cortar en:  $L_{\text{ladr}} = 10 \text{ m}$  ; la cantidad de **barras = 12**  $N_b = 3$  de:  $d = 0.8 \text{ m}$  de Largo formando una parrilla con espaciado de:  $e_b = 10 \text{ cm}$  Fundir la Tapa en Concreto con recubrimiento de:  $e_r = 4 \text{ cm}$   
Concreto de:  $R_c = 14 \text{ MPa}$  Con una dosificación como sigue: **Cemento<sub>tapa</sub> = 11.42 kg**  
**Arena<sub>tapa</sub> = 0.027 m<sup>3</sup>**  
**Grava<sub>tapa</sub> = 0.046 m<sup>3</sup>**  
**Agua<sub>tapa</sub> = 7.349 L**

#### Pozo:

La cantidad de Ladrillos macizo sin desperdicio para todo el pozo con altura de:  $H_{\text{pozo}} = 1.65 \text{ m}$  la cantidad de:  **$C_{\text{ladrillos}} = 180.89$**   
Con juntas de:  $J_k = 3 \text{ cm}$  con mortero de pega:  $R_m = 1500 \text{ psi}$  Con una dosificación como sigue: **Cemento<sub>mortero</sub> = 14.156 kg**  
**Arena<sub>mortero</sub> = 0.045 m<sup>3</sup>**  
**Agua<sub>mortero</sub> = 8.556 L**

El mismo lleva un empaquetado interior con un espesor de:  $e_{\text{pañete}} = 2 \text{ cm}$  Con una dosificación de materiales como sigue: **Cemento<sub>pañete</sub> = 39.112 kg**  
**Arena<sub>pañete</sub> = 0.125 m<sup>3</sup>**  
**SIKA1<sub>pañete</sub> = 2.364 kg**  
**Agua<sub>pañete</sub> = 23.639 L**

#### Solado:

Con un espesor de:  $e_s = 20 \text{ cm}$  Se tiene la siguiente dosificación para la fundición del solado: **Cemento<sub>solado</sub> = 66.24 kg**  
**Arena<sub>solado</sub> = 0.158 m<sup>3</sup>**  
**Grava<sub>solado</sub> = 0.265 m<sup>3</sup>**  
**Agua<sub>solado</sub> = 42.624 L**

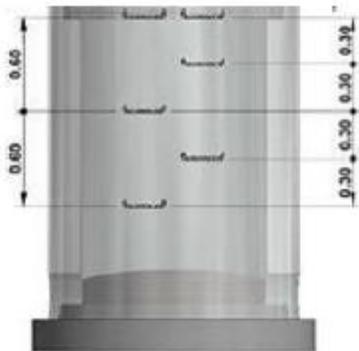


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

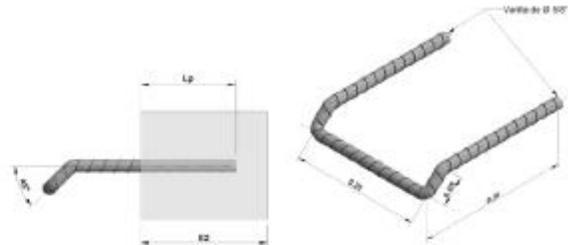
Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750

### Peldaños:

Cantidad de Peldaños para el Pozo:  $C_{peldaños} = 5$   
Distribuidos de la siguiente forma:



Detalle de Peldaños



Lp: Longitud de Perforación:  $L_p = 8 \text{ cm}$   
E2: Espesor del muro:  $e_p = 11 \text{ cm}$

### Cañuela

La cañuela de fondo será diseñada In-Situ, corte de tubería de:  $D_{tub} = 8 \text{ in}$   
y relleno en concreto como se muestra en la figura, con las siguientes especificaciones:

Concreto de:  $R_c = 14 \text{ MPa}$  Dosificación:  $Cemento_{cañuela} = 43.907 \text{ kg}$   
 $Arena_{cañuela} = 0.105 \text{ m}^3$   
 $Grava_{cañuela} = 0.176 \text{ m}^3$   
 $Agua_{cañuela} = 28.253 \text{ L}$



### Total de Cantidad y Costo de Materiales del Pozo:

CANTIDAD TOTAL DE MATERIALES:

$Cemento_{p1} = 4 \text{ bultos}$   
 $Arena_{p1} = 0.483 \text{ m}^3$   
 $Grava_{p1} = 0.511 \text{ m}^3$   
 $SIKA_{p1} = 2.5 \text{ kg}$   
 $Agua_{p1} = 115.942 \text{ L}$   
 $L_{herrap1} = 10 \text{ m}$   $N_o = 3$   
 $Peldaños_{p1} = 5$   
 $C_{adritloap1} = 190$   
 $Tub_{p1} = 1.2 \text{ m}$

COSTO TOTAL DE MATERIALES:

$COSTO_{p11} = 520000 \text{ \$}$



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## COSTO TOTAL DE MATERIALES

### CANTIDADES:

TUBERIA\_8" = 67 und  
TUBERIA\_10" = 33 und  
TUB\_CANUELA = 2 und x 8"

### COSTO DE TUBERÍAS+LUBRICANTE:

LUB\_8" = 22.333 COSTO\_8" = 18090000 \$  
LUB\_10" = 11 COSTO\_10" = 13926000 \$

**Nota:** Éstas tuberías ya están cuantificadas, no se debe agregar a la cantidad de tubería final.

CEMENTO = 52 Bultos  
ARENA = 6.17 m<sup>3</sup>  
GRAVA = 6.64 m<sup>3</sup>  
SIKA1 = 8 und x 4kg  
AGUA = 1486 L  
LADRILLOS = 2305 und 24x11x8 cm

ACERO = 22 und N<sub>o</sub> = 3  
PELDAÑOS = 60 und x 5/8"

### COSTO TOTAL DE MATERIALES DE POZOS:

POZOS = 6556000 \$

### COSTO TOTAL DE MATERIALES EN GENERAL:

TOTAL\_ALCANTARILLADO = 38572000 \$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



## BIBLIOGRAFÍA

- AIA. (2013). *Building Project Modeling Information Form Protocol*. 1-5.  
<https://www.aiacontracts.org/contract-documents/19016-project-bim-protocol>
- Batero, Y., & Cruz, E. (2007). *EVALUACIÓN DE FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE (FAFAs) CON MEDIO DE SOPORTE EN GUADUA PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN AGUA RESIDUAL SINTÉTICA YOLIMA CONSTANZA BATERO CORREA*.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Jakob, B. (2018). Building Information Modeling. En A. Borrmann, C. Koch, M. König, & J. Beetz (Eds.), *Technology for Facility Managers: The Impact of Cutting-Edge Technology on Facility Management*.  
<https://doi.org/10.1002/9781119572626.ch2>
- Castrillón, J. S., Londoño, C., Lopez, J., Patiño, L., & Troncoso, S. (s. f.). *EVALUACIÓN, ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO*.
- Cuervo, G., Escobar, E., García, G., Rinaldi, A., & Rodríguez, D. (s. f.). *DISEÑO DE SISTEMA DETANQUE SÉPTICO Y TRATAMIENTO DE EFFLUENTES*. Recuperado 25 de noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/document/525793670/Trabajo-1-Diseno-de-Tanque-Septico-y-Tratamiento-de-Efluentes-Institucion-Educativa-Francisco-de-Paula-Santander-San-Estanislao>
- DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. 96.  
[https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/85001\\_infografia.pdf](https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/85001_infografia.pdf)



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). Estrategia Nacional BIM 2020-2026 de Colombia. *Departamento Nacional de Planeación (DNP)*, 6.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>  
<https://documentos.mideplan.gov.co/share/s/MOQwz7ifQI6vwczIxnFldw>

EMES. (2018). *Revisión general del Esquema de Oedenamiento Territorial Municipio de Pamplonita Departamento de Norte de Santander*. 837.

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2017). *POZOS SEPTICOS: DEFINICION, ESTRUCTURA Y TIPOS*.

Lopez Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados* (2.<sup>a</sup> ed.).

López Cualla, R. A. (2004). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*. 546.  
<https://books.google.com/books?id=QcAWPwAACAAJ&pgis=1>

Maina, J. J. (2018). Barriers to effective use of CAD and BIM in architecture education in Nigeria. *International Journal of Built Environment and Sustainability*, 5(3), 175-186.  
<https://doi.org/10.11113/ijbes.v5.n3.275>

Medina, C., & Hernandez, C. (2018). *ANALISIS DE ALTERNATIVAS NO CONVENCIONALES PARA LA RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES QUE SE GENERAN EN EL SECTOR RURAL*.  
<http://www.revistaeducacion.educacion.es/re355/re355.pdf>

MINVIVIENDA. (2012). RAS TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. En *Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio*



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Colombia.

Mohler, J. L. (1997). An Instructional Method for the AutoCAD Modeling Environment. *Engineering Design Graphics Journal*, 61(1), 5-.

Resolución 0330. (2017). Resolución 0330 de 2017: «Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS- y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009». Ministerio . En *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Republica de Colombia*. (p. 182). <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>

Rivera, A., González, J. S., Castro, R., Guerrero, B., & Nieves, G. (2002). Tratamiento de efluentes de destilería en un filtro anaerobio de flujo ascendente. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 18(3), 131-137.

Rojas, R. (2002). Curso Internacional “GETIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES” 25 al 27 de setiembre de 2002. *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*, 3-19.

Rosales, E. (2019). *Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones* (Vol. 18, Número 2).

Territorial, M. de A. V. y D. (2009). Resolucion 2320 del 2009. *Ministeria de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial*, 2320, 1-2.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2020). *Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente*. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/recoleccion-y-almacenamiento/filtro-anaerobio-de-flujo-ascendente>



SC-CER96940



*“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE  
*¡Seguimos avanzando!*



Título D. RAS. (2012). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico:

TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia. En *Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio Colombia*.

[http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO\\_D.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/TITULO_D.pdf)  
[https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo\\_d.pdf](https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf)

Torres, L. (2013). *Metodos-de-Diseno-en-Redes-de-Alcantarillado*.

Villanueva Aliaga, L., & Yance Soto, J. Y. (2017). *Para optar el título profesional de Ingeniero Químico Ambiental*. 86.



SC-CER96940



*"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"*

Universidad de Pamplona  
Pamplona - Norte de Santander - Colombia  
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750