

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y  
ALCANTARILLADOS**



**PROYECTO**  
***CONSTRUCCIÓN DE INTERCONEXIÓN DE***  
***ALCANTARILLADO SANITARIO, URBANIZACIÓN EL***  
***ROCÍO, GOICOECHEA***

**INFORME DE DISEÑO**

**Elaborado por:**  
**Ing. Randall Hernández Mora**

**Noviembre 2017**



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
Centro de Documentación e Información  
UEN Investigación y Desarrollo



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,  
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL  
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Eric Alonso Bogantes Cabezas

---

---

N° Cédula: 5-251-0327

---

Dependencia: Gerencia General

---

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: [gerenciageneral@aya.go.cr](mailto:gerenciageneral@aya.go.cr) N° Teléfono: 2242-5090



Firmado digitalmente  
por ERIC ALONSO  
BOGANTES CABEZAS  
(FIRMA)  
Fecha: 2021.06.16  
17:21:24 -06'00'

Firma: \_\_\_\_\_

## Contenido

1	Introducción y Objetivos .....	4
1.1	Objetivo General .....	5
1.2	Objetivos Específicos.....	5
2	Ubicación y Área de Proyecto .....	5
3	Descripción del Sistema Existente.....	7
4	Descripción de Obras a Ejecutar .....	8
5	Terrenos y Servidumbres .....	8
6	Criterios para el Cálculo de Caudales.....	9
6.1	Coeficiente de Retorno .....	9
6.2	Caudal de Infiltración .....	9
6.3	Factores Máximos de Diseño .....	9
6.4	Caudales de Diseño .....	10
7	Criterios para el Diseño de Tuberías .....	12
7.1	Relación Tirante/Diámetro (y/D) .....	12
7.2	Velocidad y Pendiente Mínimas.....	13
7.3	Velocidad Máxima.....	15
7.4	Coeficiente de Rugosidad.....	15
8	Análisis Económico para Escogencia del Material de Tubería a Instalar .....	16
9	Resultados de la Modelación Hidráulica .....	19
10	Anexos.....	20

## Índice de figuras

<i>Figura 1: Ubicación del Proyecto .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2: Área de Proyecto .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3: Terrenos por Donde Pasará la Nueva Tubería .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Costos Unitarios de Instalación y Materiales para Distintos Tipos de Tuberías.....</i>	<i>18</i>

## Índice de cuadros

<i>Cuadro 1: Factores de Multiplicación de los Caudales Medios.....</i>	<i>10</i>
<i>Cuadro 2: Parámetros para el Cálculo del Caudal de Diseño.....</i>	<i>11</i>
<i>Cuadro 3: Parámetros de Diseño Empleados .....</i>	<i>12</i>
<i>Cuadro 4: Poblaciones y Caudales de Diseño .....</i>	<i>12</i>
<i>Cuadro 5: Coeficientes de Manning.....</i>	<i>16</i>
<i>Cuadro 6: Comprobación de Pendientes Mínimas por Criterio de Tensión Tractiva .....</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 7: Comprobación de Diámetros por Capacidad Hidráulica Caudales de Saturación.....</i>	<i>19</i>

## **1 Introducción y Objetivos**

El presente documento corresponde al informe de diseño del proyecto denominado “Construcción de Interconexión de Alcantarillado Sanitario, Urbanización El Rocío”, ubicado en Goicoechea. Este proyecto consiste en la interconexión de la red de alcantarillado sanitario de la Urbanización El Rocío a la red en operación del Colector Rivera-2.

Este proyecto se ubica en el Distrito de Ipís, Cantón de Goicoechea, Provincia de San José. El sitio de proyecto se puede ubicar de la siguiente forma: el pozo final o de interconexión (aguas abajo) se localiza 100 m al oeste del costado sur del Liceo Salvador Umaña, en tanto que el pozo inicial (aguas arriba) se ubica frente a la entrada del parque de la Urbanización El Rocío. Tanto el pozo inicial como final del proyecto se localizan en vía pública.

El servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en el área de proyecto es administrado por AyA. En el caso del alcantarillado sanitario el mismo es operado por la UEN Recolección y Tratamiento GAM del AyA.

En esta zona existe red de alcantarillado sanitario prevista, la cual no está en operación y los usuarios disponen sus aguas residuales en tanques sépticos. A pesar que el Proyecto de Mejoramiento Ambiental propuso construir una red que pasa frente a esta urbanización, por las condiciones topográficas del terreno, no es posible interconectar esta urbanización a dicha red. Las características del terreno en esta zona no son aptas para el uso de tanques sépticos provocando que se presenten descargas de aguas residuales en las cunetas, generando un problema de contaminación ambiental. Por este motivo se está planteando el presente proyecto, para interconectar estas redes

previstas a un sector de la red de alcantarillado operativa la cual está conectada al Colector Rivera-2, el cual conduce las aguas residuales a la PTAR Los Tajos. Para realizar este proyecto será necesario atravesar varios terrenos propiedad de la Municipalidad de Goicoechea.

### 1.1 Objetivo General

Brindar el servicio de recolección y tratamiento de las aguas residuales a los habitantes de la Urbanización El Rocío.

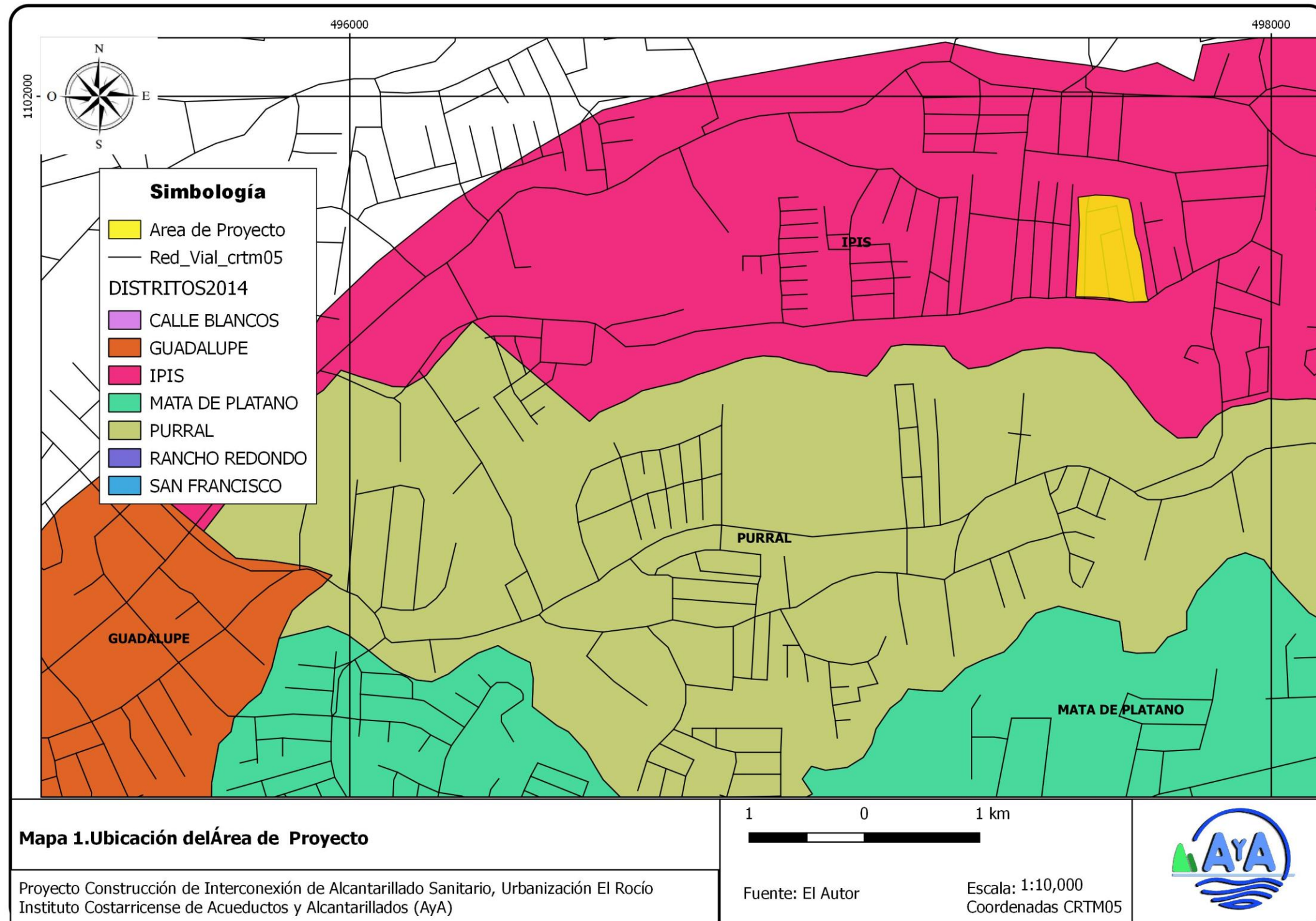
### 1.2 Objetivos Específicos

- Eliminar la descarga directa de aguas residuales de esta urbanización a la Quebrada Tanques.
- Construir 148 m de red de alcantarillado sanitario y un puente canal para interconectar la red prevista de la urbanización
- Aumentar el caudal que recibe y trata la PTAR Los Tajos.

## **2 Ubicación y Área de Proyecto**

En la Figura 1 se muestra la ubicación del área del proyecto. En la Figura 2 se muestra el área de proyecto.

Figura 1: Ubicación del Proyecto



**Figura 2: Área de Proyecto**



### **3 Descripción del Sistema Existente**

Dentro del área de proyecto, los mapas de alcantarillado sanitario de la Región Metropolitana y una inspección en campo, indican que la Urbanización El Encanto cuenta con red de alcantarillado sanitario de PVC de 200 mm de diámetro. Esta red se encuentra fuera de operación por carecer de interconexión con la red operativa interconectada a la PTAR Los Tajos.

#### 4 Descripción de Obras a Ejecutar

La propuesta de diseño es construir un colector que atraviese varios terrenos propiedad de la Municipalidad de Goicoechea y la Quebrada Tanques. Este colector inicia en calle pública, pasa por un parque, atraviesa una zona de charral, cruza una quebrada y atraviesa una zona verde para finalizar en un pozo de registro ubicado en calle pública en una red que está en operación y que pertenece al Colector Rivera-2. En total se plantea la instalación de 83 m de tubería de polietileno de alta densidad ASTM F2947, 65 m de tubería de concreto ASTM C76 todas ellas de 200 mm de diámetro, así como la instalación de 3 pozos de registro.

Figura 3: Terrenos por Donde Pasará la Nueva Tubería



#### 5 Terrenos y Servidumbres

El presente proyecto atraviesa varios terrenos inscritos a nombre de, o en posesión de la Municipalidad de Goicoechea, entre ellos un parque. El proyecto inicia y finaliza

en pozos localizados en calle pública. Los terrenos municipales corresponden a las Fincas Matrículas: 1-326925-000 asociada al plano catastrado SJ-0447266-81 y 1-532991 asociada al plano SJ-0826477-02. El respectivo permiso para la intervención de estos terrenos se solicitó a la Municipalidad de Goicoechea, la cual concedió dicho permiso mediante Acta de Sesión Ordinaria del Consejo Municipal N° 08-2014 del 24 de febrero de 2014, el cual se encuentra en los Anexos.

## **6 Criterios para el Cálculo de Caudales**

### **6.1 Coeficiente de Retorno**

Para el presente estudio se ha considerado un “factor de retorno” de aporte de aguas residuales al sistema de saneamiento de:

- Factor de retorno = 0.8 para los usuarios domiciliarios
- Factor de retorno = 0.9 para los usuarios no domiciliarios

### **6.2 Caudal de Infiltración**

Para el presente proyecto se adopta un caudal de infiltración a la red de alcantarillado sanitario del 10% del caudal generado de aguas residuales.

### **6.3 Factores Máximos de Diseño**

Los parámetros de diseño, en general, deben estar en concordancia con los datos estadísticos más recientes, de consumo y subfacturación con que AyA cuenta a la fecha para el área de proyecto la cual, en este caso, es parte del acueducto metropolitano de San José.

Para los cálculos y diseños se utilizarán los factores de mayoración empleados en el diseño del Proyecto de Mejoramiento Ambiental del AMSJ, como se indican en el Cuadro 1.

**Cuadro 1: Factores de Multiplicación de los Caudales Medios**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor a utilizar</b>
Factor Máximo Horario (F <sub>MH</sub> )	1,80
Factor Máximo Diario (F <sub>MD</sub> )	1,25

Fuente: Cartel de Licitación No. 2007LI-00002-PRI página 122/199

#### 6.4 Caudales de Diseño

El caudal de diseño para un tramo de tubería será el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo y se determinará considerando las contribuciones debidas a:

- Aguas residuales ordinarias.
- Aguas residuales especiales o de origen no domiciliario.
- Aguas de infiltración.

La población de diseño considerará las áreas de proyecto. El caudal de diseño para el sistema de redes secundarias y colectores se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$Q_{DIS} = FMH * Q + Q_{Inf}$ , donde:

$$Q = (C * Dot * P) / 86400$$

**Cuadro 2: Parámetros para el Cálculo del Caudal de Diseño**

<b>Simbología</b>	<b>Definición</b>
$Q_{DIS}$	Caudal de diseño para el tramo bajo análisis en l/s
FMH	Factor máximo horario
Q	Sumatoria de los aportes promedio de aguas residuales domésticas, comerciales, industriales e institucionales, en unidades de l/s
$Q_{Inf}$	Caudal de infiltración, igual al 10% de Q
C	Factor de retorno para el cálculo de la generación de aguas residuales
Dot	Dotación de agua potable para el área de proyecto, en unidades de l/hab/día
P	Población servida por el tramo bajo análisis, de acuerdo con los aportes que el tramo recibe de las micro-cuencas que vierten en él

En el caso particular de este proyecto, los caudales se han determinado a partir del conteo de viviendas y locales comerciales dentro del área de proyecto y se muestran en el Cuadro 4. Como el área de proyecto es un área urbana casi por llegar a la condición de saturación, entonces la población inicial es similar a la población al final del periodo de diseño. Para el cálculo de las pendientes mínimas se emplea el caudal máximo horario del inicio del periodo de diseño, siendo que en todos los tramos el valor a emplear debe ser mayor o igual a 1.5 l/s, según recomendaciones seguidas en el Departamento de Diseño de la UEN Programación y Control de AyA.

**Cuadro 3: Parámetros de Diseño Empleados**

Parámetro	Valor	Unidades	Fuente
Dotación Total Neta EQUIVALENTE mejorada POR AUMENTO DE LA FACTURACIÓN por RANC 2046	277	L/hab/d	Suministrado por Ing. Isidro Solis AM (Proyección al 2046)
Dotación Comercial	50	L/hab/d	Código Inst. Hidráulicas CFIA
Factor de Hacinamiento Ipis	3,6	hab/casa	INEC: Censo 2011
Aporte Comercial	6,0	l/d/m <sup>2</sup> de área comercial efectiva	Código Inst. Hidráulicas CFIA
Cresidencial	0,8		El Diseñador
Ccomercial	0,9		El Diseñador
FMD	1,25		AyA
FMH	1,8		AyA

**Cuadro 4: Poblaciones y Caudales de Diseño**

Zona de Aporte	Viviendas	Comercios/Oficinas	P (hab)	Q (l/s)	Qinf (l/s)*	QPD (l/s)	QDIS (l/s)	Qmin (l/s)	Comentarios
<b>Calle Los Castro</b>									
Viviendas Actuales	180	0	648	1,7	0,2	1,8	3,2	3,2	
Saturación	190	0	684	1,8	0,2	1,9	3,3	3,2	

\* Se considera un 10% del Qww como infiltración

## 7 Criterios para el Diseño de Tuberías

### 7.1 Relación Tirante/Diámetro (y/D)

Como criterio general para garantizar que el flujo ocurra a superficie libre, con un margen de seguridad en variaciones de caudal se limita la relación y/D al 70% - 80%.

Como criterio se adoptará un valor de  $Y/D = < 75\%$  para el caudal máximo de final del periodo de diseño (año 2046).

Donde:

- $Y$  = tirante en la sección, medido en mm, y
- $D$  = diámetro interno de la tubería de recolección, medido en mm.

La restricción del tirante hidráulico máximo obedece a varios aspectos, siendo el principal, asegurar una ventilación dentro de la tubería que ayudará al transporte más eficiente del fluido trasegado. Por otro lado, la correcta ventilación ayudará a prevenir en parte la aparición de ambientes corrosivos, que se puedan presentar, principalmente por la formación de sulfuros y la presencia de condiciones anaeróbicas en las aguas que son transportadas.

## 7.2 Velocidad y Pendiente Mínimas

Tradicionalmente se han establecido los criterios de pendiente y velocidad mínimas de manera de asegurar la auto limpieza de las tuberías, procurando que haya velocidad suficiente durante varias horas al día. A nivel nacional, durante muchos años se estableció como normativa el uso de una velocidad mínima de 0.60 m/s para el caudal de diseño. Sin embargo, la normativa fue modificada, a partir de marzo 2007, estableciéndose como norma de diseño el uso del criterio de la Tensión Tractiva Mínima para procurar una auto-limpieza adecuada del conducto en al menos una vez al día.

La tensión tractiva se define como el esfuerzo cortante ejercido sobre las paredes de la tubería por el líquido en escurrimiento, que actúa sobre los sedimentos promoviendo su arrastre.

La tensión tractiva media ( $\tau$ ) a lo largo del perímetro mojado se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\tau = \gamma R_H S$$

Dónde:

$\gamma$ : Peso específico del líquido,

$R_H$ : Radio hidráulico

$S$ : Pendiente del tramo (en m/m).

Existe una tensión tractiva crítica para el inicio del movimiento de las partículas sedimentadas que depende del tamaño y peso específico de la partícula, el peso específico y viscosidad del líquido y las mismas deben ser determinadas experimentalmente. Debido al conocimiento que se tiene de las aguas residuales domésticas, existen recomendaciones acerca de la tensión tractiva mínima que debe exigirse diariamente en cada tramo de red colectora a efectos de garantizar la auto-limpieza y el criterio de la tensión tractiva mínima de 1 Pa en aguas residuales satisface este requerimiento de auto-limpieza.

Para el diseño de los tramos iniciales de los sistemas los caudales captados son muy pequeños, por lo cual es recomendable asumir un caudal teórico que facilite el diseño. El AyA en su nueva Reglamentación para Diseño y Construcción de Acueductos y Alcantarillados se estima que el caudal de diseño para un sistema colector no debe ser

inferior a 1.5 l/s. Es decir, se aplicará este criterio, no solo a los tramos iniciales, sino a todo tramo en el que el caudal calculado debido a la producción de aguas residuales sea inferior a ese valor. Este valor ha sido investigado y propuesto como válido en amplia literatura técnica existente.

El valor de 1 Pa, como esfuerzo tractivo mínimo de diseño es suficiente para garantizar la auto-limpieza, pero no lo es para garantizar la no-formación de sulfuros ( $H_2S$ ). La generación de sulfuros se ve propiciada por la formación de una película de limo en las zonas sumergidas de los tubos.

### 7.3 Velocidad Máxima

El valor máximo de la velocidad viene determinado por la posible erosión sobre los conductos, de forma que las aguas residuales deben circular con una velocidad máxima que no genere erosiones o desgastes en los conductos. En aguas residuales se recomienda que la velocidad no exceda los 3 m/s en los caudales máximos. En materiales poco erosionables tales como el PVC o el polietileno este valor de velocidad puede incrementarse hasta 5 m/s.

### 7.4 Coeficiente de Rugosidad

El coeficiente de rugosidad de uso más difundido es el coeficiente de Manning que depende sobre todo del material y estado del tubo. Este coeficiente es estimado a partir de mediciones de laboratorio y de campo.

Los coeficientes de Manning a utilizar son los que se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5: Coeficientes de Manning**

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de Manning</b>
PVC	0,010
Polietileno de Alta Densidad	0,010
Hierro Dúctil	0,011
Acero sin Revestir	0,012
Concreto ASTM C14 – C76	0,013

## **8 Análisis Económico para Escogencia del Material de Tubería a Instalar**

Con base en información recopilada y actualizada de costos por el Departamento de Presupuestos de la UEN Programación y Control, tanto de materiales como de mano de obra, realizada para varios proyectos que se han diseñado y construido en AyA en los últimos años, se confeccionó este gráfico que resume los costos actuales asociados para diferentes escenarios de materiales de tubería y distintos diámetros comerciales más comúnmente empleados en alcantarillado sanitario, instalados empleando el método de zanja abierta convencional.

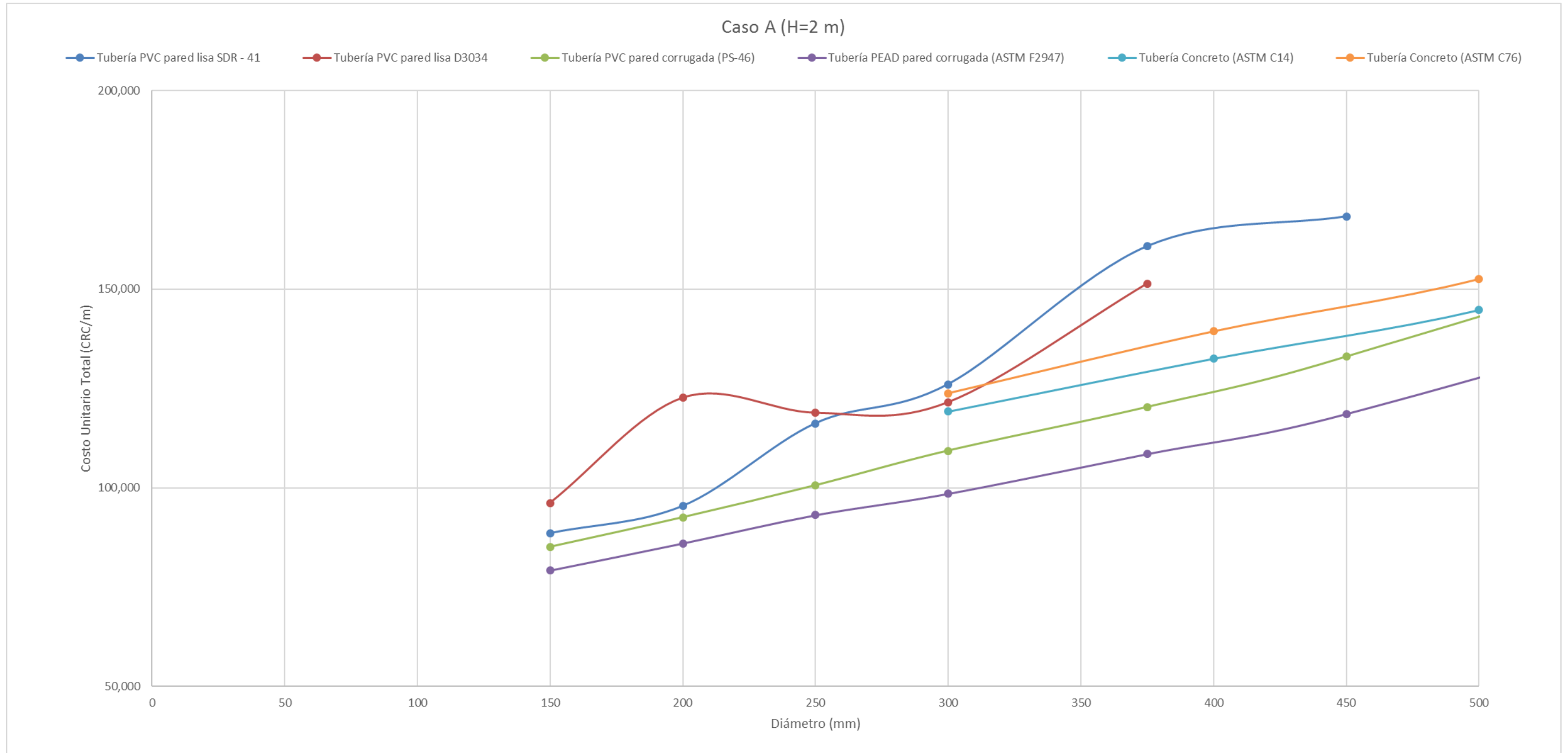
En la Figura 4 se muestra que para los diámetros empleados en el proyecto (200 mm) la tubería de polietileno de alta densidad corrugada (ASTM F2947) es la que presenta los menores costos de materiales e instalación por metro lineal, por lo que se empleará este material en el proyecto.

Se ha mostrado únicamente el escenario para una profundidad de 2 m ya que, en primer lugar, no se detectó variación significativa de la tendencia para profundidades

mayores y, en segundo lugar, esta profundidad es la profundidad aproximada a la que se instalará la tubería en este proyecto.

En el presente proyecto, en el tramo comprendido entre los pozos 2 y 3, debido a que este tramo presenta profundidades muy bajas y el terreno a atravesar es un charral que tiene alto riesgo de incendios en época seca, se determinó emplear concreto ASTM C-76 para evitar que la tubería pueda sufrir daños por el calor en caso de un incendio.

Figura 4: Costos Unitarios de Instalación y Materiales para Distintos Tipos de Tuberías



## 9 Resultados de la Modelación Hidráulica

Las características y resultados para los tramos de la nueva red se muestran en los cuadros siguientes. Para el diseño de la red se utilizó la fórmula de Manning y el software utilizado fue el SewerGEMS ® V8i.

Como se observa en el Cuadro 6 y Cuadro 7, con diámetros de 200 mm y las pendientes indicadas se logra cumplir con los criterios de relación de tirante hidráulico máximo (75%) y fuerza tractiva mínima (1 Pa).

**Cuadro 6: Comprobación de Pendientes Mínimas por Criterio de Tensión Tractiva**

POZOS													
Inicial	Nivel	Final	Nivel	Material	Diametro (mm)	Q (l/s)	Pendiente (%)	V (m/s)	Esfuerzo Tractivo (Pa)	Longitud (m)	Nivel Terreno Inicial (m)	Nivel Terreno Final (m)	
MH-1	1309.07	MH-2	1304.56	Corrugated H	200	3.2	11.2	1.86	14.443	40.16	1311.28	1305.46	
MH-2	1304.56	MH-3	1302.65	Concrete	200	3.2	3	0.98	5.878	63.03	1305.46	1303.55	
MH-3	1302.65	MH-4	1302.19	Corrugated H	200	3.2	1.9	1	3.676	23.9	1303.55	1303.09	
MH-4	1302.19	MH-5	1301.33	Corrugated H	200	3.2	3.4	1.22	5.71	25.29	1303.09	1302.58	

**Cuadro 7: Comprobación de Diámetros por Capacidad Hidráulica Caudales de Saturación**

POZOS													
Inicial	Nivel	Final	Nivel	Material	Diametro (mm)	Q (l/s)	Pendiente (%)	V (m/s)	y/D (%)	Longitud (m)	Nivel Terreno Inicial (m)	Nivel Terreno Final (m)	
MH-1	1309.07	MH-2	1304.56	PEAD	200	3.3	11.2	1.88	10.5	40.16	1311.28	1305.46	
MH-2	1304.56	MH-3	1302.65	Concrete	200	3.3	3	0.99	16.3	63.03	1305.46	1303.55	
MH-3	1302.65	MH-4	1302.19	PEAD	200	3.3	1.9	1.01	16	23.9	1303.55	1303.09	
MH-4	1302.19	MH-5	1301.33	PEAD	200	3.3	3.4	1.24	14	25.29	1303.09	1302.58	

Los archivos digitales de la modelación se incluyen en los anexos a este informe.

## **10 Anexos**

ANEXO A: NOTA DE ACEPTACIÓN DEL ALCANCE DEL DISEÑO POR ENTE OPERADOR

ANEXO B: AUTORIZACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN EN TERRENO MUNICIPALIDAD DE GOICOECHEA

ANEXO C: FICHA MIDEPLAN

ANEXO D: VIABILIDAD AMBIENTAL PARTE A (COMO PARTE DE PROYECTO DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL AMSJ)

ANEXO E: VIABILIDAD AMBIENTAL PARTE B (COMO PARTE DE PROYECTO DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL AMSJ)

ANEXO F: PRESUPUESTO Y ESCALA DE PRECIOS Y CANTIDADES

ANEXO G: MODELACIÓN HIDRÁULICA (ARCHIVOS SEWER GEMS)