



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**PREDISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS PARA EL PROYECTO PARCELACIÓN ENTREBOSQUES LOCALIZADO  
EN EL MUNICIPIO DE SOPETRÁN, ANTIOQUIA**

**AUTOR (ES)  
NATHALIA ANDREA BUILES CARDONA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA AMBIENTAL  
MEDELLÍN  
2020**



**PREDISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS PARA EL PROYECTO PARCELACIÓN ENTREBOSQUES LOCALIZADO  
EN EL MUNICIPIO DE SOPETRÁN, ANTIOQUIA**

**NATHALIA ANDREA BUILES CARDONA**

**DIANA CRISTINA ATEHORTÚA RIVERA  
ASESOR INTERNO**

**LUIS ALBERTO CHÁVEZ HENAO  
ASESOR EXTERNO**

**LC INGYTOP S.A.S  
EMPRESA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA AMBIENTAL  
MEDELLÍN  
2020**



## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	OBJETIVOS .....	7
3.	MARCO TEÓRICO .....	8
3.1	Aspectos generales.....	8
3.2	Nivel de complejidad .....	9
3.3	Contribución de aguas residuales domésticas .....	9
3.4	Contribución de aguas residuales industriales .....	11
3.5	Contribución de aguas residuales comerciales.....	11
3.6	Contribución de aguas residuales Institucionales.....	12
3.7	Caudal medio diario de aguas residuales.....	12
3.8	Conexiones erradas .....	12
3.9	Caudales por infiltración .....	13
3.10	Factor de mayoración .....	13
3.11	Caudal máximo horario .....	14
3.12	Caudal de diseño .....	14
3.13	Profundidad máxima de flujo en las tuberías.....	15
3.14	Velocidad mínima .....	15
3.15	Velocidad máxima .....	16
3.16	Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías .....	17
3.17	Distancia entre otras redes de servicio .....	17
3.18	Distancia entre cámaras de inspección.....	18
4.	METODOLOGÍA .....	18
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	20
5.1	Descripción de la zona de estudio.....	20
5.2	Determinación de los parámetros de diseño .....	21
5.2.1	Población .....	21
5.2.2	Nivel de complejidad .....	21
5.2.1	Dotación neta.....	21
5.2.2	Caudal de diseño.....	22
5.2.3	Trazado de la red de agua residual doméstica.....	22
5.2.1	Dimensionamiento de la red de alcantarillado .....	24
6.	CONCLUSIONES.....	29
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30
8.	ANEXOS .....	32

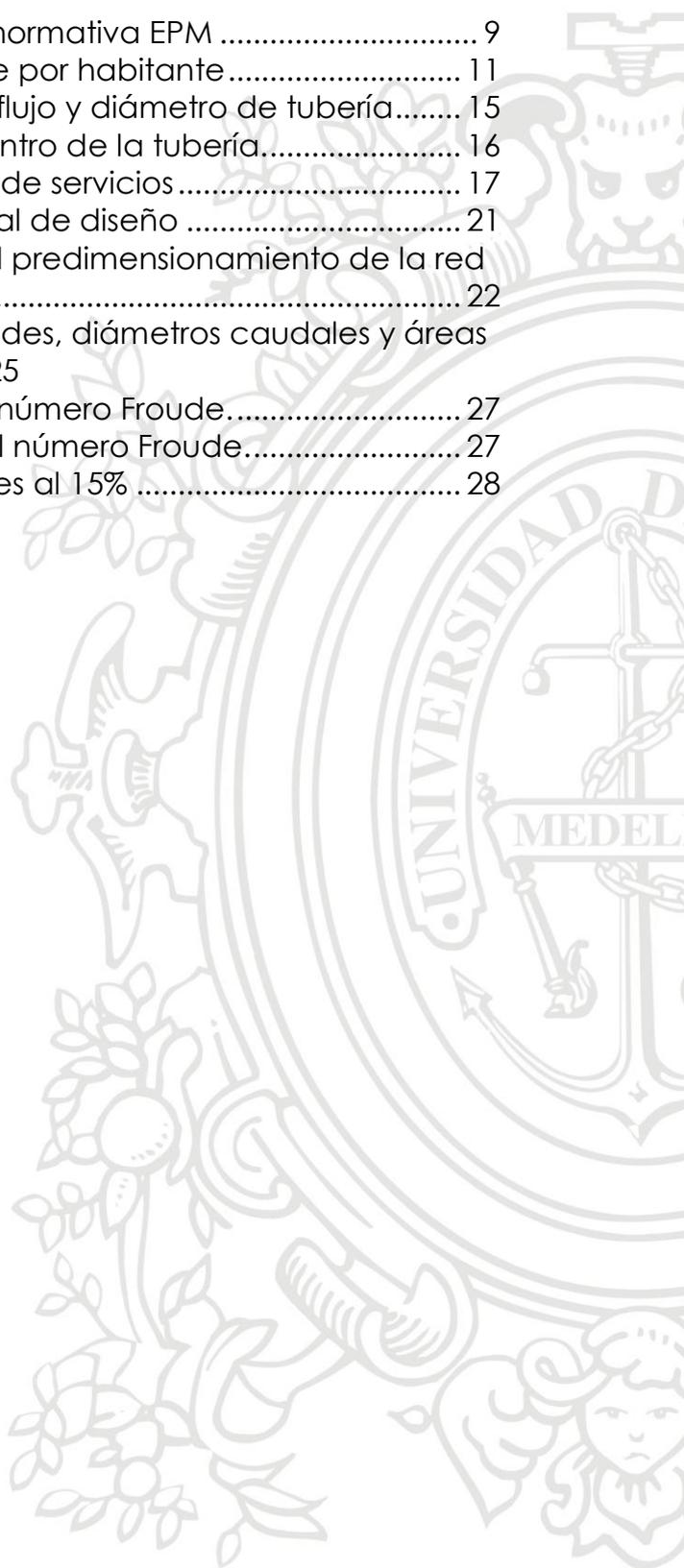
## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1. Localización del proyecto Entrebosques ..... 20  
Figura 2. Trazado de la red de alcantarillado Parcelación Entrebosques 23



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de complejidad según la normativa EPM .....	9
Tabla 2. Dotación neta de agua potable por habitante .....	11
Tabla 3. Relación entre profundidad de flujo y diámetro de tubería.....	15
Tabla 4. Velocidad máxima de fluido dentro de la tubería.....	16
Tabla 5. Separación de diferentes redes de servicios .....	17
Tabla 6. Datos de entrada para el caudal de diseño .....	21
Tabla 7. Parámetros de entrada para el predimensionamiento de la red de alcantarillado .....	22
Tabla 8. Resumen por tramos de longitudes, diámetros caudales y áreas	25
Tabla 9. Tramos que no cumplen con el número Froude.....	27
Tabla 10. Tramos que no cumplen con el número Froude.....	27
Tabla 11. Tramos con pendientes mayores al 15% .....	28



# **PREDISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA EL PROYECTO PARCELACIÓN ENTREBOSQUES, LOCALIZADO EN EL MUNICIPIO DE SOPETRÁN, ANTIOQUIA**

## **RESUMEN**

La parcelación Entrebosques es un proyecto privado localizado en el municipio de Sopetrán, Antioquia. Cuenta con un área total de 20,52 ha, distribuida en 77 parcelas donde se ubicará una vivienda por cada lote, y una población correspondiente a 462 habitantes. Con el establecimiento de la población, allí se produce la generación de aguas residuales domésticas, donde se requiere de su recolección y tratamiento con el fin de disminuir su impacto en el ambiente.

Este informe presenta el prediseño de la red de alcantarillado para la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas. En el proyecto se consideraron factores importantes que condicionan el diseño, tales como la topografía y las obras existentes, tanto en el sector como en sus zonas aledañas. Asimismo, se determinó la mejor alternativa para el trazado de la red y los parámetros hidráulicos que permiten el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado de aguas residuales, la cual consiste en dos colectores de 2576,11 m y 809,41 m de longitud, en tubería PVC con diámetros internos de 8 "y 4" respectivamente.

Con la evaluación hidráulica realizada se concluye entonces que, el predimensionamiento del sistema de alcantarillado planteado para el manejo de las aguas residuales generadas de La Parcelación Entrebosques, cumple con los criterios hidráulicos estipulados por el Resolución 0330 de 2017, los cuales aseguran que se cumplirán todos los requerimientos técnicos e ingenieriles que aseguren el óptimo funcionamiento de la red.

**Palabras clave:** Red de alcantarillado, prediseño, aguas residuales domésticas, topografía.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el año 2010 la Organización de Naciones Unidas (ONU) estableció que el acceso al agua potable y al saneamiento básico es un derecho humano vital que permite disfrutar de un medio ambiente saludable propiciando mejores condiciones de salud y una vida digna para las personas (ONU, 2014). De esta manera, la carencia de agua potable y saneamiento básico genera impactos negativos en los procesos de desarrollo y la salud de los individuos debido a que es la mayor causante de enfermedades de origen hídrico que se tramiten por consumo de agua contaminada y de mala calidad.

Considerando que muchos territorios de Colombia carecen de servicios de agua potable y saneamiento básico, se hace necesario la implementación de políticas que busquen mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, en 2007 el Gobierno colombiano estableció el Plan Departamental de Agua (PDA). Esta estrategia desarrolla planes diseñados para implementar la prestación de servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico mediante componentes de infraestructura, gestión social y ambiental por medio de metodologías sostenibles y eficientes y así mejorar su cobertura y calidad (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2020).

De esta manera, este trabajo presenta el prediseño de la red de alcantarillado para aguas residuales domésticas generadas en la parcelación Entrebosques, localizada en el municipio de Sopetrán, Antioquia, entre las veredas La Puerta y Juntas, aledaño al Ecoparque El Gaitero. Para esto, se tuvo en cuenta diferentes características del territorio y del proyecto en particular, tales como la distribución de las parcelas, la topografía del terreno y el diseño tanto de las vías internas como de obras existentes en el sector. Finalmente, se realizó un análisis de alternativas de los posibles trazados de la red de alcantarillado de aguas residuales, la verificación de la factibilidad constructiva de cada uno de los posibles trazados y la elección de un trazado teniendo en cuenta la Resolución 0330 de 2017 y la norma de Empresas Públicas de Medellín (EPM).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Realizar el prediseño hidráulico de la red de alcantarillado de aguas residuales domésticas para la parcelación Entrebosques, localizada en el municipio de Sopetrán, Antioquia.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analizar diferentes factores como la topografía, las obras futuras y existentes en el sector y en sus zonas aledañas que puedan influir en el prediseño hidráulico de la red de aguas residuales domésticas.
- Determinar los parámetros hidráulicos que permitan el adecuado funcionamiento de la red de alcantarillado de aguas residuales.

- Analizar la mejor alternativa de trazado, para la red de alcantarillado de aguas residuales domesticas con el fin de seleccionar aquella que presente la mayor viabilidad tanto técnica como económica, teniendo en cuenta la normatividad actual vigente.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Aspectos generales**

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado sanitario al sistema que está integrado por tuberías y estructuras complementarias necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población. Las aguas residuales recolectadas por el sistema de alcantarillado serán transportadas a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR); para luego ser vertidas a una fuente receptora cercana a la zona donde se lleva a cabo el proyecto.

Un sistema de alcantarillado de aguas residuales puede ser combinado, separativo o pseudoseparativo, que denotan la mezcla, mezcla externa y separación de las aguas lluvias y residuales respectivamente. El tipo de alcantarillado a escoger depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Las tuberías de las redes de alcantarillado para aguas residuales usualmente son de geometría circular y el diámetro mínimo interno ronda los 175 mm, diámetro que normalmente solo se usa desde la salida de una construcción pequeña hasta la red de colección exterior (EPM, 2013).

Las aguas residuales domesticas son producto de las actividades humanas ya que proceden de desechos humanos (heces y orina), aseo personal, cocina y limpieza del hogar, razón por la cual estas suelen contener gran cantidad de materia orgánica, microorganismos, grasas, aceites, restos de detergentes y jabones (Espigares & Pérez, 1985).

La Resolución 0330 del 08 de Junio del año 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Resolución 0330 de 2017, tiene como objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en la Ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces. Adicionalmente, es importante mencionar que por diseño, obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico se entienden los diferentes

procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

### 3.2 Nivel de complejidad

Para el diseño de una red de un sistema de alcantarillado es importante (Ministerio de Vivienda, 2000) tener en consideración el nivel de complejidad establecido por la Resolución 1096 del 17 de noviembre del 2000, para el cual se debe realizar una proyección de la población de la zona urbana del municipio y un estudio de la capacidad socioeconómica de los habitantes de la región. La

Tabla 1 describe el nivel de complejidad aplicado por EPM.

**Tabla 1. Nivel de complejidad**

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Población en la zona (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios</b>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alto

**Fuente: (RAS, 2000)**

Es importante mencionar que en caso de expandir la red es necesario analizar todo el sistema para definir el nivel de complejidad del proyecto, pues este factor aumenta a medida que la red también lo hace.

### 3.3 Contribución de aguas residuales domésticas

Para el cálculo del caudal de diseño de aguas residuales domésticas se usan diferentes métodos, que dependen del tipo de proyección de la población. La contribución del agua residual al sistema de alcantarillado está dada por la demanda de agua potable y los caudales de infiltración y conexiones erradas del lugar. En cuanto al cálculo de estos tres valores, se debe analizar la red existente y se emplean datos y regresiones históricas, mientras que para nuevas redes se utilizan los resultados obtenidos en proyectos similares o los valores estándar establecidos por la norma EPM.

Para calcular el caudal de agua residual doméstica usando la demanda de agua potable, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_D = C_R * D_{NETAP} * (1 + IANC) * A$$

**Ecuación 1. Demanda de agua potable por proyección de demanda**

Donde:

- $Q_D$ : caudal de aguas residuales domésticas (L/s)
- $C_R$ : coeficiente de retorno (Adimensional)
- $D_{NETAP}$ : demanda de agua potable proyectada (L/s por Ha)
- $IANC$ : índice de agua no contabilizada (Adimensional)
- $A$ : área tributaria bruta (ha)

El coeficiente de retorno es la fracción de agua potable de uso doméstico que es entregada como agua residual al sistema de alcantarillado; se calcula con regresiones históricas. El índice de agua no contabilizada también se calcula por medio de regresiones históricas. De acuerdo a lo establecido por la norma EPM, en caso de que no existan regresiones históricas se utiliza para la fracción de agua un valor de 0,85 y para el índice de agua no contabilizada se puede asignar un valor entre el 7 y el 15%. La demanda de agua potable se calcula por medio de regresiones históricas del proyecto o de proyectos similares, también se pueden usar información encontrada en la literatura.

Para calcular el caudal de diseño utilizando el método de la proyección de clientes se emplea la Ecuación 2.

$$Q_D = \frac{C_R * P_C * D_{NETA}}{30}$$

**Ecuación 2. Caudal de aguas residuales domésticas por proyección de clientes**

Donde:

- $Q_D$ : caudal de aguas residuales domésticas ( $m^3/s$ )
- $C_R$ : coeficiente de retorno (Adimensional)
- $P_C$ : número de clientes proyectados al período de diseño (cliente)
- $D_{Neta}$ : demanda neta ( $m^3/Cliente/mes$ )

El número de clientes se obtiene de información de la proyección de la población aportada por el DANE o la alcaldía donde se llevará a cabo el proyecto. La dotación neta por habitante se obtiene de la Tabla 2, ésta depende solamente de la altura promedio sobre el nivel del municipio donde se llevará a cabo el proyecto.

**Tabla 2. Dotación neta de agua potable por habitante**

<b>Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida</b>	<b>Dotación neta máxima (L/hab/día)</b>
> 2000	120
1000 – 2000	130
< 1000	140

Fuente:(RAS, 2000)

Para el diseño de una red de alcantarillado donde se haya proyectado la población de acuerdo con los métodos recomendados por EPM, se emplea la Ecuación 3.

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

**Ecuación 3. Caudal de aguas residuales domésticas por proyección de la población**

Donde:

- $Q_D$ : caudal de aguas residuales domésticas ( $m^3/s$ )
- $C_R$ : coeficiente de retorno (Adimensional)
- $P_c$ : número de habitantes proyectados al período de diseño (habitantes)
- $D_{Neta}$ : demanda neta ( $m^3/hab/día$ )

Para este método se emplea la población que correspondiente al número de habitantes proyectados al final del período de diseño, el coeficiente de retorno y la demanda neta.

### **3.4 Contribución de aguas residuales industriales**

Corresponde al caudal industrial vertido a la red de alcantarillado de aguas residuales, producto de las actividades industriales y varía de acuerdo al tipo de industria y los procesos industriales desarrollados. Este caudal se determina con base a censos y encuestas sobre el tipo de industria y procesos industriales y haciendo estimaciones de consumos futuros. De acuerdo con la norma EPM se debe usar una contribución de caudal industrial de 1.5 L/s\* ha, en caso de que existan industrias pequeñas localizadas en zonas residenciales o comerciales.

### **3.5 Contribución de aguas residuales comerciales**

Para zonas de estudio donde el caudal sea netamente comercial, el caudal se debe justificar por medio de un estudio detallado de los consumos diarios por persona o con base a los consumos históricos de los clientes comerciales, también usando coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico, en caso de que no exista información histórica el ingeniero debe incluir estudios y coeficientes que sean aceptados por EPM. Para las zonas con caudales comerciales y residenciales se debe utilizar una contribución de caudal comercial de 0,5 L/s\*ha de acuerdo a lo establecido por la norma EPM.

### 3.6 Contribución de aguas residuales Institucionales

Corresponde al caudal generado en entidades oficiales y establecimientos públicos que no desarrollan actividades industriales ni comerciales. El consumo de agua potable de las instituciones oficiales y especiales varía de acuerdo al tipo y tamaño. Los caudales se calculan teniendo en cuenta la información histórica de consumos de agua potable registrados por EPM, pero para pequeñas entidades ubicadas en zonas residenciales el caudal se debe calcular teniendo en cuenta un valor de 0,5 L/s \* ha.

### 3.7 Caudal medio diario de aguas residuales

Para calcular el caudal medio diario de aguas residuales se debe tener en cuenta un área tributaria de drenaje. La Ecuación 4 muestra la fórmula para hallar el caudal medio diario.

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{OF}$$

**Ecuación 4. Caudal medio diario de aguas residuales**

Donde:

- $Q_{MD}$ : caudal medio diario de aguas residuales ( $m^3/s$ )
- $Q_D$ : caudal de aguas residuales domésticas ( $m^3/s$ )
- $Q_I$ : caudal de aguas residuales industriales ( $m^3/s$ )
- $Q_C$ : caudal de aguas residuales comerciales ( $m^3/s$ )
- $Q_{OF}$ : caudal de aguas residuales oficiales ( $m^3/s$ )

Para proyectos que solo tengan aportes de caudal doméstico  $Q_I = Q_C = Q_{OF} = 0$ ; de acuerdo a lo anterior, el caudal medio diario es igual al caudal de aguas residuales domésticas.

### 3.8 Conexiones erradas

Para el diseño del sistema de redes alcantarillado de aguas residuales, es necesario tener en cuenta la contribución de las aguas lluvias que provienen de conexiones erradas como bajantes de patios y tejados. Se debe usar un valor máximo de 0,2 L/s\*ha como aporte de conexiones erradas al sistema de alcantarillado de agua residual si existe un sistema de alcantarillado de aguas lluvias, de lo contrario se debe considerar un aporte máximo de 2 L/s\*ha en caso de que el municipio no cuente con un sistema de recolección de aguas lluvias (EPM, 2013).

### 3.9 Caudales por infiltración

Las infiltraciones a la red de alcantarillado de agua residual se deben principalmente a fisuras y daños en las tuberías, uniones de tuberías en mal estado, uniones de tuberías con las cámaras de inspección y otras estructuras. Para calcular el caudal de infiltración se emplean aforos en el sistema en horarios donde el consumo de agua potable es menor; también se tiene en cuenta la topografía del terreno y las características del suelo de la zona o municipio. En caso de que no sea posible determinar el caudal de infiltración se usará un rango entre 0,1 a 0,3 L/s\*ha considerando la topografía del terreno, precipitaciones y niveles freáticos (EPM, 2013).

### 3.10 Factor de mayoración

Con el caudal máximo horario final se establece el diseño de las tuberías que conforman la red de alcantarillado de aguas residuales, este caudal corresponde al caudal máximo de consumo durante el día y se calcula multiplicando el caudal medio diario de agua residual por un factor de mayoración (F).

Para establecer los factores de mayoración se deben utilizar los datos de campo que corresponden a las variaciones de los consumos de agua potable a lo largo del día durante todos los días de la semana, en caso de que no se tenga dicha información, este factor se puede calcular mediante las relaciones establecidas por Harmon, el cual establece una ecuación cuyo coeficiente disminuye a medida que la población aumenta o por formulas propuestas por Babbitt o Flores.

La Ecuación 5 y la Ecuación 6 calculan el factor de mayoración.

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0,5})}$$

**Ecuación 5. Factor de mayoración según Harmon**

$$F = \frac{3,5}{P^{0,1}}$$

#### Ecuación 6. Factor de mayoración según Flores

EPM recomienda utilizar para las redes de alcantarillado la ecuación de Harmon, la cual es para poblaciones menores a 1'000'000 de habitantes. Para el uso de dicha ecuación se usa la siguiente relación.

$$P: \text{Poblacion servida en miles de habitantes } \left( \frac{\text{Habitantes}}{1000} \right)$$

#### Ecuación 7. Relación población servida en miles de habitantes

### 3.11 Caudal máximo horario

Para calcular el caudal máximo horario se usa lo establecido para el caudal medio diario y el factor de mayoración (Ecuación 8).

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

#### Ecuación 8. Caudal máximo horario en proyectos domésticos

Donde:

- $Q_{MHF}$ : caudal máximo horario
- F: Factor de mayoración
- $Q_{MD}$ : caudal medio diario

### 3.12 Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño, se utiliza la Ecuación 9. Es importante mencionar que, si el caudal de diseño calculado en uno de los tramos es inferior a 1,5 L/s, debe este valor como caudal de diseño (EPM, 2013).

$$Q_{DT} = Q_{MHf} + Q_{INF} + Q_{CEf}$$

#### Ecuación 9. Caudal de diseño para la red de alcantarillado residual.

Donde:

- $Q_{DT}$ : caudal de diseño para tubería ( $m^3/s$ )
- $Q_{MHF}$ : caudal máximo horario ( $m^3/s$ )
- $Q_{INF}$ : caudal por infiltraciones ( $m^3/s$ )
- $Q_{CEf}$ : caudal por conexiones erradas ( $m^3/s$ )

### 3.13 Profundidad máxima de flujo en las tuberías

Se debe establecer una profundidad máxima de flujo en las tuberías que permita la aireación y liberación de gases generados de las aguas residuales. El valor máximo de profundidad permisible corresponde al 85% del diámetro interno de las tuberías. Para las tuberías que tengan conexiones domiciliarias, la profundidad máxima se establece de acuerdo a la Tabla 3.

**Tabla 3. Relación entre profundidad de flujo y diámetro de tubería**

<b>Diámetro interno real (mm)</b>	<b>Relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería (%)</b>
Menor a 500	70
Entre 500 y 1000	80
Mayor a 1000	85

Fuente: EPM (2013)

Para calcular la relación entre la profundidad de flujo y el diámetro de la tubería se utilizan el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno (Ecuación 10).

$$R = \frac{q}{Q_{II}}$$

**Ecuación 10. Relación entre profundidad de flujo y diámetro de**

Donde:

- R: relación entre profundidad de flujo y diámetro de tubería (Adimensional)
- q: caudal de diseño de la tubería (L/s)
- $Q_{II}$ : caudal a tubo lleno (L/s)

### 3.14 Velocidad mínima

Debido a su alta concentración de materia orgánica, las aguas residuales transportan gran cantidad de sólidos y partículas que tienden a sedimentarse y adherirse a las paredes de la tubería. Por lo tanto, se debe establecer una velocidad mínima como criterio de diseño que garantice que los sólidos suspendidos y disueltos presentes en el agua residual sean transportados a través de la tubería. Según la norma EPM la velocidad mínima permitida para las tuberías que conforman el sistema de alcantarillado de aguas residuales es de 0,45 m/s durante la vida útil del proyecto.

Durante la operación del alcantarillado el diseño de las tuberías debe garantizar el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual se utiliza un esfuerzo cortante de 1,5 N/m<sup>2</sup> para el caudal máximo horario. El caudal empleado se calcula con la **Ecuación 11**.

$$Q_{MH} = \frac{F * Q_D}{k_1}$$

**Ecuación 11. Caudal máximo horario para verificación de fuerza cortante**

Donde:

- $Q_{MH}$ : caudal máximo horario (m<sup>3</sup>/s)
- F: factor de mayoración Harmon (Adimensional)
- $Q_D$ : caudal de aguas residuales domesticas (m<sup>3</sup>/s)
- $k_1$ : coeficiente de caudal máximo diario (Adimensional)

Para calcular el esfuerzo cortante se emplea la Ecuación 12.

$$\tau = \gamma * R * S$$

**Ecuación 12. Esfuerzo cortante en las paredes de la tubería. Fuente EPM (2013).**

Donde:

- T: Esfuerzo cortante en la pared (N/m<sup>2</sup>)
- $\gamma$ : peso específico del agua residual (N/m<sup>3</sup>)
- R: radio hidráulico (m)
- S: pendiente (m/m)

### 3.15 Velocidad máxima

En el diseño de las redes de alcantarillado, la velocidad máxima que puede soportar el sistema depende del material de las tuberías. Los valores para la velocidad máxima dependiendo del material se presentan en la Tabla 4. Es importante considerar que para velocidades superiores a 4,0 m/s se debe realizar un análisis hidráulico y de desgaste por erosión.

**Tabla 4. Velocidad máxima de fluido dentro de la tubería**

Material	Velocidad máxima (m/s)
Concreto, GRP y acero	5
Polietileno y PVC	10

Fuente: EPM (2013)

### 3.16 Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías

Las tuberías que conforman la red de alcantarillado deben ubicarse a una profundidad apropiada, que permita el drenaje de las aguas residuales que proceden de las viviendas: Por lo anterior, se establece para las conexiones domiciliarias una pendiente mínima del 2%. El diseño debe garantizar que la tubería tenga el cubrimiento mínimo para evitar daños o roturas. Por ello se establece una profundidad mínima a la cota clave (parte superior externa) de 1,2 m. Si se requiere construir la tubería por encima de este nivel es necesario demostrar que no se provocarán daños en las conexiones domiciliarias ni se verán afectadas las cargas vivas que pasen sobre estas. Según la Resolución 0330 de 2017, emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, esta profundidad puede ser hasta de hasta 0.75 m. Es importante resaltar que no se recomienda una profundidad de la clave superior a 4 m.

### 3.17 Distancia entre otras redes de servicio

En caso de que la red de alcantarillado se construya a un costado de la calzada, la red de recolección de aguas lluvias debe estar lo más cerca posible al eje de la vía. Es recomendable que las redes de aguas residuales no se ubiquen en zonas verdes. En caso de no poder evitar el diseño del trazado por estas zonas, se debe respetar una franja mínima de 1,5 m al eje de la tubería, zona en la cual no se podrá hacer ningún tipo de arborización.

Todas las redes deben respetar una distancia a la red de agua potable con el fin de llevar a cabo la operación, el mantenimiento y la renovación de las redes sin afectar las estructuras y evitar contaminación en dicha red en caso de que se presente un daño o rompimiento. La distancia vertical mínima entre la red de alcantarillado de aguas lluvias y aguas residuales con respecto a la red de acueducto debe ser mínimo de 0,5 m, mientras que la distancia vertical en los cruces de redes se mide desde la clave (parte exterior externa) de tubería de la red que se encuentra a mayor profundidad hasta la cota batea (parte interior externa) de la red que se encuentra encima (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Separación de diferentes redes de servicios**

<b>Tipo de red</b>	<b>Distancia horizontal (m)</b>	<b>Distancia Vertical (m)</b>
Aguas residuales y agua potable	1,5	0,5
Aguas lluvia y agua potable	1,0	0,5
Aguas lluvias, residuales y combinación de otras redes.	1,5	0,5

Fuente: EPM (2013)

En caso de que no sea posible cumplir con las anteriores distancias, se debe mantener una distancia horizontal de 1 m y una distancia vertical de 0,3 m entre las redes de servicio (EPM, 2013).

### **3.18 Distancia entre cámaras de inspección**

Las cajas de inspección son estructuras empleadas para conectar dos o más tuberías, la conexión de la red dominante no puede tener un ángulo de deflexión mayor a  $90^\circ$  con respecto a la salida. Las cámaras de inspección también permiten realizar labores de mantenimiento e inspección, además de considerar aspectos geométricos e hidráulicos para el adecuado funcionamiento de la red de alcantarillado. Las cajas de inspección deben de instalarse en situaciones como arranques de tuberías, cambios de dirección de tuberías, cambios de pendientes en tuberías, cambios de diámetros de tuberías, unión entre dos o más tuberías y cuando hay tramos rectos que superan la distancia máxima entre las cajas.

La distancia máxima entre cajas de inspección para redes de alcantarillado es de 80 m en caso de que existan sumideros, de lo contrario la distancia máxima es de 120 m. En caso de que la separación supere los 100 m es necesario comprobar hidráulicamente que no se presentan problemas y fallas en sistema (EPM, 2013).

## **4. METODOLOGÍA**

A continuación, se describe por fases cada una de las actividades requeridas en el prediseño de la red de alcantarillado de aguas residuales domésticas para la parcelación Entrebosques.

### **a. Análisis de la información topográfica de la zona y las obras existentes para el predimensionamiento hidráulico de la red de alcantarillado**

Se realizó la recolección de los datos necesarios para el prediseño de la red de alcantarillado. Como primer paso, fue necesario incluir un levantamiento topográfico altiplanimétrico del sector de diseño de la red de alcantarillado, planos del loteo de la zona si se requieren. Así mismo, se hizo un análisis del diseño de las vías internas del proyecto, necesario para realizar el trazado de red de agua residual. La información topográfica fue tomada en campo por los propietarios del proyecto, usando una estación total. También se tuvo en cuenta la rugosidad de los materiales de tuberías disponibles y el tipo de suelo de la zona.

## **b. Identificación de la contribución de aguas residuales**

En el caso de este proyecto, el aporte de caudal es únicamente doméstico por ser una zona residencial, por lo cual no tiene aportes de caudal industrial, comercial e institucional. La contribución de aguas residuales de origen doméstico se define en la sección 3.3.

## **c. Determinación de los parámetros hidráulicos que permiten el funcionamiento de la red de alcantarillado**

Se realizaron las consideraciones de diseño; se incluye la identificación de la población contribuyente de caudal de agua residual al sistema de alcantarillado, proyectados al período de diseño; la geometría y tipo de la red de alcantarillado, teniendo en cuenta la disposición de los tramos y de las cámaras que conforman la red y por último se deben establecer los requerimientos mínimos que estipulan los parámetros de las Normas de Diseño de Redes de Alcantarillado, tener en cuenta los diámetros nominales mínimos, la velocidad mínima, la velocidad máxima para tuberías plásticas y para otro tipo de materiales, la capacidad hidráulica y el esfuerzo cortante entre otros.

Para que las redes de alcantarillado residual cumplan con el criterio de autolimpieza se debe tener un esfuerzo cortante mínimo de  $1.5 \text{ N/m}^2$  para el caudal de diseño. Además, para evitar que se presente flujo crítico y cuasocrítico en los tramos se recomienda tener números de Froude por fuera del intervalo de 0.7 a 1.5 para la condición de flujo uniforme (EPM, 2013)

En los tramos en que la pendiente sea superior al 10%, la distribución hidrostática de presiones deja de ser válida. Por lo tanto, en el análisis de flujo gradualmente variado y de flujo no permanente debe incluirse el factor  $\text{Cos}^2\theta$ , donde  $\theta$  es el ángulo de inclinación del tramo. El valor máximo permisible de la profundidad hidráulica es función del diámetro de la tubería diseñada, variando entre el 70% y el 85% del diámetro real interno de cada uno de los tramos (EPM, 2013).

La profundidad mínima a la cota clave de las tuberías es de 1.20 m. En caso de no ser posible cumplir con esta distancia deberá presentarse un diseño particular de protección a la red. Desde el punto de vista de costos, el diseño óptimo para obtener la red más económica de alcantarillado es aquel que mezcla varios materiales que cumplan con las restricciones hidráulicas. Otra consideración especial que se debe tener durante la

preparación de un diseño de un sistema de alcantarillado es la integralidad del drenaje urbano. Dicho aspecto involucra la escogencia de la ubicación del punto de tratamiento de las aguas residuales y de las características en que deben ser entregadas las aguas residuales a su efluente final (EPM, 2009).

Se debe tener presente en el diseño de la red que, en el caso de las tuberías circulares de recolección y transporte de aguas residuales, el diámetro mínimo debe estar entre 170 y 180 mm equivalente a 8" (EPM, 2013).

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 5.1 Descripción de la zona de estudio

El proyecto Parcelación Entrebosques se encuentra localizado en el municipio de Sopetrán, occidente antioqueño, cuya altura media es de 750 msnm, cuenta con una población aproximada de 7266 habitantes y tiene una extensión de 223 Km<sup>2</sup> (Comfenalco Antioquia, 2020). La zona de estudio está entre las veredas La Puerta y Juntas, aledaño al EcoParque El Gaitero, en límites con el municipio de San Jerónimo, y a 77,9 km desde Medellín. Esta parcelación cuenta con 77 lotes de aproximadamente 2700 m<sup>2</sup> cada uno, sumando un área total de 20,52 ha (Ver Figura 1).

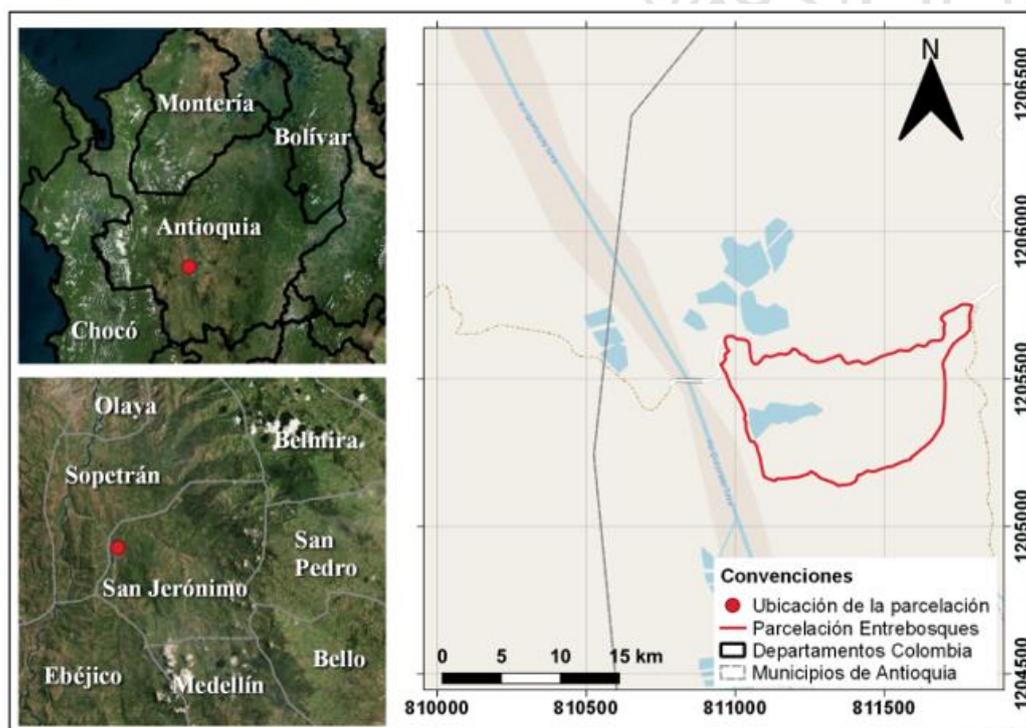


Figura 1. Localización del proyecto Entrebosques

## 5.2 Determinación de los parámetros de diseño

### 5.2.1 Población

En el proyecto Parcelación Entrebosques se tiene una proyección de la población estimada de 462 personas (Número de predios por número de habitantes), la cual se calculó estimando una población fija de 4 habitantes por vivienda y 2 habitantes equivalentes a la población flotante, dando como resultado una densidad poblacional estimada de 6 habitantes por vivienda. No se usó un método de proyección de la población al tratarse de un proyecto privado, por lo que se estima que la población no tendrá mucha variación, pues el área de la parcelación no va a variar en el tiempo, por lo que se conservará el mismo número de viviendas.

### 5.2.2 Nivel de complejidad

El municipio de Sopetrán cuenta con una población aproximada de 15.512 habitantes (DANE, 2020), por lo cual, de acuerdo con la tabla 1 presentada en el título 3.2, se establece en un nivel de complejidad medio alto y una capacidad socioeconómica de los usuarios media. Teniendo en las condiciones socioeconómicas del municipio y de la región y su vocación que corresponde al sector turístico, el cual atrae un gran número de población flotante, se asume un nivel de complejidad alto con el fin de tener un margen de seguridad.

### 5.2.1 Dotación neta

En la dotación se utilizó el valor establecido por la Resolución 0330 del 08 junio del 2017. Para una altura sobre el nivel de mar de 750 msnm la dotación da como resultado 140 L/hab-día (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). En la Tabla 4 se muestra el valor de la dotación para una densidad de 6 Hab/Viv.

Tabla 6. Datos de entrada para el caudal de diseño

Variable	Unidades	Valor
Dotación	m <sup>3</sup> /Viv*mes	19,20
Densidad habitacional	Hab/Viv	6
Coefficiente de retorno	Adimensional	0,85
Infiltración + Caudal Erradas	L/s*Ha	0,30

## 5.2.2 Caudal de diseño

En la tabla 10 se muestra el caudal de diseño de cada tramo de tubería, como se dijo anteriormente cuando el caudal de diseño calculado es inferior a 1,5 L/s, se adopta dicho valor como el caudal de diseño. En la tabla 6 se muestran los datos de entrada para calcular el caudal de diseño.

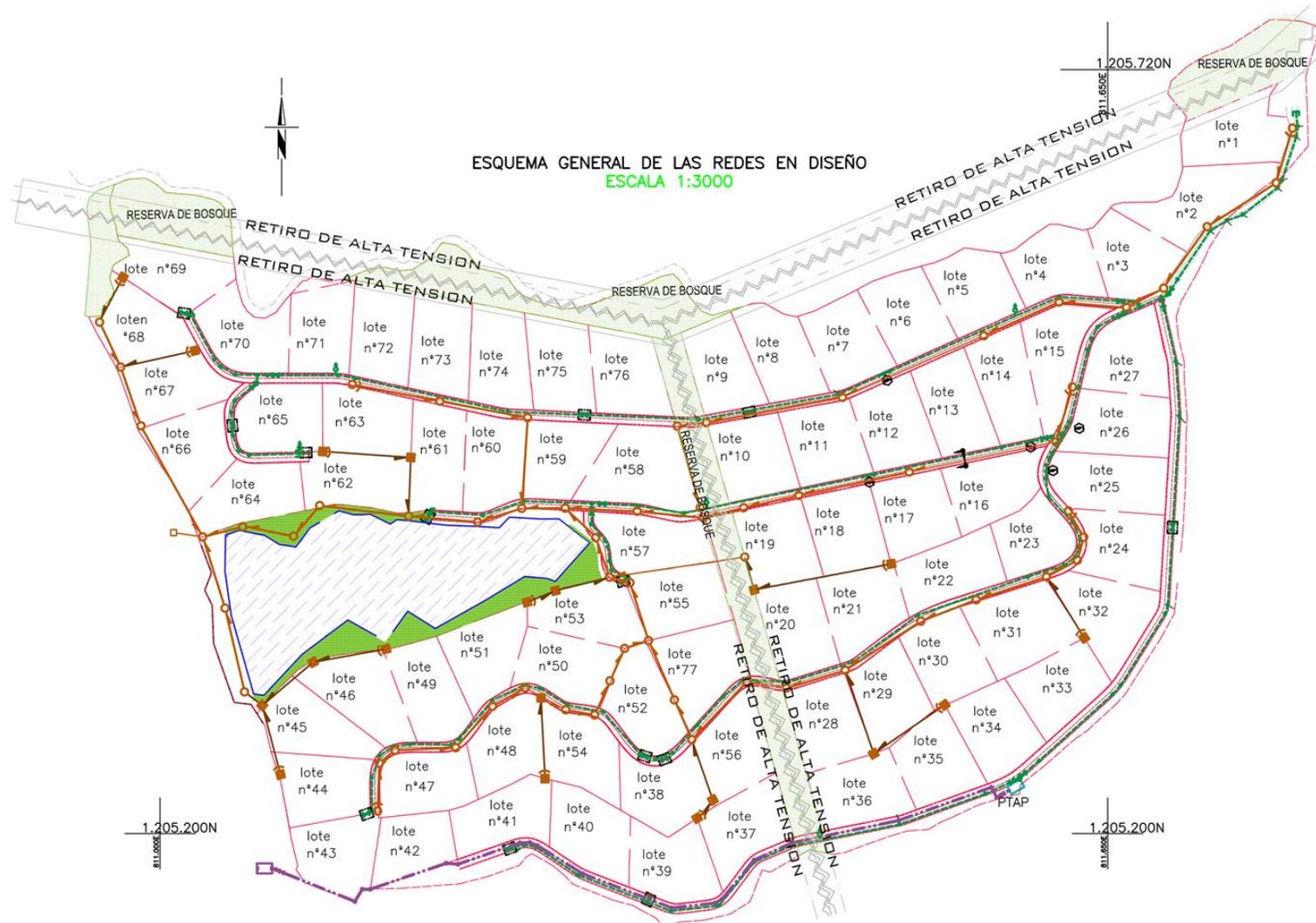
**Tabla 7. Parámetros de entrada para el predimensionamiento de la red de alcantarillado**

Parámetros	Valor	Unidad
Población Actual (2019)	462	Habitantes
Dotación Neta Diseño*	140	L/hab-día
Coefficiente de Retorno	0,85	Adimensional
Factor de Mayoración promedio	4	Adimensional
Coefficiente de rugosidad (n) Manning	0,009	Adimensional
Velocidad Máxima para tubería de PVC	2,67	m/s
Fuerza Tractiva	1,5	Pa (N/m <sup>2</sup> )

## 5.2.3 Trazado de la red de agua<sub>[DA1]</sub> residual doméstica

El trazado final de la red de alcantarillado se presenta en el Anexo 1, en este documento se presentan los planos de la red de alcantarillado de aguas residuales en vista de planta y perfil; las convenciones usadas para facilitar la lectura del trazado de la red y los detalles de las cimentaciones. Los perfiles se presentan de acuerdo a lo establecido por la norma EPM, con una relación de escala de H: V= 1:10.

Para el perfil del trazado final se realizaron las respectivas verificaciones exigidas por la norma. Se verificó que la altura de la clave (Parte superior de la tubería) estuviera entre 1,2 m y 4,0 m. La distancia entre cámaras no superó los 120 m. Con la profundidad de la tubería y el tipo de pavimento final se definió el tipo de cimentación a implementar en la tubería; en algunos tramos la pendiente es superior a 15%, por lo tanto, se deben incluir anclajes en la tubería para proporcionar estabilidad en el terreno. Se estimó un diámetro inicial de la tubería de 182 mm y el cuál puesto que el diámetro interno de la tubería debe ser mínimo 170 mm. En la Figura 2 se muestra la vista en planta del trazado de la red de alcantarillado de agua residual doméstica de la parcelación Entrebosques.



**Figura 2. Trazado de la red de alcantarillado Parcelación Entrebosques.**

## **5.2.1 Dimensionamiento de la red de alcantarillado**

En esta etapa del proyecto se diseñaron colectores y redes secundarias para la optimización del sistema de alcantarillado. Para ello se diseña una red de alcantarillado de aguas residuales separada debido a que el predimensionamiento hidráulico del sistema colector de aguas residuales se realizará desde cero. La red de alcantarillado transportará las aguas residuales hasta la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), las cuales después de su tratamiento serán vertidas a la fuente receptora más cercana, conocida como Quebrada Seca. El trazado de la red de aguas residuales se debe construir por las vías de la parcelación. Además, cada predio tiene una franja alrededor de sus linderos de 5 m, donde se puede construir la red. El material escogido para el predimensionamiento hidráulico de la red de aguas residuales es el cloruro de polivinilo (PVC). Adicionalmente, es importante mencionar que se recolectarán las aguas provenientes de todos los lotes por acción de la gravedad, por lo tanto, ningún predio tendrá sistema de bombeo interno a no ser que el dueño del predio los construya.

### **5.2.1.1 Cámaras y cajas de inspección**

Para el prediseño de la red de alcantarillado se emplearon 60 cámaras de inspección de diámetro 1,20 m y profundidad variable, utilizadas en los cambios de dirección y uniones de varias tuberías, también se usaron cajas de conexión domiciliaria para realizar la unión a la red de alcantarillado, las cuales tienen las siguientes dimensiones: 0,80 m de ancho x 0,80 m de largo, con una profundidad variable.

### **5.2.1.2 Colector y redes secundarias**

En la parcelación Entrebosques se tendrá un colector principal y una red secundaria de aguas residuales. El colector principal inicia en la cámara C1 hasta la C60 con una longitud de tubería PVC de 882,75 m y un diámetro de 8". Se proyectan redes de agua residual secundarias en tubería PVC de 8" para un total de 40 tramos que suman 1693,36 más 19 tramos de tubería PVC de 4" para un total de 809,41 m correspondiente a la red de conexión domiciliaria (Ver Plano 1 del Anexo 1).

En la tabla 8 se observa un resumen por tramos de las longitudes, diámetros, caudal de diseño, áreas, caudal por infiltración y conexiones erradas proyectados para la construcción de los colectores y redes de aguas residuales.

**Tabla 8. Resumen por tramos de longitudes, diámetros caudales y áreas**

Tramo	Cámara Inicial	Cámara Final	Diámetro [Pulgadas]	Longitud tubería [m]	Área tributaria aguas residuales propia [Ha]	Área total [Ha]	Caudal infiltración + C. Erradas [l/s]	Caudal de diseño [l/s]
1	C1	C2	8	38,82	0,09	0,09	0,03	1,50
2	C2	C3	8	55,92	0,07	0,16	0,05	1,50
3	C3	C4	8	51,47		0,16	0,05	1,50
4	C4	C5	8	28,73	0,09	0,25	0,07	1,50
5	C5	C6	8	46,30	0,09	0,33	0,10	1,50
6	C6	C7	8	56,46	0,09	0,42	0,13	1,50
7	C7	C8	8	105,69	0,18	0,60	0,18	1,50
8	C8	C9	8	94,88	0,17	0,76	0,23	1,50
9	C9	C13	8	20,27		0,76	0,23	1,50
10	C13	C14	8	57,66	0,09	0,85	0,26	1,50
11	C14	C20	8	7,30		0,85	0,26	1,50
12	C10	C11	8	61,49	0,18	0,18	0,05	1,50
13	C11	C12	8	61,23	0,17	0,35	0,10	1,50
14	C12	C49	8	61,77	0,09	0,44	0,13	1,50
15	C15	C16	8	41,77	0,39	0,39	0,12	1,50
16	C16	C17	8	102,73	0,18	0,56	0,17	1,50
17	C17	C18	8	77,56	0,26	0,82	0,25	1,50
18	C18	C19	8	38,69	0,18	1,00	0,30	1,50
19	C19	C20	8	28,58		1,00	0,30	1,50
20	C20	C21	8	45,50		1,85	0,56	1,50
21	C21	C48	8	49,50	0,12	1,97	0,59	1,50
22	C22	C23	8	20,73	0,09	0,09	0,03	1,50
23	C23	C24	8	16,17	0,09	0,18	0,05	1,50
24	C24	C25	8	24,09	0,17	0,36	0,11	1,50
25	C25	C26	8	50,68	0,09	0,53	0,16	1,50
26	C26	C27	8	40,70		0,53	0,16	1,50
27	C27	C28	8	61,70	0,18	0,71	0,21	1,50
28	C28	C29	8	42,20	0,09	1,06	0,32	1,50
29	C29	C30	8	27,55		1,06	0,32	1,50
30	C30	C31	8	54,43		1,06	0,32	1,50
31	C31	C32	8	29,62	0,24	1,69	0,51	1,50
32	C32	C43	8	44,10		1,69	0,51	1,50
33	C33	C34	8	32,64	0,17	0,17	0,05	1,50
34	C34	C35	8	13,89	0,08	0,25	0,07	1,50
35	C35	C36	8	41,74		0,25	0,07	1,50

Tramo	Cámara Inicial	Cámara Final	Diámetro [Pulgadas]	Longitud tubería [m]	Área tributaria aguas residuales propia [Ha]	Área total [Ha]	Caudal infiltración + C. Erradas [l/s]	Caudal de diseño [l/s]
36	C36	C37	8	37,75		0,25	0,07	1,50
37	C37	C38	8	25,72	0,11	0,35	0,11	1,50
38	C38	C39	8	31,53		0,54	0,16	1,50
39	C39	C40	8	20,21	0,08	0,62	0,19	1,50
40	C40	C41	8	25,50	0,09	0,70	0,21	1,50
41	C41	C42	8	24,25		0,70	0,21	1,50
42	C42	C43	8	17,26		0,70	0,21	1,50
43	C43	C44	8	41,38	0,09	2,48	0,74	1,50
44	C44	C46	8	14,49	0,09	2,56	0,77	1,50
45	C45	C46	8	93,74	0,09	0,37	0,11	1,50
46	C46	C47	8	28,51	0,11	3,14	0,94	1,80
47	C47	C48	8	29,08		3,14	0,94	1,80
48	C48	C49	8	29,71	0,09	5,20	1,56	2,99
49	C49	C50	8	31,69	0,09	5,72	1,72	3,30
50	C50	C51	8	47,59		5,72	1,72	3,30
51	C51	C52	8	61,40		5,98	1,79	3,46
52	C52	C53	8	27,43	0,08	6,06	1,82	3,51
53	C53	C54	8	35,51	0,09	6,15	1,84	3,56
54	C54	C60	8	28,29		6,15	1,84	3,56
55	C55	C56	8	58,47		0,35	0,10	1,50
56	C56	C60	8	50,86		0,35	0,10	1,50
57	C57	C58	8	33,85	0,09	0,17	0,05	1,50
58	C58	C59	8	42,43	0,09	0,34	0,10	1,50
59	C59	C60	8	86,61	0,08	0,42	0,13	1,50
60	CJ1	C25	4	48,90	0,09	0,09	0,03	1,50
61	CJ2	CJ3	4	58,92	0,18	0,18	0,05	1,50
62	CJ3	C28	4	59,98	0,09	0,26	0,08	1,50
63	CJ4	CJ5	4	16,35	0,20	0,20	0,06	1,50
64	CJ5	C31	4	43,40	0,20	0,39	0,12	1,50
65	CJ6	CJ6A	4	55,00	0,18	0,18	0,06	1,50
66	CJ6A	T(c38-c39)	4	1,30		0,18	0,06	1,50
67	CJ7	CJ8	4	21,02	0,10	0,10	0,03	1,50
68	CJ8	C46	4	38,21		0,10	0,03	1,50
69	CJ9	CJ10	4	95,81	0,28	0,28	0,08	1,50
70	CJ10	C45	4	23,18		0,28	0,08	1,50
71	CJ11	CJ14	4	48,67	0,17	0,17	0,05	1,50

Tramo	Cámara Inicial	Cámara Final	Diámetro [Pulgadas]	Longitud tubería [m]	Área tributaria aguas residuales propia [Ha]	Área total [Ha]	Caudal infiltración + C. Erradas [l/s]	Caudal de diseño [l/s]
72	CJ12	CJ13	4	50,79	0,17	0,17	0,05	1,50
73	CJ13	CJ14	4	45,68		0,17	0,05	1,50
74	CJ14	C55	4	15,23		0,35	0,10	1,50
75	CJ15	CJ16	4	60,48	0,18	0,18	0,05	1,50
76	CJ16	C51	4	39,96	0,09	0,26	0,08	1,50
77	CJ17	C57	4	34,39	0,09	0,09	0,03	1,50
78	CJ18	C58	4	52,14	0,08	0,08	0,02	1,50
79	C60	PTAR	8	20,29		6,91	2,07	4,01

La Tabla 9 describe un resumen de cantidades de obra requeridas para la construcción de la red de alcantarillado, las cuales se sacaron haciendo un conteo del número de cámaras de inspección empleadas en los cambios de dirección y uniones de varias tuberías. Así mismo, se contabilizaron las cajas de conexión domiciliarias empleadas para hacer la conexión a la red de alcantarillado, por último, se hizo una sumatoria de las longitudes de las tuberías de acuerdo al diámetro, para determinar la cantidad de cada tipo de tubería en el utilizadas en el predimensionamiento de la red de alcantarillado.

**Tabla 9. Tramos que no cumplen con el número Froude.**

Descripción	Cantidad
Tubería PVC Novafort 8" (200mm)	2.576,11 m
Tubería PVC Novafort 4" (114,3mm)	809,41 m
Cámara de inspección (Diámetro 1,20 m)	60 unidades
Caja de conexión domiciliaria (0,80 m x 0,80 m)	18 unidades

En la tabla 10 se observan los tramos que no cumplen con el número de Froude; esto generalmente no significa que se puedan presentar fallas en el sistema de alcantarillado, ya que la velocidad cumple con el criterio de autolimpieza de la tubería establecido por la norma EPM, la cual debe ser mayor a 0,45 m/s y menor o igual a 4 m/s.

**Tabla 10. Tramos que no cumplen con el número Froude.**

Cámara Inicial	Cámara Final	Número de Froude	Velocidad real A.R (m/s)	Tipo de flujo
C1	C2	1,27	0,60	F. Supercrítico Inestable
C24	C25	1,09	0,53	F. Supercrítico Inestable

<b>Cámara Inicial</b>	<b>Cámara Final</b>	<b>Número de Froude</b>	<b>Velocidad real A.R (m/s)</b>	<b>Tipo de flujo</b>
C25	C26	1,16	0,55	F. Supercrítico Inestable
C44	C46	1,08	0,52	F. Supercrítico Inestable
C46	C47	1,03	0,51	F. Supercrítico Inestable
C47	C48	0,99	0,51	F. Subcrítico Inestable
C48	C49	0,86	0,51	F. Subcrítico Inestable
C49	C50	0,84	0,52	F. Subcrítico Inestable
C50	C51	0,81	0,51	F. Subcrítico Inestable
C51	C52	0,82	0,52	F. Subcrítico Inestable
C52	C53	0,85	0,54	F. Subcrítico Inestable
C53	C54	0,97	0,59	F. Subcrítico Inestable
C55	C56	1,34	0,61	F. Supercrítico Inestable
C57	C58	1,22	0,57	F. Supercrítico Inestable
C59	C60	1,32	0,61	F. Supercrítico Inestable
CJ8	C46	1,09	0,53	F. Supercrítico Inestable

Adicionalmente, en la tabla 11 se presentan los tramos en los cuales la pendiente de la tubería es superior a 15%. Este aspecto conlleva a la implementación de anclajes en cada uno de estos tramos de tubería con el fin de proporcionarles estabilidad, debido a que se puede presentar el fenómeno de fuerza de arrastre ocasionado por el flujo de aguas domésticas. De acuerdo con la norma EPM, es de vital importancia el dato de la pendiente máxima permisible en la tubería, ya que se debe asegurar que la velocidad del fluido cumpla con el criterio de autolimpieza de la tubería.

**Tabla 11. Tramos con pendientes mayores al 15%**

<b>Cámara Inicial</b>	<b>Cámara Final</b>	<b>Pendiente Tubería</b>	<b>Velocidad real A.R (m/s)</b>
C3	C4	19,62	1,72
C7	C8	19,91	1,73
C13	C14	34,06	2,09
C12	C49	60	2,55
C15	C16	18,87	1,69
C16	C17	18,71	1,69
C17	C18	19,96	1,73
C18	C19	16,08	1,60
C21	C48	17,15	1,64
C30	C31	15,52	1,58
C40	C41	47,18	2,34
C41	C42	24,33	1,85

<b>Cámara Inicial</b>	<b>Cámara Final</b>	<b>Pendiente Tubería</b>	<b>Velocidad real A.R (m/s)</b>
C42	C43	26,94	1,92
CJ1	C25	21	1,76
CJ2	CJ3	34	2,09
CJ3	C28	29,59	1,99
CJ6	CJ6A	46,25	2,33
CJ6A	T(c38-c39)	38,46	2,18
CJ7	CJ8	68,51	2,67
CJ9	CJ10	17,83	1,66
CJ10	C45	37,62	2,16
CJ15	CJ16	18	1,65
CJ16	C51	54,35	2,46
CJ17	C57	15,64	1,58
CJ18	C58	58	2,53

## 6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos para la determinación de la velocidad en la tubería, debido a que esta se encuentra en los rangos permisibles establecidos por EPM, se espera que no se generen problemas de sedimentación dentro de las redes de alcantarillado. Por lo tanto, se puede concluir que se cumple con el criterio de autolimpieza de las tuberías, las cuales transportan los sólidos suspendidos y disueltos presentes en el agua residual doméstica producto de la alta concentración de materia orgánica.

Se puede analizar en los resultados obtenidos que, la velocidad más alta del sistema es de 2,67 m/s, por lo tanto, no hay riesgo de desgaste por erosión en las tuberías y por ende en las cámaras de inspección y conexión que se encuentran en los extremos de la tubería.

Observando la Tabla que se encuentra en el anexo 2, se puede ver que la relación de alturas del flujo ( $Q/Q_u$ ) es menor a 0,70. Por tanto, la red de aguas residuales no presenta problemas de capacidad hidráulica.

Se puede concluir que, el predimensionamiento del sistema de aguas residuales de La Parcelación Entrebosques cumple con los criterios hidráulicos estipulados por la norma EPM y la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017, los cuales garantizan que el alcantarillado cumplirá con todos los requerimientos técnicos e ingenieriles que aseguren el óptimo funcionamiento de la red.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comfenalco Antioquia. (2020). *Sopetrán*. Obtenido de <https://infolocal.comfenalcoantioquia.com/index.php/sopetran>
- EPM. (2009). *Guía para el diseño Hidráulico*. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/Guia\\_DiseñoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/Guia_DiseñoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf)
- EPM. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.* Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro\\_de\\_documentos/normatividad\\_y\\_legislacion/agua/Norma\\_Diseño\\_Alcantarillado\\_2013.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Diseño_Alcantarillado_2013.pdf)
- Ministerio de Vivienda. (2000). *Resolución 1096 de 2000*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/1096%20-%202000.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 de 2017*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- ONU. (7 de Febrero de 2014). *Decenio Internacional para la Acción "El Agua Fuente de Vida" 2005-2015*. Obtenido de ONU: [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- Universidad Nacional autónoma de México. (2019). *Abastecimiento de agua potable y alcantarillado*. Obtenido de [http://www.ingenieria.unam.mx/~enriquecv/AAPYA/presentaciones\\_clase/Unidad\\_2\\_AAPyA\\_Alc\\_T1.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~enriquecv/AAPYA/presentaciones_clase/Unidad_2_AAPyA_Alc_T1.pdf)
- Viceministerio de Agua. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>
- Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2020). *Planes Departamentales de Agua*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/programas/planes-departamentales-de-agua>

Espigares, M., & Pérez, J. (1985). *Aguas Residuales Composición*.

Departamento Nacional de Planeación (DANE). (2020). *DANE*. Obtenido de:  
<https://www.dane.gov.co/>



## 8. ANEXOS

### Anexo 1

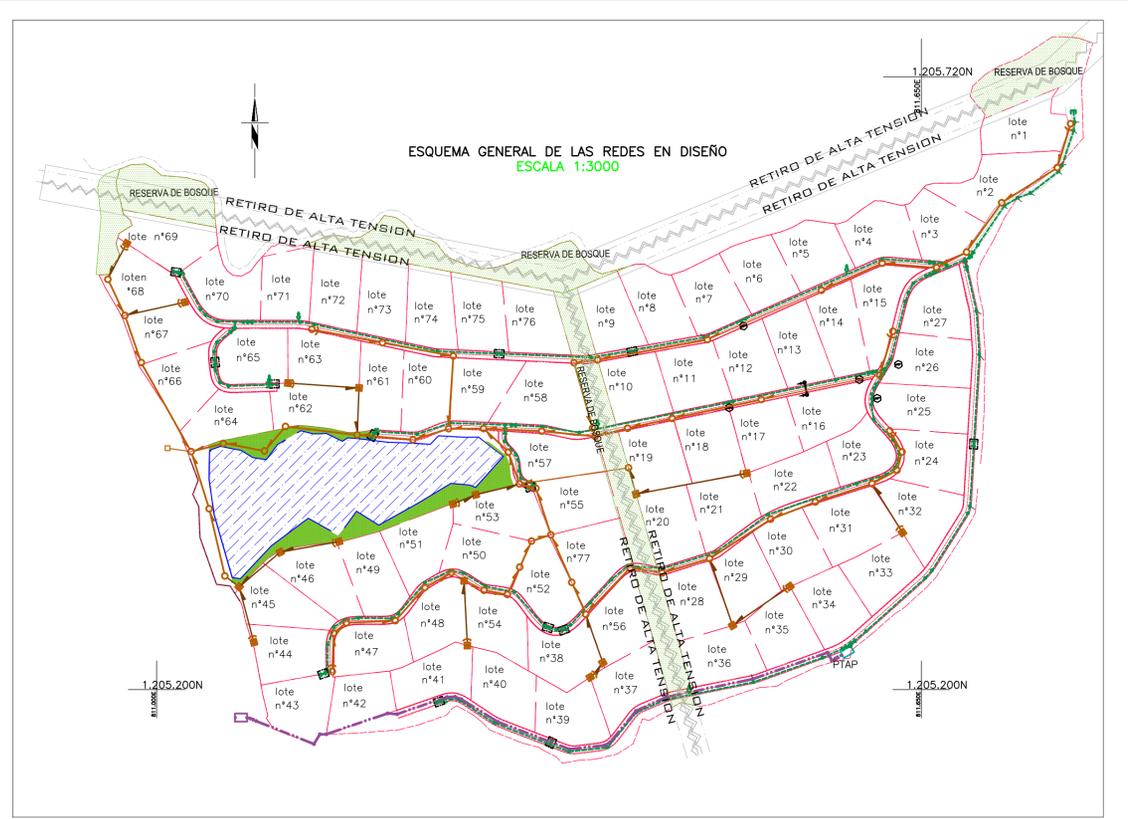
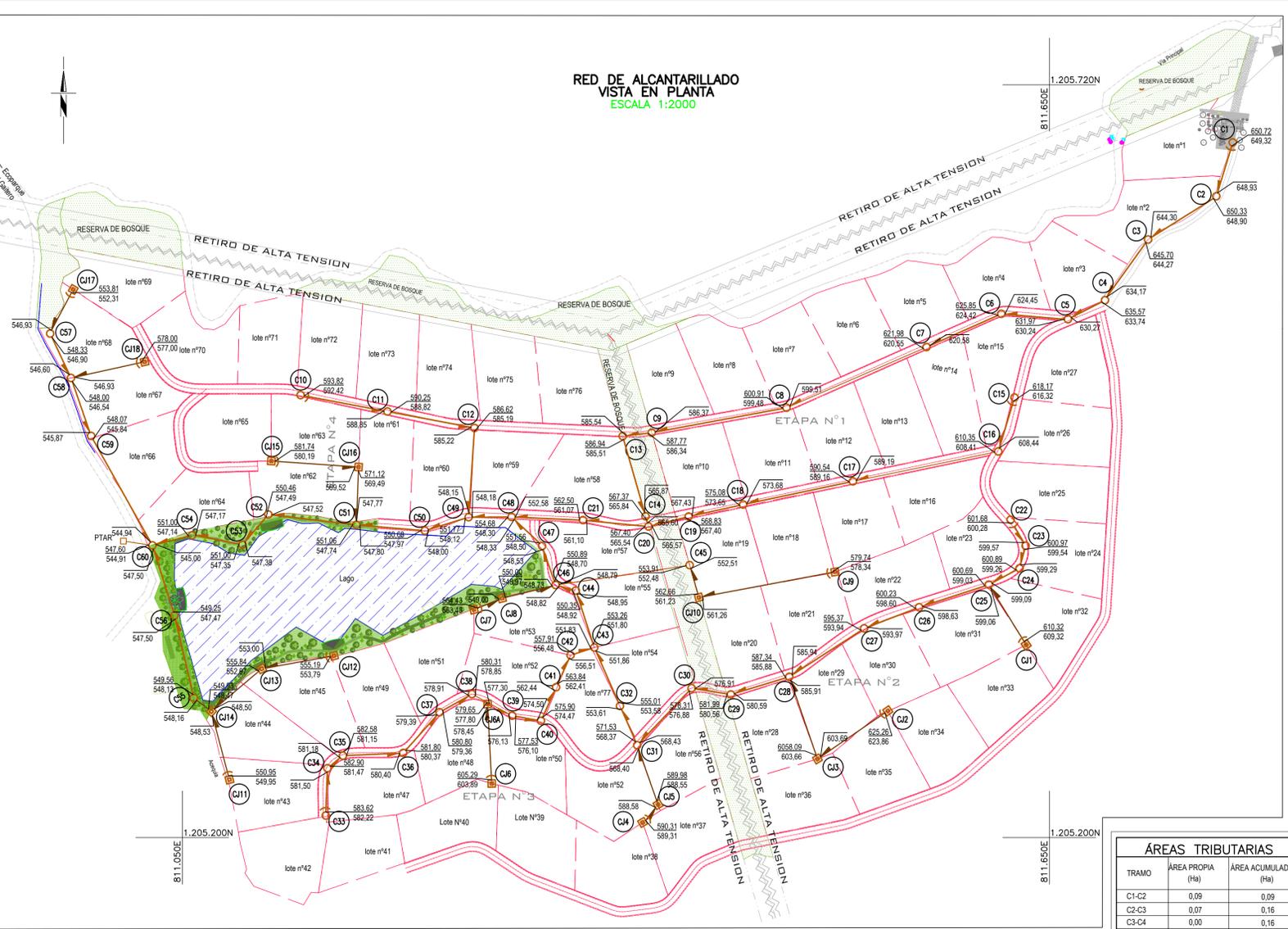
Contiene siete planos distribuidos de la siguiente forma:

**Plano 1:** plano en planta de la red de alcantarillado del proyecto con las respectivas coordenadas, cota terreno y cota batea al eje de la cámara para cada una de las cámaras de inspección y cajas de conexión, áreas tributarias para cada uno de los planos, detalle de la vía ubicada en el proyecto, cuadro de cantidades de obra, cuadro de convecciones y mapa del proyecto con cada uno de los predios que los conforman.

**Plano 2-7:** perfiles con los detalles de la red de alcantarillado para todos los tramos, los cuales cumplen con lo establecido por la norma EPM, con una relación de escala de H: V= 1:10. Se observan los detalles de las cimentaciones utilizadas para rasante vía, zona verde y pendientes de tubería mayores al 15%. Además, los planos contienen los detalles de la caja de inspección y cámara de conexión domiciliaria y las notas.

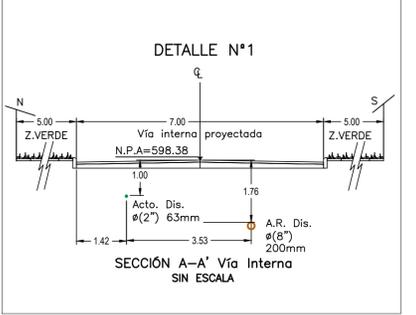
### Anexo 2

Corresponde a la hoja de cálculo aportada por EPM para el redimensionamiento hidráulico de la red de alcantarillado, allí se pueden observar un resultado de los parámetros hidráulicos empleados para el diseño de la red.



#### CUADRO DE DESPIECE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (m)	CANTIDAD (Un)
Tubería PVC Novafort Ø8" (200mm)	2576,11	-
Tubería PVC Novafort Ø4" (114.3mm)	809,41	-
Cámara Ø1,20m	111,70	60
Cajas 0.8X0.8m	29,99	18



#### ÁREAS TRIBUTARIAS

TRAMO	ÁREA PROPIA (Ha)	ÁREA ACUMULADA (Ha)
C1-C2	0,09	0,09
C2-C3	0,07	0,16
C3-C4	0,00	0,16
C4-C5	0,09	0,25
C5-C6	0,09	0,33
C6-C7	0,09	0,42
C7-C8	0,18	0,60
C8-C9	0,17	0,76
C9-C13	0,00	0,76
C13-C14	0,09	0,85
C14-C20	0,00	0,85
C10-C11	0,18	0,18
C11-C12	0,17	0,35
C12-C49	0,09	0,44
CJ1-C25	0,09	0,09
CJ2-CJ3	0,18	0,18
CJ3-C28	0,09	0,26
CJ4-CJ5	0,20	0,20
CJ5-C28	0,20	0,39
CJ8-CJ6A	0,18	0,18
CJ8-T(c38-c39)	0,00	0,18
CJ7-CJ8	0,10	0,10
CJ8-C46	0,00	0,10
CJ8-CJ10	0,28	0,28
CJ10-C45	0,00	0,28
C45-C46	0,09	0,37
CJ11-CJ14	0,17	0,17
CJ12-CJ13	0,17	0,17
CJ13-CJ14	0,00	0,17
CJ14-C55	0,00	0,35
C55-C56	0,00	0,35
C56-C60	0,00	0,35
C15-C16	0,18	0,18
C16-C51	0,09	0,26

#### ÁREAS TRIBUTARIAS

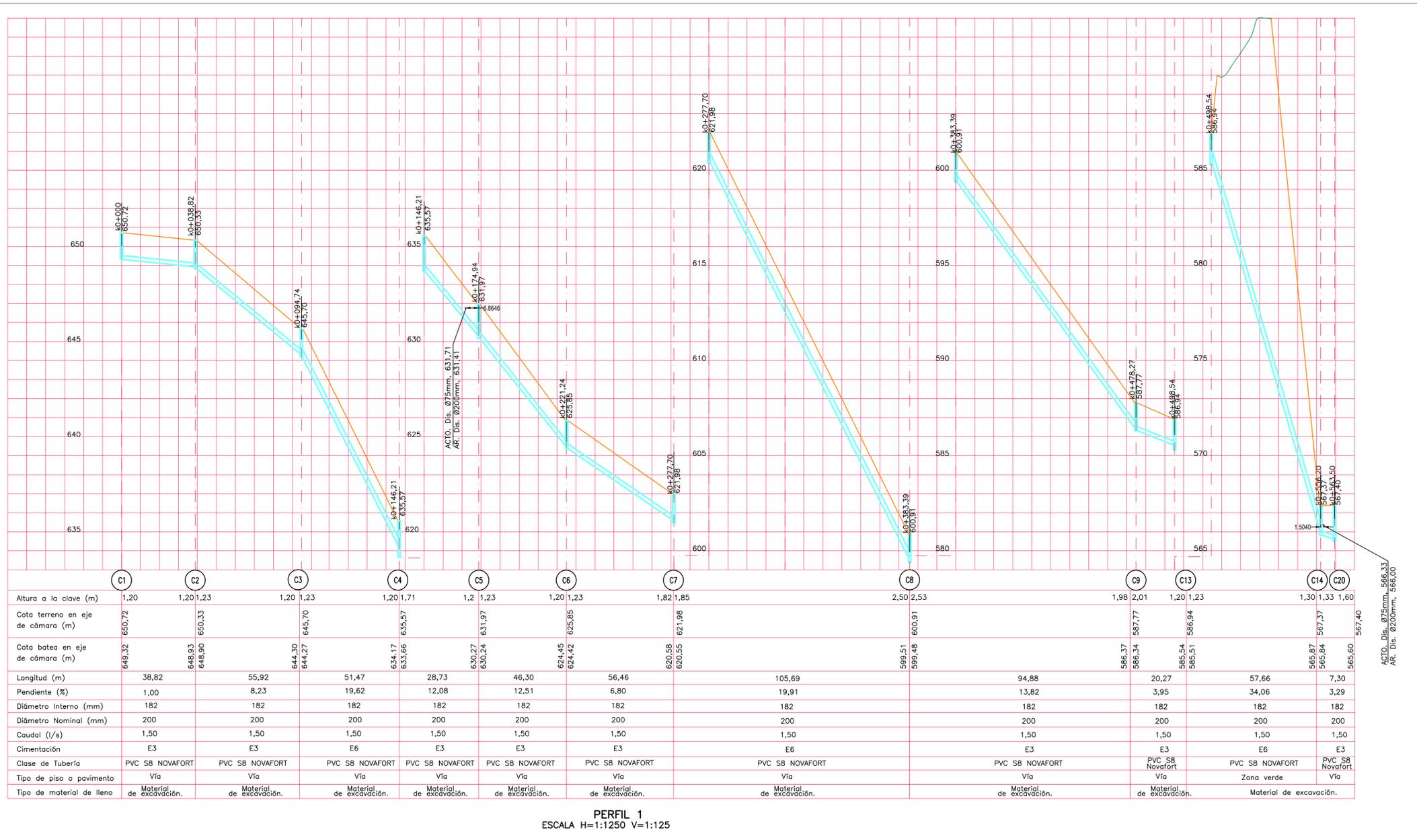
TRAMO	ÁREA PROPIA (Ha)	ÁREA ACUMULADA (Ha)
CJ18-C58	0,08	0,08
CJ17-C57	0,09	0,09
C57-C58	0,09	0,17
C58-C59	0,09	0,34
C59-C60	0,08	0,42
C33-C34	0,17	0,17
C34-C35	0,08	0,25
C35-C36	0,00	0,25
C36-C37	0,00	0,25
C37-C38	0,11	0,35
C38-C39	0,00	0,53
C39-C40	0,08	0,62
C40-C41	0,09	0,70
C41-C42	0,00	0,70
C42-C43	0,00	0,70
C22-C23	0,09	0,09
C23-C24	0,09	0,18
C24-C25	0,17	0,36
C25-C26	0,09	0,53
C26-C27	0,00	0,53
C27-C28	0,18	0,71
C28-C29	0,09	1,06
C29-C30	0,00	1,06
C30-C31	0,00	1,06
C31-C32	0,24	1,69
C32-C43	0,00	1,69
C43-C44	0,09	2,48
C44-C46	0,09	2,56
C46-C47	0,11	3,14
C47-C48	0,00	3,14
C15-C16	0,39	0,39
C16-C17	0,18	0,56
C17-C18	0,26	0,82
C18-C19	0,18	1,00
C19-C20	0,00	1,00
C20-C21	0,00	1,85
C21-C48	0,12	1,97
C48-C49	0,09	5,20
C49-C50	0,09	5,72
C50-C51	0,00	5,72
C51-C52	0,00	5,98
C52-C53	0,08	6,06
C53-C54	0,09	6,15
C54-C60	0,00	6,15
C60-PTAR	0,00	6,91

#### CONVENCIONES

- RED DE IMPULSIÓN
- TANQUE DE BOMBEO
- VÁLVULA DE CIERRE
- NODO IMPULSIÓN EN DISEÑO
- BOMBA DE AGUA
- BORDE DE VÍA O ANDÉN EN DISEÑO
- LINDEROS
- CERRAMIENTO
- RED RESIDUALES DOMICILIARIAS EN DISEÑO
- RED RESIDUALES EN DISEÑO
- ARRANQUE CÁMARA RESIDUALES EN DISEÑO
- CÁMARA DE INSPECCIÓN RESIDUALES EN DISEÑO
- CAJA DE INSPECCIÓN RESIDUALES EN DISEÑO
- LAGO
- PERFIL DEL TERRENO NATURAL
- RASANTE DE LA VÍA A IMPLEMENTAR
- RED DISTRIBUCIÓN EN DISEÑO
- TANQUE RECTANGULAR EN DISEÑO
- PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EN DISEÑO
- MACROMEDIDOR DISTRIBUCIÓN AGUA POTABLE DISEÑO
- VÁLVULA DE PURGA LÍNEA DISEÑO
- VÁLVULA COMPUERTA LÍNEA DISEÑO
- VÁLVULA VENTOSA
- VÁLVULA REGULADORA PRESIÓN DISEÑO
- VÁLVULA VENTOSA
- VÁLVULA VENTOSA
- NÚMERO DE MH DISEÑADO
- NÚMERO DE CAJA DOMICILIARIA

#### MATRICULA

No. CERTIFICADO DE SERVICIOS:	ESTRATO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: MARZO 2020
5	130	PLANO:	DE:
PLANCHA BASE GEOGRÁFICA No.:		1	7
CIRCUITO:		ARCHIVO: R. ACTO TERRAGRANDE REV:	
ZONA DE REGULACIÓN:			
CUENCA SANITARIA:			
NIVEL DE COMPLEJIDAD: ALTO			



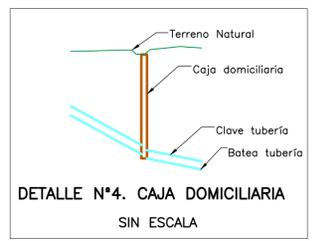
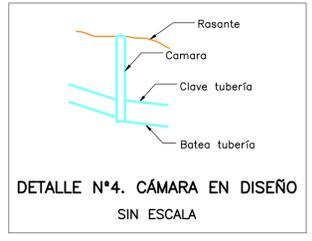
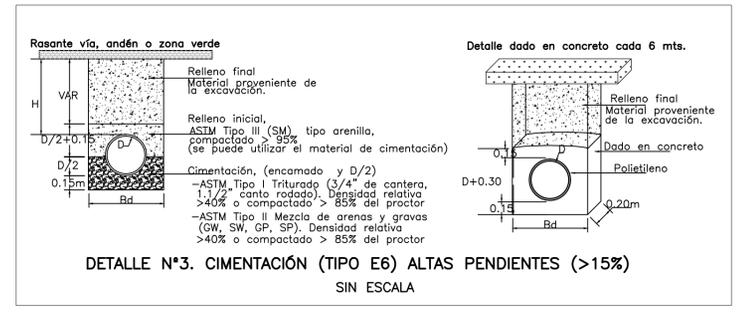
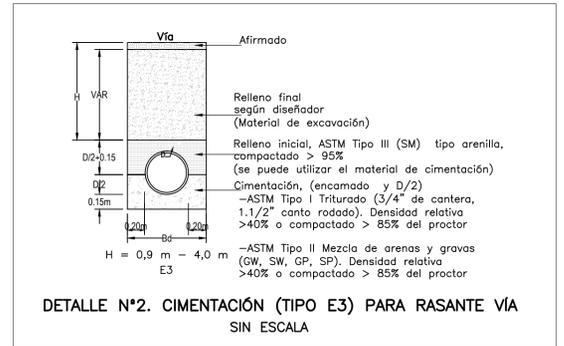
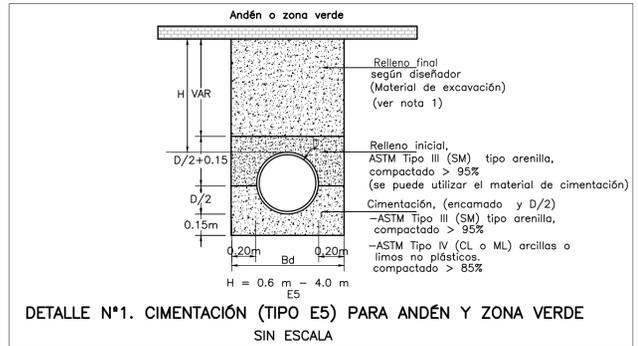
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C14
Altura a la clave (m)	1,20	1,20	1,23	1,20	1,23	1,20	1,85	2,50	2,01	1,20	1,23	1,30	1,33	1,60	2,93
Cota terreno en eje de cámara (m)	650,72	650,33	645,70	635,57	631,97	625,85	621,98	600,91	587,77	586,94	585,51	585,84	585,60	571,53	571,53
Cota batea en eje de cámara (m)	649,32	648,90	644,27	634,17	630,27	624,42	620,55	599,48	586,37	585,54	585,51	585,87	585,60	571,53	571,53
Longitud (m)	38,82	55,92	51,47	28,73	46,30	56,46	105,69	94,88	20,27	57,66	7,30				
Pendiente (%)	1,00	8,23	19,62	12,08	12,51	6,80	19,91	13,82	3,95	34,06	3,29				
Diámetro Interno (mm)	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182				
Diámetro Nominal (mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200				
Caudal (l/s)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50				
Cimentación	E3	E3	E6	E3	E3	E3	E3	E6	E3	E3	E6	E3	E3	E3	E3
Clase de Tubería	PVC S8 NOVAFORT														
Tipo de piso o pavimento	Vía	Zona verde	Vía	Vía											
Tipo de material de lleno	Material de excavación.														

PERFIL 1  
ESCALA H=1:1250 V=1:125

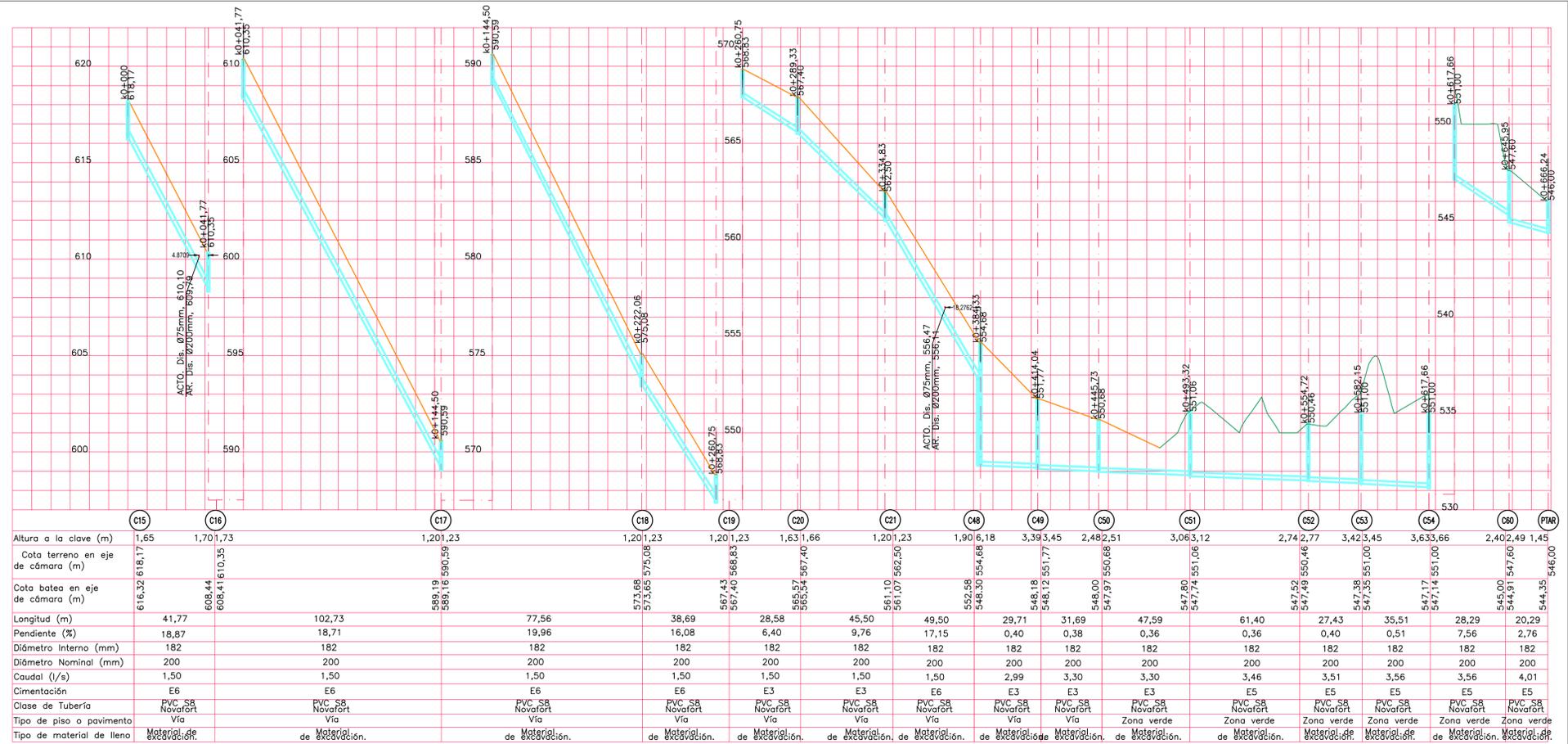


	C14	C15	C31
Altura a la clave (m)	0,80	1,20	2,93
Cota terreno en eje de cámara (m)	590,31	589,98	571,53
Cota batea en eje de cámara (m)	589,31	588,98	571,53
Longitud (m)	16,35	43,40	
Pendiente (%)	4,46	46,43	
Diámetro Interno (mm)	107,7	107,7	
Diámetro Nominal (mm)	114,3	114,3	
Caudal (l/s)	1,50	1,50	
Cimentación	E5	E6	
Clase de Tubería	PVC S8 NOVAFORT	PVC S8 NOVAFORT	
Tipo de piso o pavimento	Zona verde	Zona verde	
Tipo de material de lleno	Material de excavación.	Material de excavación.	

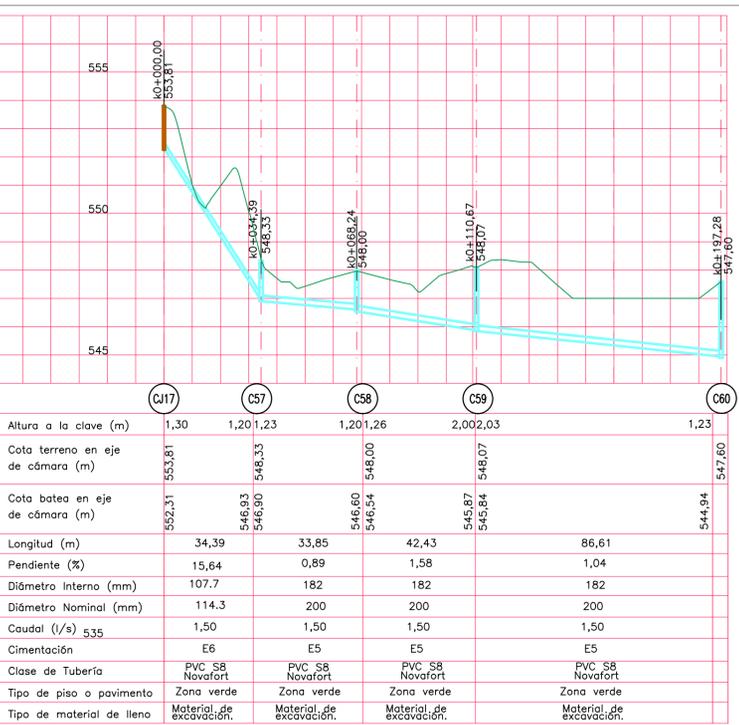
PERFIL 2  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



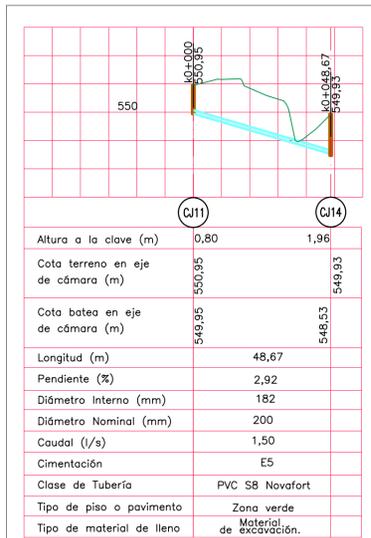
MATRÍCULA



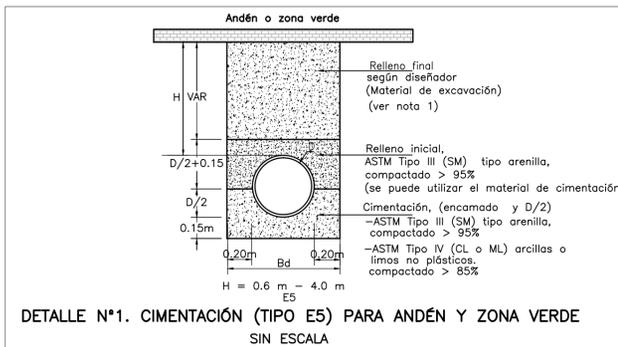
PERFIL PRINCIPAL ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES  
ESCALA H=1:1500 V=1:150



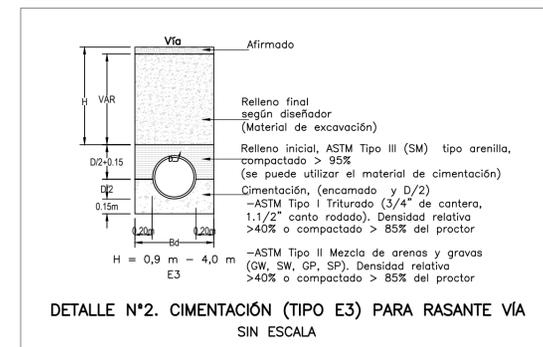
PERFIL 4  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



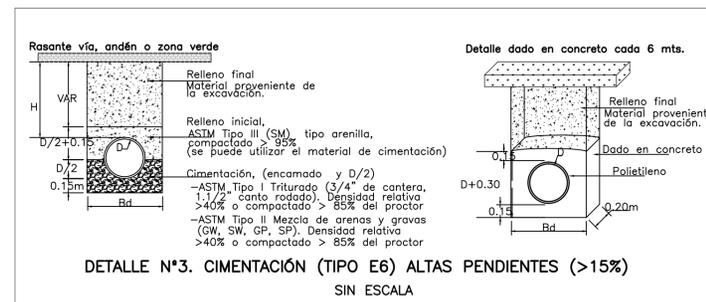
PERFIL 5  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



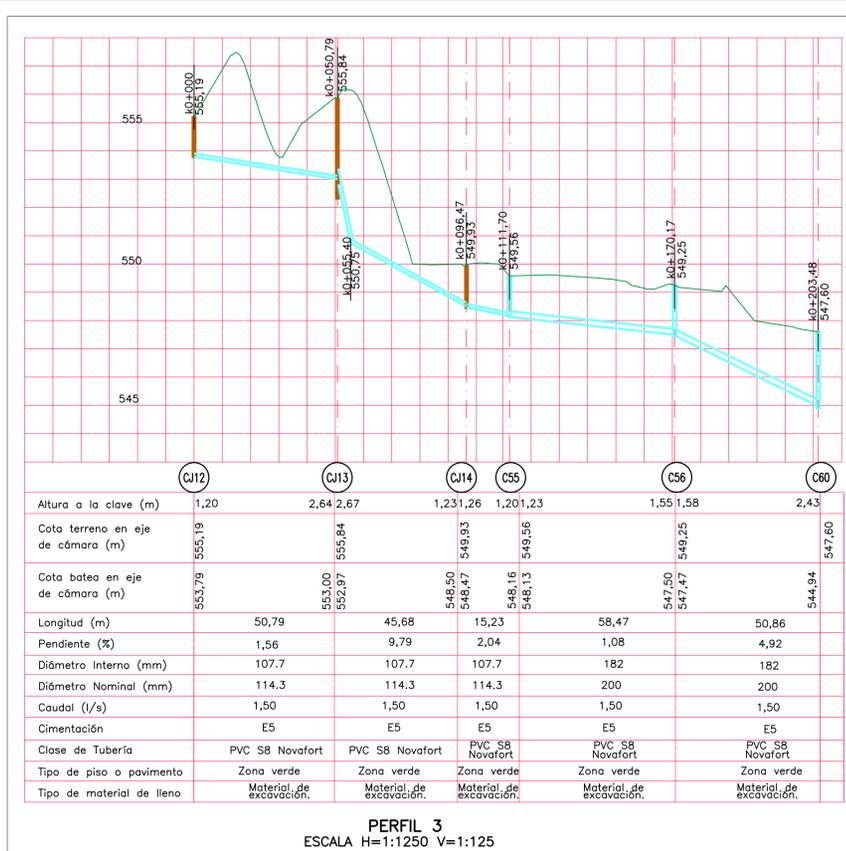
DETALLE N°1. CIMENTACIÓN (TIPO E5) PARA ANDÉN Y ZONA VERDE  
SIN ESCALA



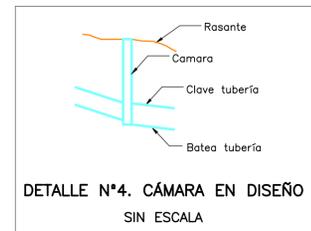
DETALLE N°2. CIMENTACIÓN (TIPO E3) PARA RASANTE VÍA  
SIN ESCALA



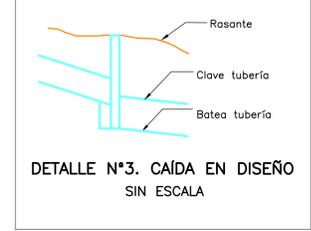
DETALLE N°3. CIMENTACIÓN (TIPO E6) ALTAS PENDIENTES (>15%)  
SIN ESCALA



PERFIL 3  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



DETALLE N°4. CÁMARA EN DISEÑO  
SIN ESCALA



DETALLE N°3. CAÍDA EN DISEÑO  
SIN ESCALA

MATRICULA

No. CERTIFICADO DE SERVICIOS:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: MARZO 2020
ESTRATO: 5	PLANO:	DE:
PLANCHA BASE GEOGRÁFICA No.: 130	3	7
CIRCUITO:	ARCHIVO: R. ACTO TERRAGRANDE REV:	
ZONA DE REGULACIÓN:		
CUENCA SANITARIA:		
NIVEL DE COMPLEJIDAD: ALTO		

**PARCELACIÓN ENTREBOSQUES SOPETRÁN-ANTIOQUIA**

INGENIERÍA Y TORRENTES

**LUIS ALBERTO CHÁVEZ HENAO**  
INGENIERO CIVIL - DISEÑADOR HIDRÁULICO  
MP. 05202136823 ANT

CALLE 58A N° 39A-05 B/BOSTON  
TEL: 589 09 69 - CEL: 314 815 85 68

NOMBRE	FIRMA
DISEÑÓ: LUIS A. CHÁVEZ HENAO	
DIBUJÓ: LUIS A. CHÁVEZ HENAO	
REVISÓ: LUIS A. CHÁVEZ HENAO	

**PARCELACIÓN ENTREBOSQUES  
UNIDAD CERRADA  
MUNICIPIO SOPETRÁN**

**RED DE AGUAS RESIDUALES  
PERFILES  
TABLAS Y ESPECIFICACIONES**

No.	Fecha	Descripción	Aprobó
		ACTUALIZACIONES	

No. CERTIFICADO DE SERVICIOS: 5

ESTRATO: 5

PLANCHA BASE GEOGRÁFICA No.: 130

CIRCUITO:

ZONA DE REGULACIÓN:

CUENCA SANITARIA:

NIVEL DE COMPLEJIDAD: ALTO

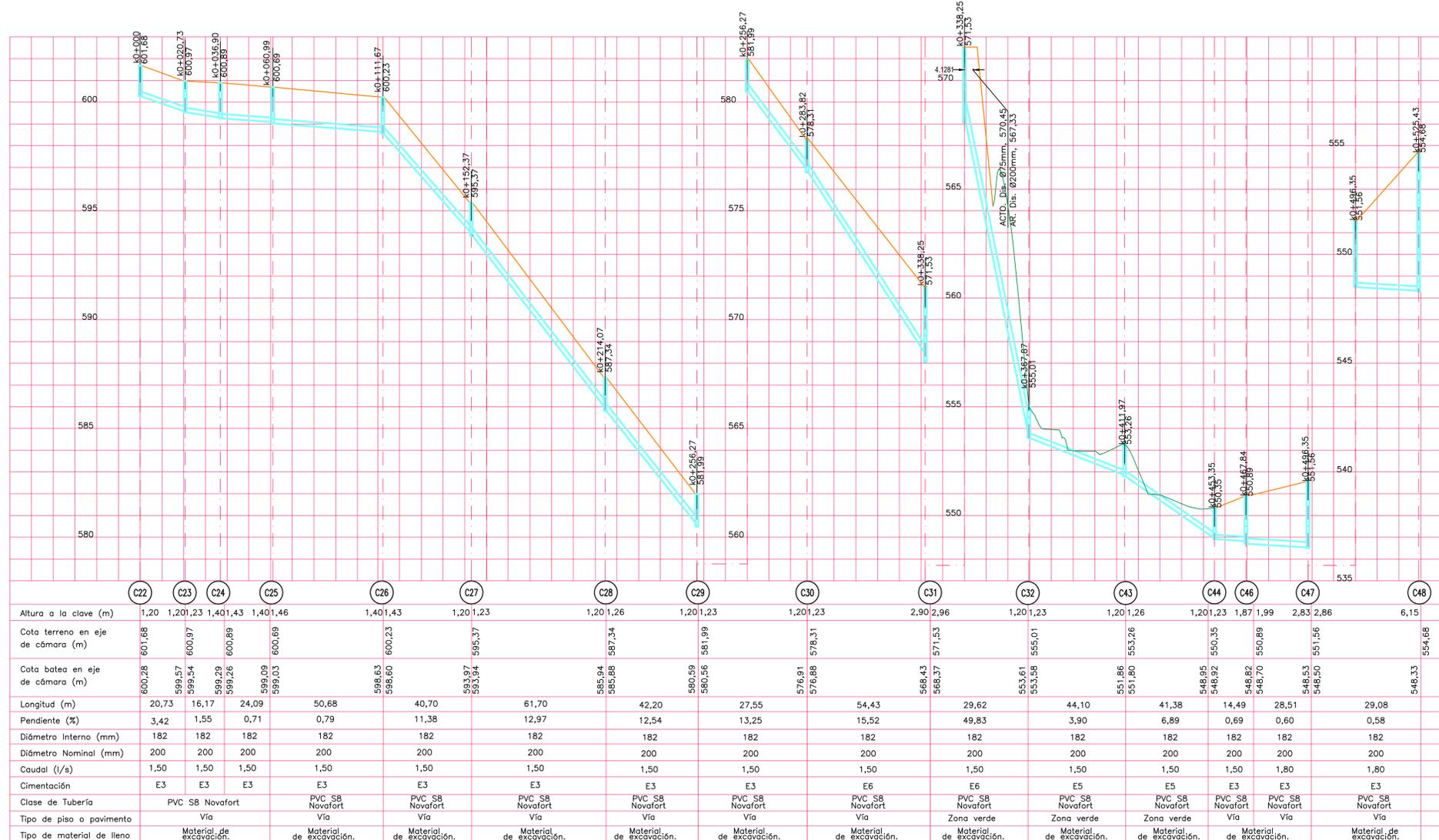
ESCALA: INDICADAS

PLANO: 3

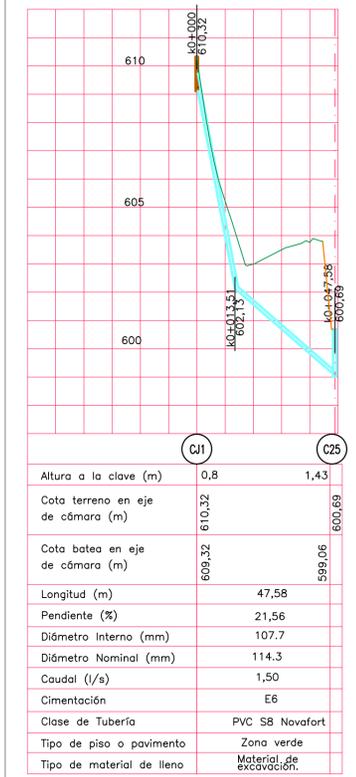
FECHA: MARZO 2020

DE: 7

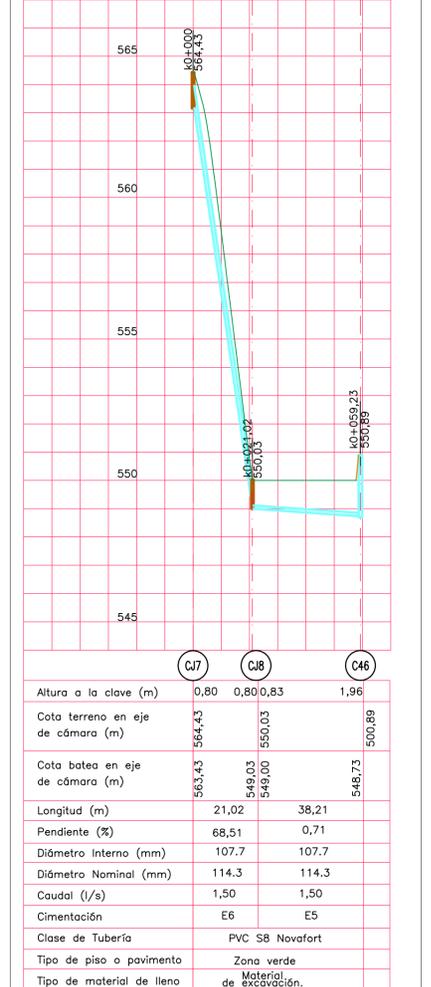
ARCHIVO: R. ACTO TERRAGRANDE REV:



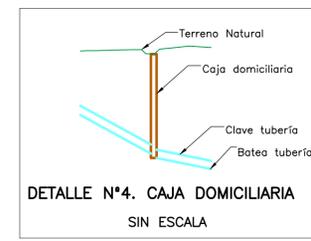
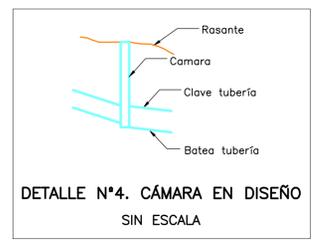
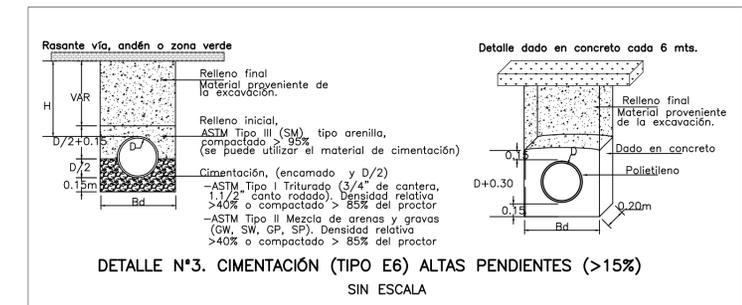
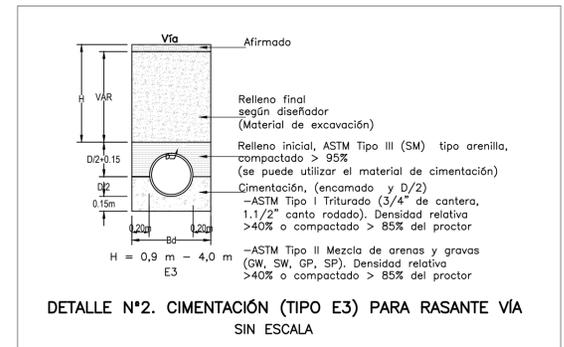
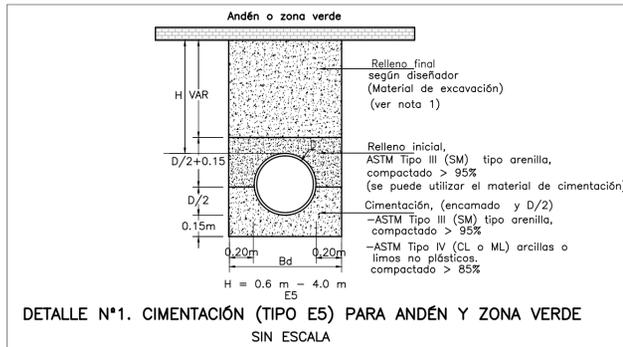
PERFIL 6  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



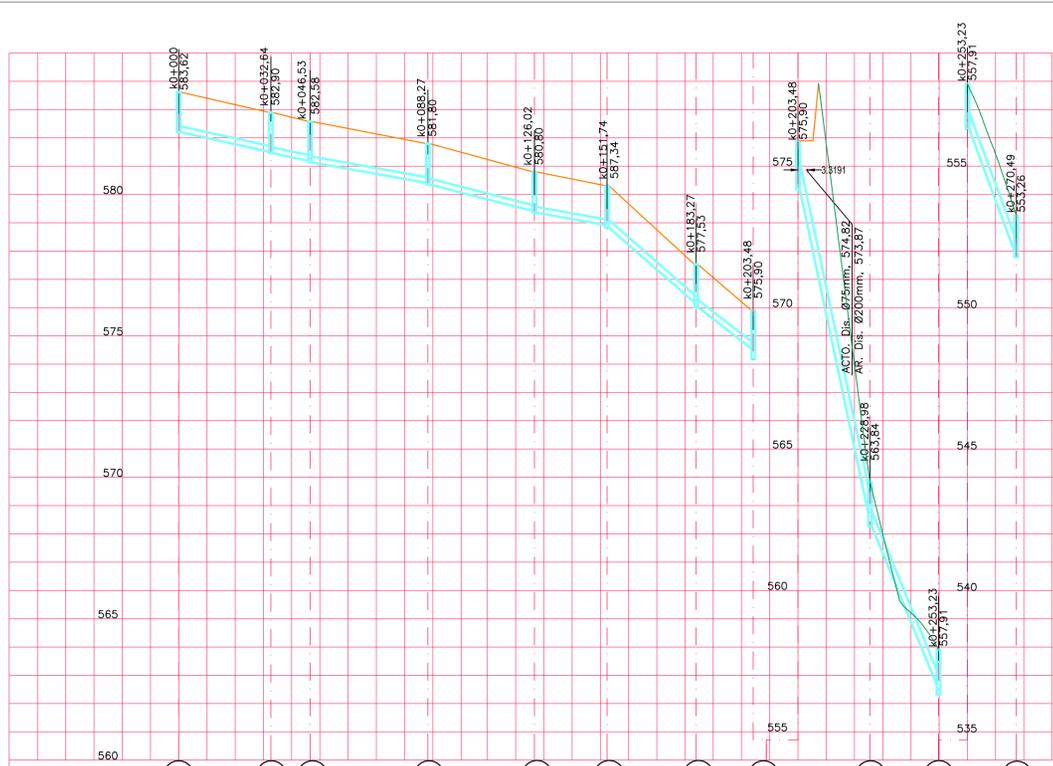
PERFIL 7  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



PERFIL 8  
ESCALA H=1:1250 V=1:125

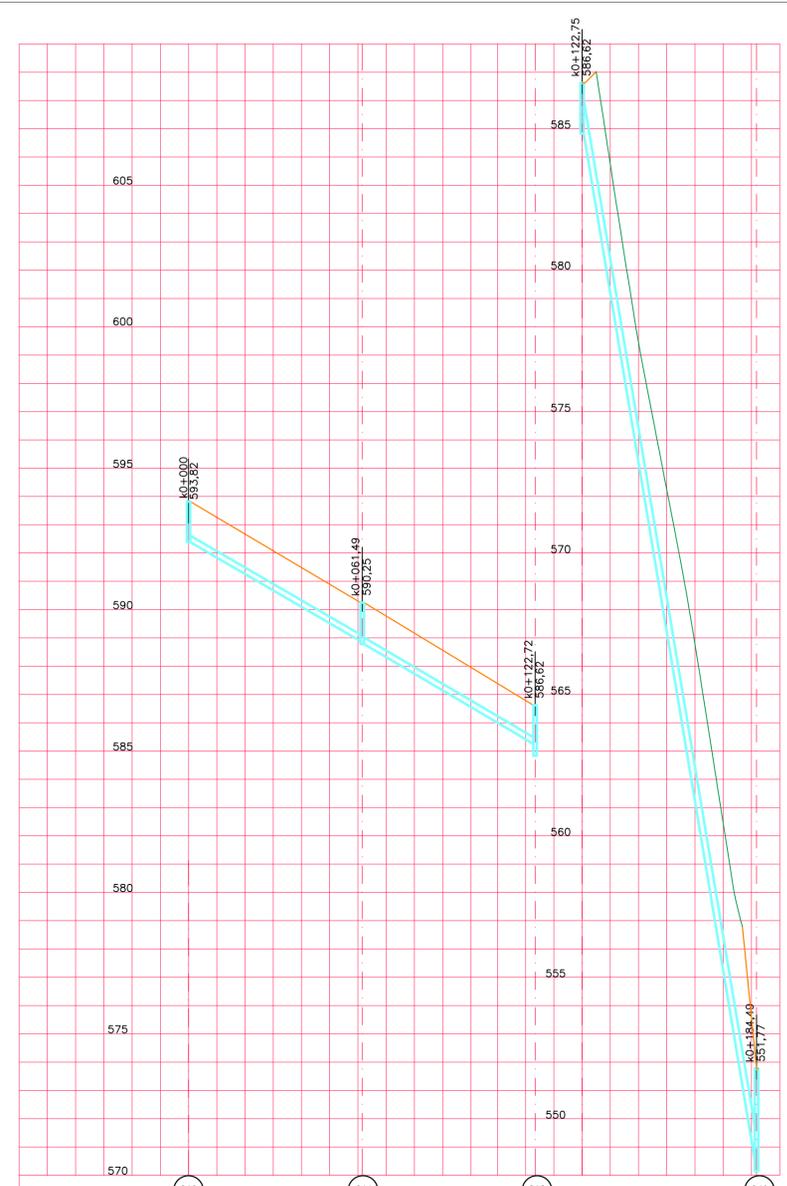


MATRICULA



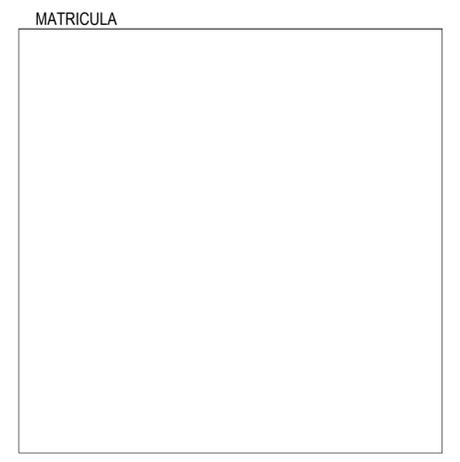
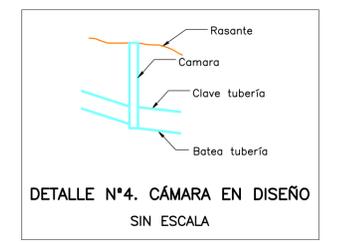
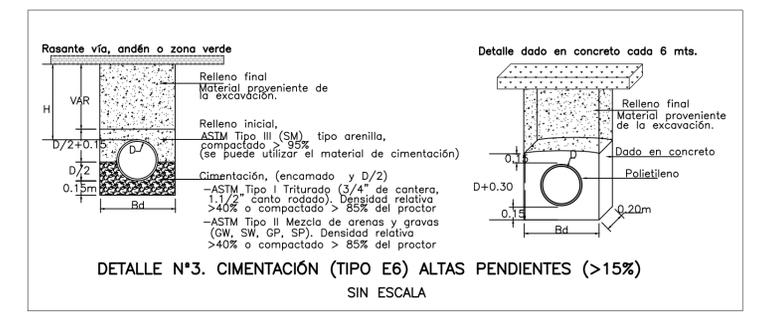
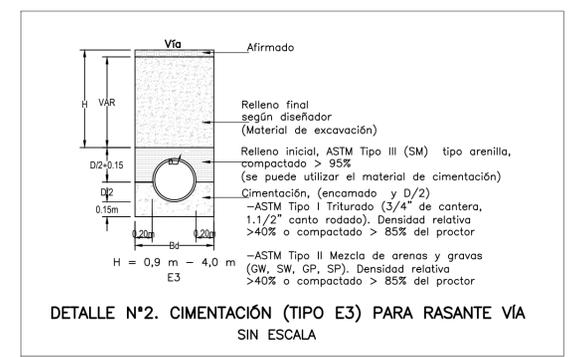
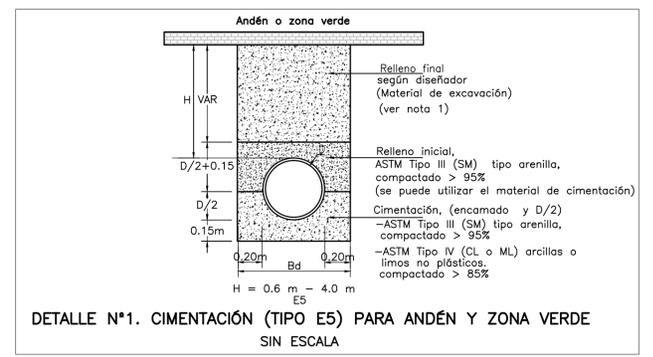
	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43
Altura a la clave (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,23
Cota terreno en eje de cámara (m)	583,62	582,90	582,58	581,80	580,80	580,31	577,53	575,90	563,84	557,91	553,26
Cota batea en eje de cámara (m)	582,22	581,50	581,16	580,40	579,36	578,91	576,13	574,50	562,44	556,51	551,83
Longitud (m)	32,64	13,89	41,74	37,75	25,72	31,53	20,21	25,50	24,25	17,26	
Pendiente (%)	2,21	2,09	1,80	2,60	1,75	8,63	7,92	47,18	24,33	26,94	
Diámetro Interno (mm)	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	
Diámetro Nominal (mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Caudal (l/s)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	
Cimentación	E3	E6	E6	E6							
Clase de Tubería	PVC S8 Novafort										
Tipo de piso o pavimento	Vía	Zona verde	Zona verde	Zona verde							
Tipo de material de lleno	Material de excavación										

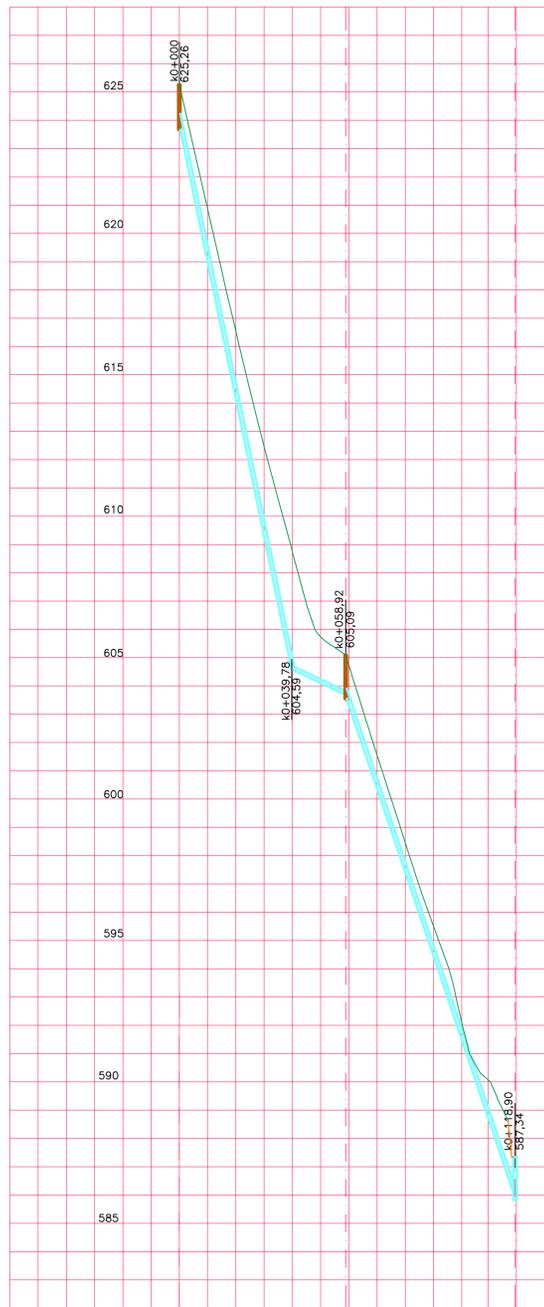
PERFIL 9  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



	C10	C11	C12	C49
Altura a la clave (m)	1,20	1,20	1,20	1,20
Cota terreno en eje de cámara (m)	593,82	590,25	586,62	551,77
Cota batea en eje de cámara (m)	592,42	586,85	585,22	546,15
Longitud (m)		61,49	61,23	61,77
Pendiente (%)		5,81	5,80	59,92
Diámetro Interno (mm)		182	182	182
Diámetro Nominal (mm)		200	200	200
Caudal (l/s)		1,50	1,50	1,50
Cimentación		E3	E3	E6
Clase de Tubería		PVC S8 Novafort	PVC S8 Novafort	PVC S8 Novafort
Tipo de piso o pavimento		Vía	Vía	Zona verde
Tipo de material de lleno		Material de excavación	Material de excavación	Material de excavación

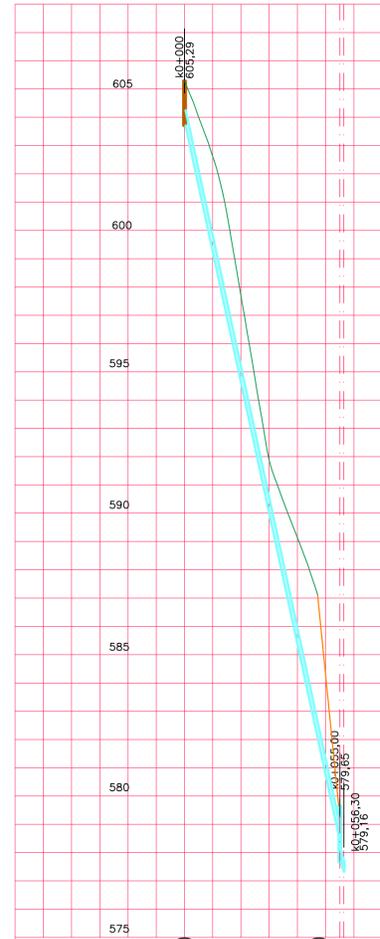
PERFIL 10  
ESCALA H=1:1250 V=1:125





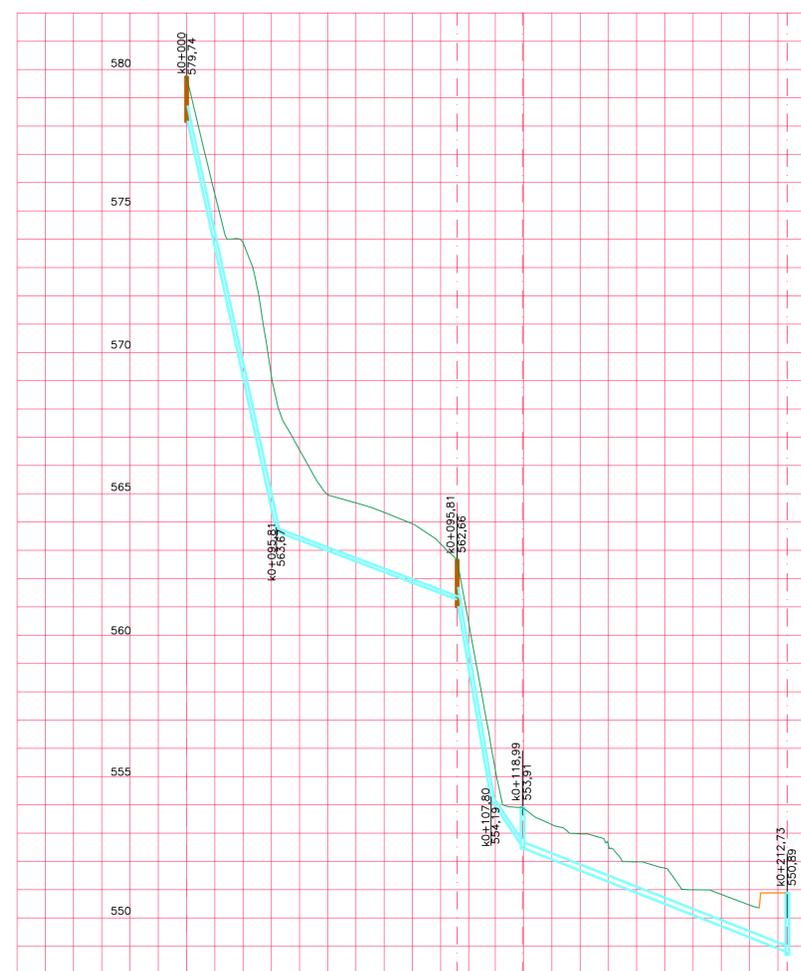
	CJ2	CJ3	C29
Altura a la clave (m)	1,20	1,20	1,20
Cota terreno en eje de cámara (m)	625,26	605,09	587,34
Cota bateo en eje de cámara (m)	623,86	603,66	585,91
Longitud (m)	58,92		59,98
Pendiente (%)	34,23		29,59
Diámetro Interno (mm)	107,7		107,7
Diámetro Nominal (mm)	114,3		114,3
Caudal (l/s)	1,50		1,50
Cimentación	E6		E6
Clase de Tubería	PVC SB Novafort		PVC SB Novafort
Tipo de piso o pavimento	Zona verde		Zona verde
Tipo de material de lleno	Material de excavación.		Material de excavación.

PERFIL 11  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



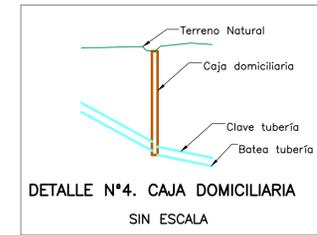
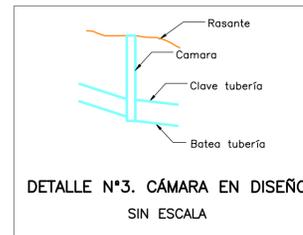
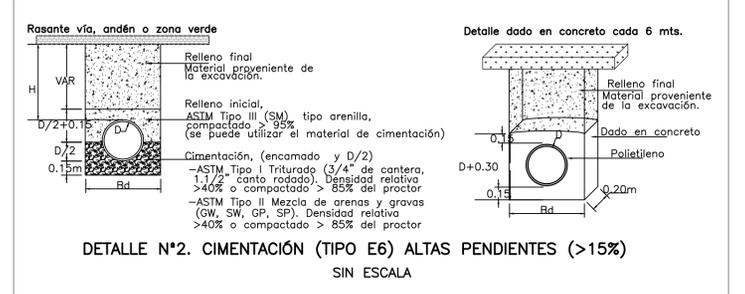
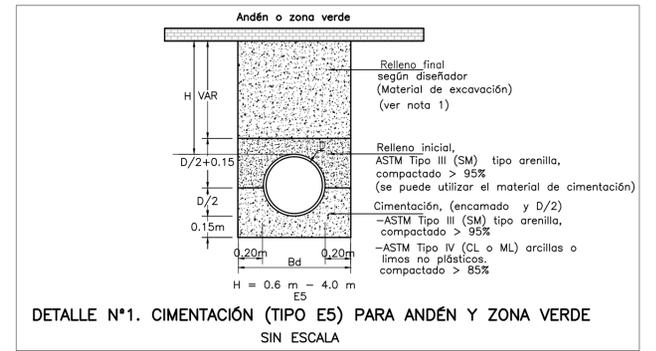
	CJ6	CJ8A	T(c38-c39)
Altura a la clave (m)	1,20	1,00	1,65
Cota terreno en eje de cámara (m)	605,29	579,65	579,16
Cota bateo en eje de cámara (m)	603,89	578,45	577,30
Longitud (m)	55,00	1,3	
Pendiente (%)	46,25	38,46	
Diámetro Interno (mm)	107,7	107,7	
Diámetro Nominal (mm)	114,3	114,3	
Caudal (l/s)	1,50	1,50	
Cimentación	E6	E6	
Clase de Tubería	PVC SB Novafort		
Tipo de piso o pavimento	Zona verde		
Tipo de material de lleno	Material de excavación.		

PERFIL 12  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



	CJ9	CJ10	C45	C46
Altura a la clave (m)	1,20	1,20	1,23	1,20
Cota terreno en eje de cámara (m)	579,74	562,66	562,81	550,89
Cota bateo en eje de cámara (m)	578,34	561,26	562,48	548,79
Longitud (m)		95,81	23,18	93,74
Pendiente (%)		17,83	37,62	3,94
Diámetro Interno (mm)		107,7	107,7	182
Diámetro Nominal (mm)		114,3	114,3	200
Caudal (l/s)		1,50	1,50	1,50
Cimentación		E6	E6	E5
Clase de Tubería		PVC SB Novafort	PVC SB Novafort	PVC SB Novafort
Tipo de piso o pavimento		Zona verde	Zona verde	Zona verde
Tipo de material de lleno		Material de excavación.	Material de excavación.	Material de excavación.

PERFIL 13  
ESCALA H=1:1250 V=1:125



MATRICULA



NOMBRE	ENTREBOSQUES
DIRECCIÓN	
MUNICIPIO:	SOPETRÁN
DISEÑO:	ING. LUIS CHÁVEZ HENAO

Densidad habitacional [Hab/Viv]	6	Dotación [m <sup>3</sup> /Viv-mes]	19,2
Método para hallar F	Harmon	Coefficiente de retorno	0,85
Infiltración + C. Erradas [l/s-ha]	0,30	CIRCUITO	

Cámara		Área tributaria aguas residuales			Densidad poblacional	Núm. viviendas		Q <sub>Total</sub> aguas residuales	Profundidad clave		Cota terreno		Cota batea a eje de cámara		Long. Tub.	Pen.	Diametro Int.	Q <sub>Diseño</sub>	q/Q	V <sub>Real</sub>	γ <sub>N</sub> / φ	Material tubería
Inicial	Final	Propia	Otra	Total	Otra	Propia	Total		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.				Res.	Res.			
		[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Viv/Ha]	[Viv]	[Viv]	[l/s]	[m]	[m]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[m]	[%]	[mm]	[l/s]	[adim]	[m/s]	[adim]	
C1	C2	0,09		0,09		1	1	1,50	1,20	1,20	650,72	650,33	649,32	648,93	38,82	1,00	182,00	1,50	0,04	0,60	0,18	PVC S8
C2	C3	0,07		0,16		1	2	1,50	1,23	1,20	650,33	645,70	648,90	644,30	55,92	8,23	182,00	1,50	0,01	1,26	0,11	PVC S8
C3	C4			0,16			2	1,50	1,23	1,20	645,70	635,57	644,27	634,17	51,47	19,62	182,00	1,50	0,01	1,72	0,08	PVC S8
C4	C5	0,09		0,25		1	3	1,50	1,63	1,50	635,57	631,97	633,74	630,27	28,73	12,08	182,00	1,50	0,01	1,45	0,10	PVC S8
C5	C6	0,09		0,33		1	4	1,50	1,53	1,20	631,97	625,85	630,24	624,45	46,30	12,51	182,00	1,50	0,01	1,46	0,09	PVC S8
C6	C7	0,09		0,42		1	5	1,50	1,23	1,20	625,85	621,98	624,42	620,58	56,46	6,80	182,00	1,50	0,02	1,18	0,11	PVC S8
C7	C8	0,18		0,60		2	7	1,50	1,23	1,20	621,98	600,91	620,55	599,51	105,69	19,91	182,00	1,50	0,01	1,73	0,08	PVC S8
C8	C9	0,17		0,76		2	9	1,50	1,23	1,20	600,91	587,77	599,48	586,37	94,88	13,82	182,00	1,50	0,01	1,52	0,09	PVC S8
C9	C13			0,76			9	1,50	1,23	1,20	587,77	586,94	586,34	585,54	20,27	3,95	182,00	1,50	0,02	0,97	0,13	PVC S8
C13	C14	0,09		0,85		1	10	1,50	1,23	1,30	586,94	567,37	585,51	565,87	57,66	34,06	182,00	1,50	0,01	2,09	0,06	PVC S8
C14	C20			0,85			10	1,50	1,33	1,60	567,37	567,40	565,84	565,60	7,30	3,29	182,00	1,50	0,02	0,91	0,14	PVC S8
C10	C11	0,18		0,18		2	2	1,50	1,20	1,20	593,82	590,25	592,42	588,85	61,49	5,81	182,00	1,50	0,02	1,12	0,12	PVC S8
C11	C12	0,17		0,35		2	4	1,50	1,23	1,20	590,25	586,62	588,82	585,22	61,23	5,88	182,00	1,50	0,02	1,12	0,12	PVC S8
C12	C49	0,09		0,44		1	5	1,50	1,23	3,42	586,62	551,77	585,19	548,15	61,77	59,96	182,00	1,50	0,01	2,55	0,04	PVC S8
C15	C16	0,39		0,39		4	4	1,50	1,65	1,70	618,17	610,35	616,32	608,44	41,77	18,87	182,00	1,50	0,01	1,69	0,08	PVC S8
C16	C17	0,18		0,56		2	6	1,50	1,73	1,20	610,35	590,59	608,41	589,19	102,73	18,71	182,00	1,50	0,01	1,69	0,08	PVC S8
C17	C18	0,26		0,82		3	9	1,50	1,23	1,20	590,59	575,08	589,16	573,68	77,56	19,96	182,00	1,50	0,01	1,73	0,08	PVC S8
C18	C19	0,18		1,00		2	11	1,50	1,23	1,20	575,08	568,83	573,65	567,43	38,69	16,08	182,00	1,50	0,01	1,60	0,09	PVC S8
C19	C20			1,00			11	1,50	1,23	1,63	568,83	567,40	567,40	565,57	28,58	6,40	182,00	1,50	0,02	1,15	0,12	PVC S8
C20	C21			1,85			21	1,50	1,66	1,20	567,40	562,50	565,54	561,10	45,50	9,76	182,00	1,50	0,01	1,34	0,10	PVC S8
C21	C48	0,12		1,97		1	22	1,50	1,23	1,90	562,50	554,68	561,07	552,58	49,50	17,15	182,00	1,50	0,01	1,64	0,08	PVC S8

Cámara		Área tributaria aguas residuales			Densidad poblacional	Núm. viviendas		Q <sub>Total</sub> aguas residuales	Profundidad clave		Cota terreno		Cota batea a eje de cámara		Long. Tub.	Pen.	Diametro Int.	Q <sub>Diseño</sub>	q/Q	V <sub>Real</sub>	γ <sub>N</sub> / φ	Material tubería	
Inicial	Final	Propia	Otra	Total	Otra	Propia	Total		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.					Res.	Res.			
		[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Viv/Ha]	[Viv]	[Viv]	[l/s]	[m]	[m]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[m]	[%]	[mm]	[l/s]	[adim]	[m/s]	[adim]		
C22	C23	0,09		0,09		1	1	1,50	1,20	1,20	601,68	600,97	600,28	599,57	20,73	3,42	182,00	1,50	0,02	0,92	0,14	PVC S8	
C23	C24	0,09		0,18		1	2	1,50	1,23	1,40	600,97	600,89	599,54	599,29	16,17	1,55	182,00	1,50	0,03	0,70	0,16	PVC S8	
C24	C25	0,17		0,36		2	4	1,50	1,43	1,40	600,89	600,69	599,26	599,09	24,09	0,71	182,00	1,50	0,05	0,53	0,19	PVC S8	
C25	C26	0,09		0,53		1	6	1,50	1,46	1,40	600,69	600,23	599,03	598,63	50,68	0,79	182,00	1,50	0,05	0,55	0,18	PVC S8	
C26	C27			0,53			6	1,50	1,43	1,20	600,23	595,37	598,60	593,97	40,70	11,38	182,00	1,50	0,01	1,42	0,10	PVC S8	
C27	C28	0,18		0,71		2	8	1,50	1,23	1,20	595,37	587,34	593,94	585,94	61,70	12,97	182,00	1,50	0,01	1,48	0,09	PVC S8	
C28	C29	0,09		1,06		1	12	1,50	1,26	1,20	587,34	581,99	585,88	580,59	42,20	12,54	182,00	1,50	0,01	1,46	0,09	PVC S8	
C29	C30			1,06		0	12	1,50	1,23	1,20	581,99	578,31	580,56	576,91	27,55	13,25	182,00	1,50	0,01	1,49	0,09	PVC S8	
C30	C31			1,06			12	1,50	1,23	2,90	578,31	571,53	576,88	568,43	54,43	15,52	182,00	1,50	0,01	1,58	0,09	PVC S8	
C31	C32	0,24		1,69		2	18	1,50	2,96	1,20	571,53		568,37	553,61	29,62	49,83	182,00	1,50	0,01	2,39	0,05	PVC S8	
C32	C43			1,69			18	1,50	1,23	1,20	555,01	553,26	553,58	551,86	44,10	3,90	182,00	1,50	0,02	0,97	0,13	PVC S8	
C33	C34	0,17		0,17		2	2	1,50	1,20	1,20	583,62	582,90	582,22	581,50	32,64	2,21	182,00	1,50	0,03	0,79	0,15	PVC S8	
C34	C35	0,08		0,25		1	3	1,50	1,23	1,20	582,90	582,58	581,47	581,18	13,89	2,09	182,00	1,50	0,03	0,78	0,15	PVC S8	
C36	C37			0,25			3	1,50	1,23	1,20	581,80	580,80	580,37	579,39	37,75	2,60	182,00	1,50	0,03	0,84	0,15	PVC S8	
C37	C38	0,11		0,35		1	4	1,50	1,23	1,20	580,80	580,31	579,36	578,91	25,72	1,75	182,00	1,50	0,03	0,73	0,16	PVC S8	
C38	C39			0,54			6	1,50	1,26	1,20	580,31	577,53	578,85	576,13	31,53	8,63	182,00	1,50	0,01	1,28	0,11	PVC S8	
C39	C40	0,08		0,62		1	7	1,50	1,23	1,20	577,53	575,90	576,10	574,50	20,21	7,92	182,00	1,50	0,01	1,24	0,11	PVC S8	
C40	C41	0,09		0,70		1	8	1,50	1,23	1,20	575,90	563,84	574,47	562,44	25,50	47,18	182,00	1,50	0,01	2,34	0,05	PVC S8	
C41	C42			0,70			8	1,50	1,23	1,20	563,84	557,91	562,41	556,51	24,25	24,33	182,00	1,50	0,01	1,85	0,07	PVC S8	
C42	C43			0,70			8	1,50	1,23	1,23	557,91	553,26	556,48	551,83	17,26	26,94	182,00	1,50	0,01	1,92	0,07	PVC S8	
C43	C44	0,09		2,48		1	27	1,50	1,26	1,20	553,26		551,80	548,95	41,38	6,89	182,00	1,50	0,02	1,18	0,11	PVC S8	
C44	C46	0,09		2,56		1	28	1,50	1,23	1,87	550,35	550,89	548,92	548,82	14,49	0,69	182,00	1,50	0,05	0,52	0,19	PVC S8	
C45	C46	0,09		0,37		1	4	1,50	1,23	1,90	553,91	550,89	552,48	548,79	93,74	3,94	182,00	1,50	0,02	0,97	0,13	PVC S8	
C46	C47	0,11		3,14		1	34	1,80	1,99	2,83	550,89	551,56	548,70	548,53	28,51	0,60	182,00	1,80	0,06	0,51	0,20	PVC S8	
C47	C48			3,14			34	1,80	2,86	6,15	551,56	554,68	548,50	548,33	29,08	0,58	182,00	1,80	0,06	0,51	0,21	PVC S8	
C48	C49	0,09		5,20		1	57	2,99	6,18	3,39	554,68	551,77	548,30	548,18	29,71	0,40	182,00	2,99	0,13	0,51	0,28	PVC S8	
C49	C50	0,09		5,72		1	63	3,30	3,45	2,48	551,77	550,68	548,12	548,00	31,69	0,38	182,00	3,30	0,15	0,52	0,30	PVC S8	
C50	C51			5,72			63	3,30	2,51	3,06	550,68	551,06	547,97	547,80	47,59	0,36	182,00	3,30	0,15	0,51	0,31	PVC S8	
C51	C52			5,98			66	3,46	3,12	2,74	551,06	550,46	547,74	547,52	61,40	0,36	182,00	3,46	0,16	0,52	0,31	PVC S8	
C52	C53	0,08		6,06		1	67	3,51	2,77	3,42	550,46	551,00	547,49	547,38	27,43	0,40	182,00	3,51	0,15	0,54	0,31	PVC S8	
C53	C54	0,09		6,15		1	68	3,56	3,45	3,63	551,00		547,35	547,17	35,51	0,51	182,00	3,56	0,14	0,59	0,29	PVC S8	
C54	C60			6,15			68	3,56	3,66	2,40	551,00	547,60	547,14	545,00	28,29	7,56	182,00	3,56	0,04	1,57	0,17	PVC S8	
																	182,00						
C55	C56			0,35			4	1,50	1,23	1,55	549,56		548,13	547,50	58,47	1,08	182,00	1,50	0,04	0,61	0,17	PVC S8	
C56	C60			0,35			4	1,50	1,58	2,43	549,25	547,60	547,47	544,97	50,86	4,92	182,00	1,50	0,02	1,05	0,12	PVC S8	
C58	C59	0,09		0,34		1	4	1,50	1,26	2,00	548,00		546,54	545,87	42,43	1,58	182,00	1,50	0,03	0,70	0,16	PVC S8	
C59	C60	0,08		0,42		1	5	1,50	2,03	2,46	548,07	547,60	545,84	544,94	86,61	1,04	182,00	1,50	0,04	0,61	0,17	PVC S8	

Cámara		Área tributaria aguas residuales			Densidad poblacional	Núm. viviendas		Q <sub>Total</sub> aguas residuales	Profundidad clave		Cota terreno		Cota batea a eje de cámara		Long. Tub.	Pen.	Diametro Int.	Q <sub>Diseño</sub>	q/Q	V <sub>Real</sub>	γ <sub>N</sub> / φ	Material tubería
Inicial	Final	Propia	Otra	Total	Otra	Propia	Total		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.					Res.	Res.		
		[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Viv/Ha]	[Viv]	[Viv]	[l/s]	[m]	[m]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[m]	[%]	[mm]	[l/s]	[adim]	[m/s]	[adim]	
CJ1	C25	0,09		0,09		1	1	1,50	0,80	1,43	610,32	600,69	609,32	599,06	48,90	20,98	182,00	1,50	0,01	1,76	0,08	PVC S8
CJ2	CJ3	0,18		0,18		2	2	1,50	1,20	1,20	625,26		623,86	603,69	58,92	34,23	182,00	1,50	0,01	2,09	0,06	PVC S8
CJ3	C28	0,09		0,26		1	3	1,50	1,23	1,23	605,09	587,34	603,66	585,91	59,98	29,59	182,00	1,50	0,01	1,99	0,07	PVC S8
CJ4	CJ5	0,20		0,20		2	2	1,50	0,80	1,20	590,31		589,31	588,58	16,35	4,46	182,00	1,50	0,02	1,02	0,13	PVC S8
CJ5	C31	0,20		0,39		2	4	1,50	1,23	2,93	589,98	571,53	588,55	568,40	43,40	46,43	182,00	1,50	0,01	2,33	0,05	PVC S8
CJ6	CJ6A	0,18		0,18		2	2	1,50	1,20	1,00	605,29		603,89	578,45	55,00	46,25	182,00	1,50	0,01	2,33	0,05	PVC S8
CJ6A	T(c38-c39)			0,18			2	1,50	1,65	1,66	579,65	579,16	577,80	577,30	1,30	38,46	182,00	1,50	0,01	2,18	0,06	PVC S8
CJ7	CJ8	0,10		0,10		1	1	1,50	0,80	0,80	564,43		563,43	549,03	21,02	68,51	182,00	1,50	0,00	2,67	0,04	PVC S8
CJ8	C46			0,10			1	1,50	0,83	1,96	550,03	550,89	549,00	548,73	38,21	0,71	182,00	1,50	0,05	0,53	0,19	PVC S8
CJ9	CJ10	0,28		0,28		3	3	1,50	1,20	1,20	579,74		578,34	561,26	95,81	17,83	182,00	1,50	0,01	1,66	0,08	PVC S8
CJ10	C45			0,28			3	1,50	1,23	1,20	562,66	553,91	561,23	552,51	23,18	37,62	182,00	1,50	0,01	2,16	0,06	PVC S8
CJ11	CJ14	0,17		0,17		2	2	1,50	0,80	1,20	550,95	549,93	549,95	548,53	48,67	2,92	182,00	1,50	0,02	0,87	0,14	PVC S8
CJ12	CJ13	0,17		0,17		2	2	1,50	1,20	2,64	555,19	555,84	553,79	553,00	50,79	1,56	182,00	1,50	0,03	0,70	0,16	PVC S8
CJ13	CJ14			0,17			2	1,50	2,67	1,23	555,84		552,97	548,50	45,68	9,79	182,00	1,50	0,01	1,34	0,10	PVC S8
CJ14	C55			0,35			4	1,50	1,26	1,20	549,93	549,56	548,47	548,16	15,23	2,04	182,00	1,50	0,03	0,77	0,15	PVC S8
CJ15	CJ16	0,18		0,18		2	2	1,50	1,40	1,40	581,79		580,19	569,52	60,48	17,64	182,00	1,50	0,01	1,65	0,08	PVC S8
CJ16	C51	0,09		0,26		1	3	1,50	1,43	3,09	571,12	551,06	569,49	547,77	39,96	54,35	182,00	1,50	0,01	2,46	0,05	PVC S8
CJ17	C57	0,09		0,09		1	1	1,50	1,30	1,20	553,81	548,33	552,31	546,93	34,39	15,64	182,00	1,50	0,01	1,58	0,09	PVC S8
CJ18	C58	0,08		0,08		1	1	1,50	0,80	1,23	578,00	548,00	577,00	546,57	52,14	58,36	182,00	1,50	0,01	2,53	0,05	PVC S8
C60	PTAR			6,91			77	4,01	2,49	1,45	547,60	546,00	544,91	544,35	20,29	2,76	182,00	4,01	0,07	1,11	0,21	PVC S8