

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**



PROYECTO
EXTENSIÓN DE RAMAL URBANIZACIÓN EL ENCANTO,
GOICOECHEA

INFORME DE DISEÑO

Elaborado por:
Ing. Randall Hernández Mora

Agosto 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 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	9
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	11
7	Criterios para el Diseño de Tuberías	13
7.1	Relación Tirante/Diámetro (y/D)	13
7.2	Velocidad y Pendiente Mínimas.....	14
7.3	Velocidad Máxima.....	16
7.4	Coeficiente de Rugosidad.....	17
8	Análisis Económico para Escogencia del Material de Tubería a Instalar	17
9	Resultados de la Modelación Hidráulica	20
10	Anexos.....	21

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: Parque por Donde se Desviará la Tubería Existente</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4: Costos Unitarios de Instalación y Materiales para Distintos Tipos de Tuberías.....</i>	<i>19</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>12</i>
<i>Cuadro 3: Parámetros de Diseño Empleados</i>	<i>13</i>
<i>Cuadro 4: Poblaciones y Caudales de Diseño</i>	<i>13</i>
<i>Cuadro 5: Coeficientes de Manning.....</i>	<i>17</i>
<i>Cuadro 6: Comprobación de Pendientes Mínimas por Criterio de Tensión Tractiva</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 7: Comprobación de Diámetros por Capacidad Hidráulica Caudales de Saturación.....</i>	<i>20</i>

1 Introducción y Objetivos

El presente documento corresponde al informe de diseño del proyecto denominado “Extensión de Ramal Urbanización El Encanto, Goicoechea”. Este proyecto consiste en la interconexión de la red de alcantarillado sanitario de la Urbanización El Encanto al Colector Rivera-2.

Este proyecto se ubica en el Distrito de Calle Blancos, Cantón de Goicoechea, Provincia de San José. El sitio de proyecto se ubica 150 m al oeste y 375 m al norte de la plaza de deportes de Calle Blancos.

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 en operación. En el área de proyecto el problema que se presenta y que motivan el presente proyecto es que este sector de la red de alcantarillado estaba conectada a un puente canal que colapsó, por lo que las aguas residuales de esta zona están cayendo a la Quebrada Cangrejos, generando un problema de contaminación ambiental. Por este motivo se está planteando el presente proyecto, para interconectar estas redes a otro puente canal cercano, ubicado aguas abajo del punto donde actualmente están cayendo las aguas residuales al río. Dicho puente está conectada al Colector Rivera-2, el cual entrega sus aguas a la PTAR Los Tajos a través del Colector Rivera-1 y el emisario final.

1.1 Objetivo General

Restablecer el servicio de tratamiento de las aguas residuales a los habitantes de Urbanización El Encanto.

1.2 Objetivos Específicos

- Eliminar la descarga directa de aguas residuales de esta urbanización a la Quebrada Cangrejos.
- Construir 166 m de red de alcantarillado sanitario para interconectar la red que está vertiendo al río a un puente canal en buen estado cercano.
- 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. Es importante acotar que se ha definido el área de proyecto como la parte de la red que actualmente está vertiendo sus aguas en el río. Por lo tanto el área de proyecto solo abarca una parte del área que comprende la red de la urbanización.

Figura 1: Ubicación del Proyecto

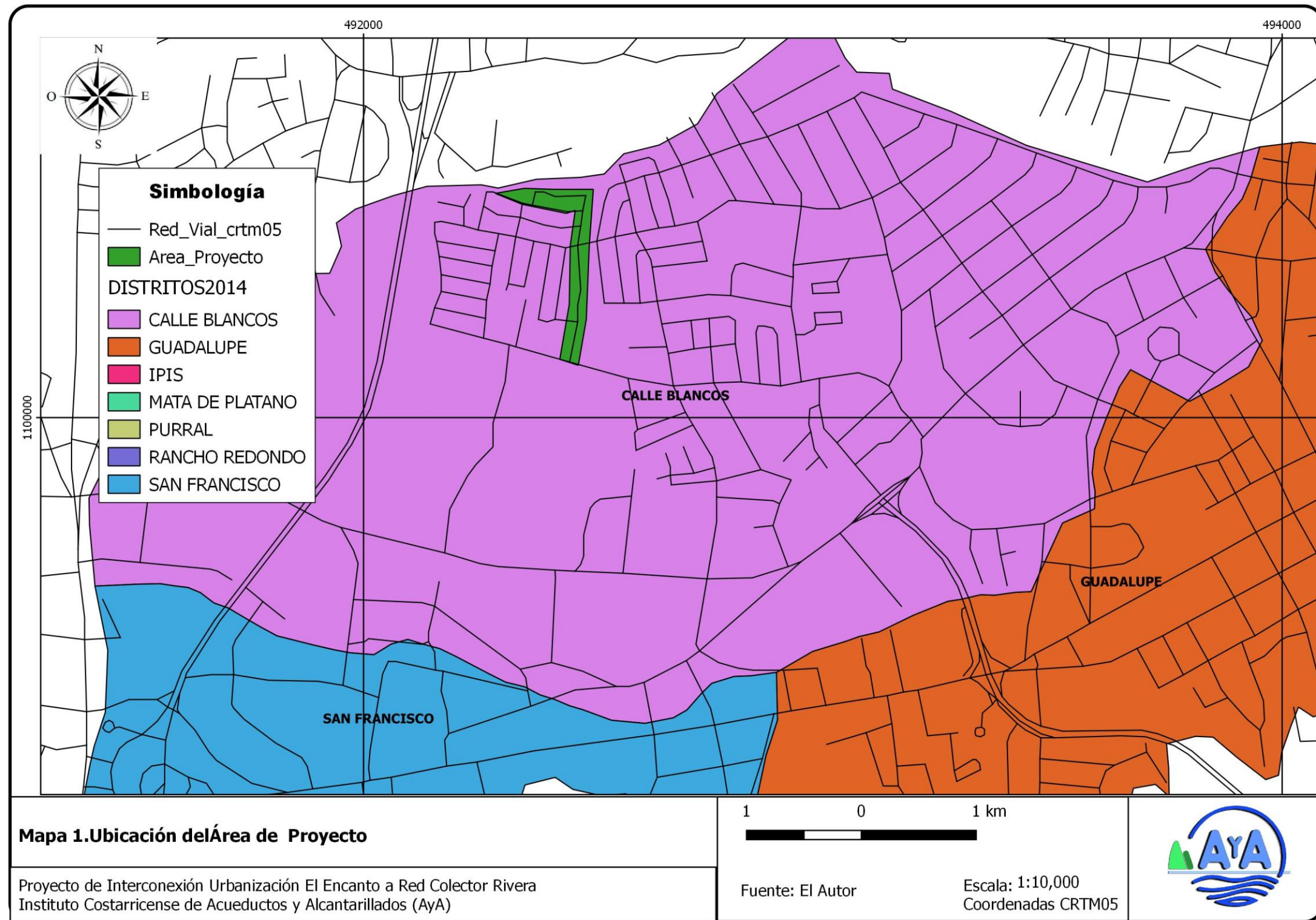


Figura 2: Área de Proyecto

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. Parte de esta red descarga al Colector Rivera-2 mediante un puente canal, y otra parte descarga en otro puente canal que colapsó y está cayendo a la Quebrada Cangrejos, como se indicó anteriormente.

4 Descripción de Obras a Ejecutar

La propuesta de diseño es desviar dos tramos de la red de alcantarillado sanitario existente de esta urbanización que, actualmente, están descargando en un puente canal colapsado. El desvío de la tubería atravesará un parque municipal y se conectará a otra parte de la red que fluye hacia otro puente canal cercano, el cual está en buen estado. Esta interconexión a la red existente se realizará en calle pública. En total se plantea la instalación de 130.37 m de tubería de polietileno de alta densidad ASTM F2947 de 200 mm de diámetro, 7 pozos de registro y la reconexión de las previstas domiciliarias que se vean afectadas con el proyecto.

Figura 3: Parque por Donde se Desviará la Tubería Existente



5 Terrenos y Servidumbres

El presente proyecto atraviesa un parque municipal, arrancando y finalizando en pozos localizados y calle pública. El parque municipal se encuentra en la Finca Matrícula 1-301417-000 asociada al plano catastrado 1-483926-82. El respectivo permiso para la intervención de este parque se solicitó a la Municipalidad de Goicoechea mediante oficio UEN-PC-2017-00887. La municipalidad concedió dicho permiso mediante oficio SM-1409-17 del 16 de agosto de 2017 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

Parámetro	Valor a utilizar
Factor Máximo Horario (F_{MH})	1,80
Factor Máximo Diario (F_{MD})	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 domiciliar.
- 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

Simbología	Definición
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 mínimo a lo largo del día, el cual se considera como el 50% del caudal promedio, siendo que en todos los tramos este valor es inferior a 1.5 l/s se adopta este último como valor del caudal mínimo empleado en el cálculo de las pendientes de los tramos del proyecto, según recomendaciones seguidas en el Departamento de Diseño de la UEN Programación y Control de AyA.

Cuadro 3: Parámetros de Diseño Empleados

Parámetro		Unidades	Fuente
Dotación domiciliar	260	L/hab/d	Ing. Isidro Solís-AyA
Dotación Comercial	50	L/hab/d	Código Inst. Hidráulicas CFIA
Factor de Hacinamiento Calle Blancos	3,4	hab/casa	Censo 2011 Distrito Calle Blancos
Aporte Comercial	6,0	l/d/m ² de área comercial efectiva	Código Inst. Hidráulicas CFIA
Área útil promedio por local	80,0	m ²	El Diseñador
Aporte por local comercial	0,0056	l/s/local	
C (residencial)	0,8		El Diseñador
C (comercial)	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)
Calle Los Castro								
Viviendas Actuales	81	0	275	0,7	0,1	0,7	1,3	1,5
Saturación	86	0	292	0,7	0,1	0,8	1,3	1,5

* Se considera un 10% del Q 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 proyecto.

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 los malos olores, 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. Este valor de Tensión Tractiva Mínima fue establecido en un valor de 1 Pa (N/m^2).

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 (τ) a lo largo del perímetro mojado se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\tau = \gamma R_H S$$

Dónde:

γ : 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 los líquidos cloacales, 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 del sistema los caudales captados son muy pequeños, por lo cual es recomendable asumir un caudal teórico que facilite el diseño. El AyA en su Reglamentación para Diseño y Construcción de Urbanizaciones y Fraccionamientos, 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.

Se utilizará un valor de coeficiente de Manning de 0.01 correspondiente a tubos de PVC (cloruro de polivinilo) o de PEAD (polietileno de alta densidad).

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 Coefficiente 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

Material	Coefficiente de Manning
PVC	0,010
Polietileno de Alta Densidad	0,010
Hierro Dúctil	0,011
Acero sin Revestir	0,012
Concreto ASTM C14 – C76	0,013

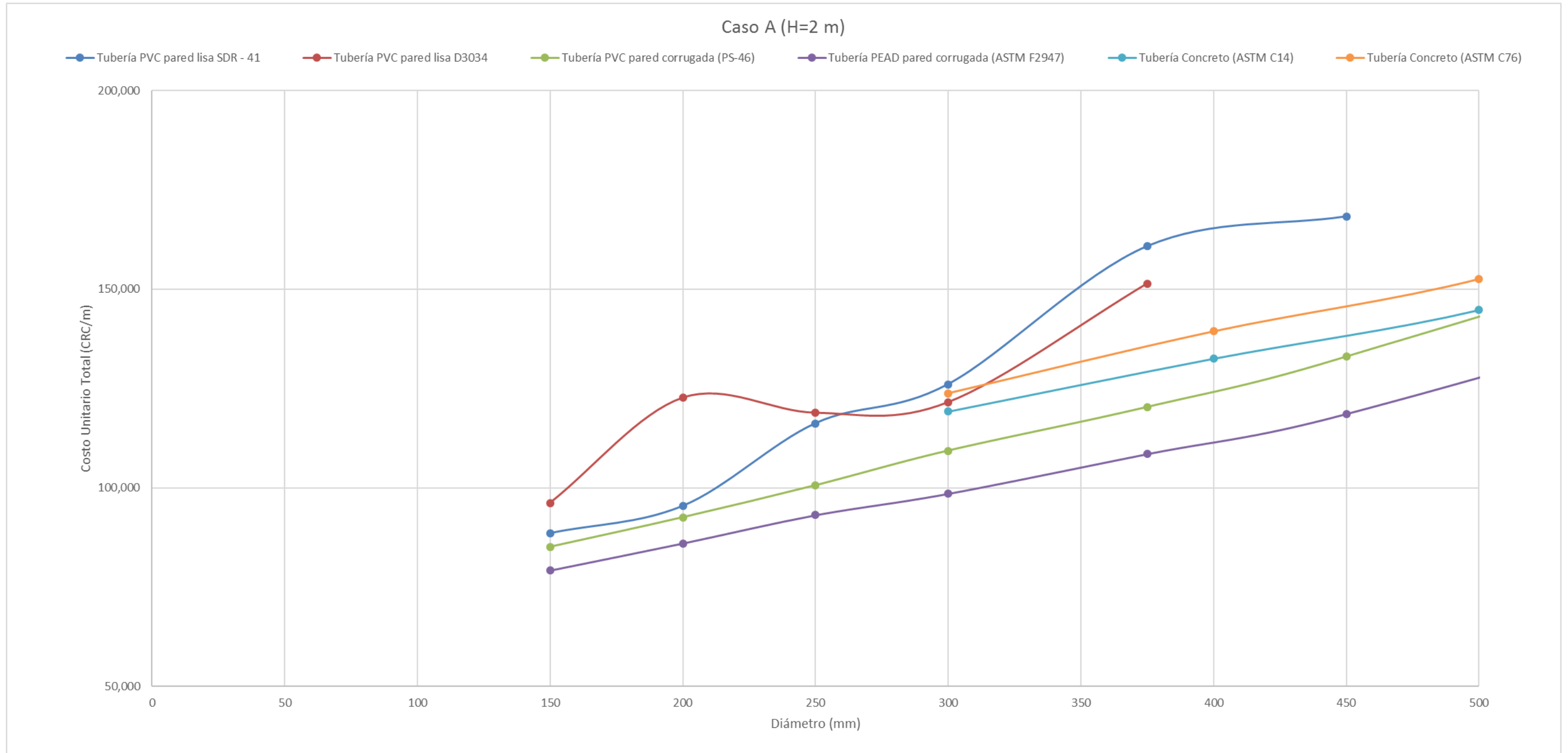
8 Análisis Económico para Escogencia del Material de Tubería a Instalar

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.

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				Material	Diámetro (mm)	Q (l/s)	Pendiente (%)	V (m/s)	Tensión Tractiva (Pa)	Longitud (m)
Inicial	Nivel	Final	Nivel							
MH-1	1147.73	MH-2	1147.10	PEAD	200	1.5	3.9	1.02	9.3	16.00
MH-2	1147.10	MH-3	1146.99	PEAD	200	1.5	1.0	0.64	12.8	10.83
MH-7	1147.18	MH-3	1146.99	PEAD	200	1.5	1.2	0.68	12.3	15.50
MH-3	1146.99	MH-4	1146.85	PEAD	200	1.5	1.0	0.64	12.8	14.47
MH-4	1146.85	MH-5	1146.57	PEAD	200	1.5	1.0	0.64	12.8	27.24
MH-5	1146.57	MH-6	1146.11	PEAD	200	1.5	1.0	0.64	12.8	46.33

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

POZOS				Material	Diámetro (mm)	Q (l/s)	Pendiente (%)	V (m/s)	y / D (%)	Longitud (m)
Inicial	Nivel	Final	Nivel							
MH-1	1147.73	MH-2	1147.10	PEAD	200	1.2	3.9	0.96	8.3	16.00
MH-2	1147.10	MH-3	1146.99	PEAD	200	1.2	1.0	0.6	11.5	10.83
MH-7	1147.18	MH-3	1146.99	PEAD	200	0.1	1.2	0.3	3.5	15.50
MH-3	1146.99	MH-4	1146.85	PEAD	200	1.3	1.0	0.61	12	14.47
MH-4	1146.85	MH-5	1146.57	PEAD	200	1.3	1.0	0.61	12	27.24
MH-5	1146.57	MH-6	1146.11	PEAD	200	1.3	1.0	0.61	12	46.33

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)