



POSGRADOS

MAESTRÍA EN

SISTEMAS HIDRÁULICOS URBANOS DE ABASTECIMIENTO Y PROTECCIÓN

RPC-SO-24-NO.381-2022

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

COMPARACIÓN HIDRÁULICA Y
ECONÓMICA EN SISTEMAS DE
ALCANTARILLADO CON TUBERÍA DE
PRFV Y PVC MEDIANTE LA
HERRAMIENTA DE MODELACION
SEWERGEMS, CASO DE ESTUDIO
BARRIO LA JOYA, PARROQUIA
CUTUGLAGUA, CANTON MEJÍA

AUTORES

FRANCISCO GUILLERMO CARRERA VALDIVIESO
ERIKA GABRIELA FLORES QUINCHIMBLA

DIRECTOR:

MARÍA GABRIELA SORIA PUGO

QUITO – ECUADOR

2024



Autores:



Francisco Guillermo Carrera Valdivieso
Ingeniero Civil
Candidato a Magíster en Sistemas Hidráulicos Urbanos de
Abastecimiento y Protección por la Universidad Politécnica
Salesiana – Sede Quito.
franc1410@hotmail.com



Erika Gabriela Flores Quinchimbla
Ingeniera Civil
Candidata a Magíster en Sistemas Hidráulicos Urbanos de
Abastecimiento y Protección por la Universidad Politécnica
Salesiana – Sede Quito.
gabyruflores@hotmail.com

Dirigido por:



María Gabriela Soria Pugo
Ingeniera Civil
Magíster en Recursos Hídricos Con Mención En Gestión Y Manejo
Ambiental Del Agua
msoria@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2024 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Francisco Guillermo Carrera Valdivieso

Erika Gabriela Flores Quinchimbla

COMPARACIÓN HIDRÁULICA Y ECONÓMICA EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO CON TUBERÍA DE PRFV Y PVC MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE MODELACION SEWERGEMS, CASO DE ESTUDIO BARRIO LA JOYA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTON MEJÍA

DEDICATORIA

A mí mismo, por nunca rendirme, por persistir incluso cuando los desafíos parecían insuperables, y por mantener viva la llama de la pasión y el compromiso en este viaje hacia mi titulación. A cada paso dado, a cada obstáculo superado, y a cada lección aprendida en el camino, esta dedicación es para mí, como recordatorio de mi fuerza interior y determinación. Que este logro sea el testimonio de mi perseverancia y el comienzo de nuevas metas y sueños por alcanzar

FRANCISCO GUILLERMO CARRERA VALDIVIESO

A mí misma,

Con gratitud y admiración por mi perseverancia, dedicación y esfuerzo a lo largo de este desafiante camino. Cada momento de duda, cada sacrificio y cada noche de estudio han culminado en este logro significativo. Este proyecto no solo representa un hito académico, sino también una prueba de mi capacidad para superar obstáculos y perseguir mis sueños con determinación.

Hoy celebro no solo el final de una etapa, sino también el inicio de nuevas aventuras y oportunidades. Me enorgullece reconocer el crecimiento personal y profesional que he experimentado, y me comprometo a seguir aprendiendo y avanzando con la misma pasión y compromiso que me han traído hasta aquí.

ERIKA GABRIELA FLORES QUINCHIMBLA

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a la Ing. Gabriela Soria por su orientación experta, apoyo constante y dedicación durante todo el proceso de mi proyecto de titulación. También quiero agradecer a mis padres, hermanos, tíos y mi novia, por su invaluable ayuda y motivación. Este logro no habría sido posible sin su generosidad y compromiso. ¡Gracias!

FRANCISCO GUILLERMO CARRERA VALDIVIESO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la ing. Gaby Soria, por su invaluable guía y apoyo durante el desarrollo de este proyecto. Su paciencia, conocimiento y constante motivación han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

ERIKA GABRIELA FLORES QUINCHIMBLA

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	10
Abstract	11
1 Introducción.....	12
2 Determinación del Problema.....	13
2.1 Problema.....	13
2.2 Importancia y Alcance	14
3 Objetivo	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 Marco teórico referencial.....	15
4.1 Fichas Técnicas	16
4.2 Levantamiento de Información.....	17
4.2.1 Población.....	17
4.2.2 Tasa de crecimiento.....	17
4.2.3 Información catastral.....	18
4.2.4 INAMHI.....	18
4.3 Estudio Hidrológico.....	18
4.4 Evaluación económica	19
4.5 Comparación Hidráulica.....	19
4.6 Modelación hidráulica	20
5 Materiales y metodología.....	20
5.1 Área de estudio	21
5.2 Metodología.....	21
5.2.1 Topografía	22
5.2.2 Trazado de la Red	22
5.2.3 Modelo Hidráulico	22
5.2.4 Velocidad de Diseño	24
5.2.5 Presupuesto.....	24
6 Resultados y discusión.....	25
6.1 Resultados Hidráulicos.....	25

6.2	Resultados Económicos	27
7	Conclusiones	28
8	Referencias	30
9	Anexos	32

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades del PVC y PRFV	16
Tabla 2.	Tasa de crecimiento promedio anual	17
Tabla 3.	Ecuaciones IDF para la estación Izobamba	18
Tabla 4.	Parámetros de diseño	22
Tabla 5.	Cotización tubería PRFV	24
Tabla 6.	Cotización tubería PVC.....	25
Tabla 7.	Análisis económico	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Delimitación del Proyecto	21
Figura 2.	Configuración del Solver	23
Figura 3.	Esquema de Comparación de Velocidades	26
Figura 4.	Relación de llenado menor al 85%	26
Figura 5.	Precios de las tuberías de PRFV y PVC	28

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1.	Caudales de diseño.....	32
Anexo 2.	Datos y Resultados del PRFV.....	33
Anexo 3.	Datos y Resultados PVC	36
Anexo 4.	Cotización.....	40

COMPARACIÓN HIDRÁULICA Y
ECONÓMICA EN SISTEMAS DE
ALCANTARILLADO CON
TUBERÍA DE PRFV Y PVC
MEDIANTE LA HERRAMIENTA
DE MODELACION SEWERGEMS,
CASO DE ESTUDIO BARRIO LA
JOYA, PARROQUIA
CUTUGLAGUA, CANTON MEJÍA

AUTOR(ES):

FRANCISCO GUILLERMO CARRERA VALDIVIESO
ERIKA GABRIELA FLORES QUINCHIMBLA

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se centra en comparar, tanto hidráulica como económicamente, las tuberías de PVC y PRFV en el uso de alcantarillados, debido a su viabilidad como opciones duraderas y resistentes, con una vida útil de aproximadamente 50 años. Actualmente, el Barrio La Joya cuenta con una red de alcantarillado combinado construida con tuberías de PVC. Los sistemas de alcantarillado en el país no disponen de un plan preventivo de mantenimiento, por lo que es necesario explorar otros tipos de materiales que no requieran mantenimientos continuos y costosos a lo largo de la vida útil del proyecto, evitando así afectar a los pobladores de la zona de estudio en el futuro. Para evaluar el desempeño hidráulico del sistema, se utilizó el software de modelación SewerGems, planteando dos escenarios: uno con tuberías de PVC y otro con tuberías de PRFV. Se siguió el mismo trazado de la red para ambos casos, ajustando las condiciones de diseño de acuerdo con las fichas técnicas proporcionadas por el proveedor local, Rival. Los resultados de la comparación hidráulica, obtenidos a partir de la modelación y respaldados por una hoja de cálculo manual realizada en Excel, mostraron que las tuberías de PVC satisfacen mejor las condiciones de diseño para el caso de estudio, cumpliendo con los rangos de velocidad y relación de llenado. En cambio, las tuberías de PRFV no cumplen con las condiciones de diseño, ya que las velocidades superan el límite máximo recomendado por el proveedor. En el aspecto económico, se evidenció que las tuberías de PVC son significativamente más económicas que las de PRFV.

Palabras clave:

Alcantarillado; modelación; hidráulica; comparación; económica.

ABSTRACT

This research project focuses on comparing, both hydraulically and economically, PVC and GRP pipes in the use of sewers, due to their viability as durable and resistant options, with a useful life of approximately 50 years. Currently, the La Joya neighborhood has a combined sewer network built with PVC pipes. The sewage systems in the country do not have a preventive maintenance plan, so it is necessary to explore other types of materials that do not require continuous and expensive maintenance throughout the useful life of the project, thus avoiding affecting the residents of the country. the study area in the future. To evaluate the hydraulic performance of the system, the SewerGems modeling software was used, proposing two scenarios: one with PVC pipes and the other with GRP pipes. The same network layout was followed for both cases, adjusting the design conditions in accordance with the technical sheets provided by the local supplier, Rival. The results of the hydraulic comparison, obtained from the modeling and supported by a manual spreadsheet made in Excel, showed that the PVC pipes better satisfy the design conditions for the case study, complying with the speed ranges and filling ratio. On the other hand, GRP pipes do not meet the design conditions, since the velocities exceed the maximum limit recommended by the supplier. On the economic aspect, it was evident that PVC pipes are significantly cheaper than GRP pipes.

Keywords:

Sewerage; modeling; hydraulics; comparison; economical.

1 INTRODUCCIÓN

Se plantea comparar hidráulica y económicamente las tuberías de PVC y PRFV en el uso de alcantarillados, debido a su viabilidad como opciones duraderas y resistentes con una vida útil de aproximadamente 50 años, lo que los hace atractivos para la construcción de alcantarillados. Estos materiales presentan diferencias notables como son el periodo de diseño, la rugosidad, resistencia a la corrosión y costos.

Actualmente en el Barrio La Joya se cuenta con una red de alcantarillado combinado diseñado con el material de PVC, el cual prácticamente es nuevo colocado hace 2 años por el GAD de Mejía y hasta la fecha no se presenta ningún tipo de problema debido a su buen funcionamiento hidráulico.

El diseño del alcantarillado combinado cumple con todas las bases de diseño contemplado en la normativa INEN, Secretaría del Agua y EMAPO, como velocidades, profundidades, pendientes y diámetros de diseño. Teniendo un área de 19.50ha, cuenta con varios colectores de diámetros entre 300mm a 700mm, con velocidades entre 0.5m/s a 10m/s, con una profundidad mínima de pozos de 1.80m.

Es importante tener en cuenta que cada tipo de tubería tiene sus propias características, ventajas y desventajas en términos de resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, durabilidad, flexibilidad y costo. Por lo tanto, la comparación detallada de estos factores puede ayudar en la selección de la opción de tubería más adecuada para un proyecto en particular, proyecto el cual depende del agua residual que se va a tratar, según los usos de suelos si son residenciales, comerciales o industriales lo que llevará al diseñador tomar una decisión técnica de que material es más factible.

Por ejemplo, el PRFV es un material más resistente y duradero que el PVC, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones en las que la tubería está expuesta a cargas pesadas o altos niveles de corrosión. Además, el PRFV tiene una mayor resistencia a la fatiga, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en las que la tubería está sujeta a ciclos

repetidos de carga y descarga. Sin embargo, el PRFV es más costoso que el PVC y requiere una instalación especializada, lo que puede aumentar los costos generales del proyecto.

Por otro lado, el PVC es un material más ligero y económico que el PRFV, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere una instalación rápida y económica. Sin embargo, el PVC tiene una menor resistencia a la corrosión y la fatiga que el PRFV, lo que lo hace menos adecuado para aplicaciones en las que se requiere una mayor durabilidad. Dicha durabilidad del PRFV depende de varios factores, como la calidad del material, el diseño de la tubería, la exposición al ambiente y la instalación adecuada. Es importante considerar todos estos factores al seleccionar y diseñar sistemas de tuberías de PRFV para garantizar su durabilidad y vida útil.

Además, es importante tener en cuenta los factores ambientales específicos de la ubicación del proyecto al seleccionar el tipo de tubería adecuado. Por ejemplo, en áreas con altos niveles de contaminación industrial, la corrosión de la tubería puede ser un problema importante, lo que hace que el PRFV sea una opción más adecuada.

La comparación detallada de materiales de tubería como el PRFV y el PVC es importante para seleccionar la opción de tubería más adecuada para un proyecto de alcantarillado específico. Al considerar los factores de resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, durabilidad, flexibilidad y costo, los ingenieros pueden seleccionar la opción de tubería adecuada que satisfaga las necesidades específicas del proyecto.

2 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 PROBLEMA

En el Ecuador los sistemas de alcantarillado no poseen un correcto mantenimiento por no decir que es nulo, por lo que es imperativo analizar que materiales se pueden usar que no generen molestias en un largo periodo de tiempo, como ya se conoce el PVC y el PRFV tienen un periodo de vida útil de 50 años.

Dentro del presupuesto del GAD Mejía no se considera para nada eventualidades como cambio de alcantarillados, por lo general no son considerados en el POA, lo que genera un gasto fuerte al tener que cambiar la red de alcantarillado. Debido a que no cuenta con un plan maestro que detalle por sectores la información de los colectores, y si estos están próximos a cumplir su vida útil, todo debido a la inoperancia de administraciones anteriores donde nunca se dejaba información de los trabajos realizados, y si se lo dejaba jamás, se llevaba un registro que facilite la identificación de algunos proyectos, lo cual perjudica a futuro a los pobladores de las distintas parroquias de este cantón.

2.2 IMPORTANCIA Y ALCANCE

En este proyecto de investigación se realizará una comparación hidráulica y económica para los materiales de PVC y PRFV, buscando demostrar que material es técnicamente viable con respecto al impacto económico y eficiencia hidráulica de un proyecto, beneficiando al sector de la construcción tanto a entidades contratantes como a contratistas.

Al demostrar ventajas y desventajas de los materiales para este caso de estudio podrá optar por PVC si así lo dictaminen los resultados de la investigación o PRFV como un material atractivo para diseñadores y constructores gracias a sus diferencias con el material a comparar.

Esta comparación afectará varios ámbitos, siendo el factor económico uno de los más importantes. La posibilidad de utilizar PRFV, un material no tan común, podría permitir una mejor distribución de fondos, en cuanto a los proyectos que se consideren en el POA del cantón, permitiendo tal vez ejecutar más proyectos y solventar problemas de más usuarios.

Para la parte de los contratistas la durabilidad puede ser su aliada ya que está comprobado que el PRFV es mucho más resistente que el PVC a lo largo del tiempo, y su resistencia a agentes corrosivos y abrasivos lo hacen un material atractivo para sistemas de alcantarillados que requieran considerar estos parámetros. Además de acuerdo con la ASTM D 2996-01 (2017) los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo han

demostrado que las tuberías de PRFV pueden mantener su estructura física y calidad hidráulica a lo largo del tiempo a pesar de las duras condiciones ambientales.

El uso de materiales duraderos, como las tuberías PRFV, en el barrio La Joya 2 traería beneficios a largo plazo al evitar problemas de contaminación causados por una sobrecarga hidráulica del sistema de alcantarillado debido a la finalización del período de vida útil. Las tuberías PRFV tienen una vida útil más larga y resisten la corrosión, lo que reduce la necesidad de reemplazo y disminuye el riesgo de desbordamientos. Esto proporciona un sistema de alcantarillado más confiable y seguro para los residentes del barrio, evitando problemas de contaminación y mejorando la calidad de vida a largo plazo.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar las propiedades y características de la tubería de PRFV y PVC en el diseño de sistemas de alcantarillado, mediante la modelación usando la herramienta Sewergems para determinar cuál es el material más adecuado en términos de rendimiento hidráulico, resistencia mecánica y durabilidad.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el rendimiento hidráulico de la tubería de PRFV y PVC mediante modelación hidráulica utilizando el software SewerGems, para conocer cuál es la mejor opción.
- Comparar los resultados de las evaluaciones de ambos materiales y seleccionar la opción de tubería adecuada para el proyecto específico en función de los requisitos de rendimiento, durabilidad y costo.

4 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Previo al diseño de alcantarillado, es primordial conocer los parámetros de diseño para así escoger la opción más beneficiosa en relación técnico-económica. Los parámetros para considerar son:

- Población
- Caudal de diseño
- Material
- Velocidad
- Profundidad máxima
- Relación de llenado

El material es un parámetro muy influyente debido a que regirá los valores normados de velocidades tanto máximos como mínimos y el coeficiente de rugosidad.

El coeficiente de rugosidad se obtiene de forma experimental, en este proyecto se usará los que se encuentran en las fichas técnicas de cada material.

La velocidad depende de la rugosidad y, por consiguiente, del material. Está normada por EMAAP de Quito, cuyas directrices pueden ser aplicadas en este estudio, sugiriendo valores de 0.45m/s para velocidad mínima y para velocidad máxima de 10m/s. (Plásticos Rival y Tuberías PVC corrual tipo B. (2018)

4.1 FICHAS TÉCNICAS

Se utilizarán las fichas técnicas proporcionadas por un proveedor local denominado Rival, en la Tabla 1 se presentan resumidas las características hidráulicas de cada material. Estos datos son fundamentales para la comparación hidráulica.

Tabla 1. Propiedades del PVC y PRFV

	PVC	PRFV
Longitud útil	6 m	14 m
Vida útil	50 años	50 años
Velocidad de diseño	10.00 m/s	3.00 m/s
Rugosidad	0.010	0.009
Diámetros	110mm – 975mm	200mm – 2500mm

Nota. Resumen de características hidráulicas. Fuente: Manual de tubería PRFV. (2023, noviembre). Plásticos Rival y Tuberías PVC corrugal tipo B. (2018). Plásticos Rival.

4.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.2.1 POBLACIÓN

La población beneficiada por este proyecto está compuesta por los residentes de las 274 viviendas ubicadas en la zona de estudio, totalizando 1370 habitantes del Barrio La Joya. Estos datos demográficos son cruciales para dimensionar adecuadamente el sistema de alcantarillado y asegurar que el diseño cumpla con las necesidades actuales y futuras de la comunidad.

4.2.2 TASA DE CRECIMIENTO

Gracias al Censo Poblacional del 2022, se obtuvo la tasa de crecimiento anual de la parroquia de Cutuglagua, la cual es del 3.62%. Este dato es crucial para el cálculo de la población futura, que se realizará utilizando el método geométrico. Según este método, se proyecta que la población del barrio La Joya alcanzará los 12,960 habitantes en el futuro.

Tabla 2. Tasa de crecimiento promedio anual

Provincia, cantón y parroquia de residencia	Población 2010	Población 2022	Tasa de crecimiento promedio anual 2010 a 2022
Pichincha Mejía Machachi	27,986	32,814	1.33
Pichincha Mejía Alóag	9,185	10,319	0.97
Pichincha Mejía Aloasí	9,581	12,530	2.24
Pichincha Mejía Cutuglagua	16,452	25,422	3.62
Pichincha Mejía El Chaupi	1,438	1,425	-0.08
Pichincha Mejía Manuel Cornejo Astorga	3,446	3,341	-0.26
Pichincha Mejía Tambillo	8,235	9,851	1.49
Pichincha Mejía Uyumbicho	4,616	6,192	2.45

Nota. Datos poblacionales del Censo 2022. Fuente: (Censo Ecuador, 2023)

4.2.3 INFORMACIÓN CATASTRAL

“La información catastral del cantón Mejía, cuenta con la información de viviendas y distribución de lotes de toda la zona. Es decir, se tiene el inventario o registro público del barrio, lo cual será de utilidad para determinar las zonas permeables y semi permeable del barrio la Joya, para de esta forma considerarlo posteriormente considerarlo en el caudal pluvial.” (Carrera, 2022)

4.2.4 INAMHI

“El estudio de lluvias intensas desarrollado por el INAMHI se utilizará para el cálculo de intensidades máximas de precipitación. Para lo cual se usarán las ecuaciones del método nuevo del estudio y la estación meteorológica más cercana que es la estación de Izobamba que cuenta con las siguientes ecuaciones que dependen del tiempo de concentración.” (Carrera, 2022)

Tabla 3. Ecuaciones IDF para la estación Izobamba

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO	ECUACIONES
CÓDIGO	NOMBRE	(MINUTOS)	
M003	IZOBAMBA	5<30	$i = 164.212 * T^{0.165} * t^{-0.4326}$
		30<120	$i = 371.072 * T^{0.1575} * t^{-0.6771}$
		120<1400	$i = 929.503 * T^{0.1614} * t^{-0.8773}$

Nota. Ecuaciones tomadas del estudio de intensidades. Fuente: INAMHI (2019)

4.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

“El análisis hidrológico permite obtener los caudales pico para periodos de retorno de 10, 25, 30, 50 y 100 años. Para el diseño de un alcantarillado según normativa EMAAP-Q (2009) debe proyectarse como mínimo 25 años y mediante el método racional determinar los caudales pico del sector, cabe recalcar que el método racional será de utilidad hasta cuencas de 200ha ().” (Carrera, 2022)

A continuación, se detalla la ecuación que es usada para el método racional:

$$Q = c * i * A / 360$$

(1)

Q=Caudal Pico (m^3/s)

i= Intensidad de precipitación (mm/h)

A= Área de la cuenca de aporte (ha)

4.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En la evaluación económica de este proyecto, se pretende comparar los aspectos financieros asociados con el uso de tuberías de PVC y PRFV en sistemas de alcantarillado. Esta evaluación permitirá optimizar la inversión y proporcionará a los técnicos la información necesaria para tomar decisiones informadas respecto a la parte económica. Además, la elección del material adecuado en términos de capacidad hidráulica puede reducir significativamente los costos a largo plazo.

La elección del material adecuado para el alcantarillado implica consideraciones económicas cruciales. El criterio económico principal que se evaluará en este proyecto es el costo de adquisición de cada material, comparando los costos de cada diámetro utilizado en el diseño. Para ello, se solicitarán cotizaciones a empresas locales que fabriquen tuberías de PRFV y PVC.

4.5 COMPARACIÓN HIDRÁULICA

El objetivo del análisis es comparar la eficiencia hidráulica de las tuberías de PRFV y PVC. La correcta elección del material para las tuberías de alcantarillado desempeña un papel crucial en la capacidad de transportar las aguas residuales y pluviales, ya que no solo puede mejorar la eficiencia del sistema, sino que también puede reducir los costos operativos y de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Este análisis busca ofrecer una base técnica para la selección del material más adecuado no solo para el sistema de alcantarillado del Barrio La Joya, sino también para barrios con características similares.

Al examinar las características hidráulicas de cada material, como el coeficiente de rugosidad, la relación de llenado, las velocidades y la capacidad de transporte de sedimentos, se pretende determinar cuál de las dos opciones ofrece un mejor rendimiento hidráulico. Este estudio proporcionará datos valiosos que pueden guiar a las entidades contratantes y a los contratistas en la toma de decisiones informadas, optimizando así la inversión en infraestructura de alcantarillado.

4.6 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para la modelación hidráulica se utilizará el software SewerGEMS. Este programa de ingeniería permite analizar, diseñar y operar sistemas de alcantarillado sanitario y combinado. Con SewerGEMS, se pueden reducir los riesgos al garantizar que el modelo utilice los mejores datos disponibles, incorporando capacidades hidráulicas e hidrológicas, así como diversos métodos de calibración para climas húmedos. Además, se pueden crear fácilmente escenarios hipotéticos para obtener una mejor comprensión de los sistemas de aguas residuales y tomar decisiones informadas, lo que mejora los tiempos de respuesta (Roberto, 2023).

El software permite producir diseños óptimos para la planificación de alcantarillado urbano y el análisis de remediación de desbordes en un entorno fácil de usar. Puede diseñar y operar sistemas de alcantarillado sanitario o de transporte combinado utilizando capacidades hidráulicas e hidrológicas integradas con una variedad de métodos de cálculo para climas secos y húmedos (Bentley Systems, 2024). En el contexto de este proyecto, SewerGEMS se empleará para comparar las características hidráulicas de las tuberías de PVC y PRFV, proporcionando una base técnica sólida para la toma de decisiones informadas sobre la selección de materiales para el sistema de alcantarillado del Barrio La Joya.

5 MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1 ÁREA DE ESTUDIO

El barrio la Joya pertenece a la parroquia de Cutuglagua, ubicada en el cantón Mejía. El proyecto abarca una extensión de 19,50 ha. El terreno presenta una topografía irregular, y según la información catastral del Cantón Mejía existen 274 lotes con 266 viviendas, datos que serán de utilidad para determinar la población actual. Como georreferenciación el proyecto se muestran las siguientes coordenadas UTM, Este: 772446.10, Norte: 9957814.90, para una mejor interpretación referirse a la Figura 1.

Figura 1. Delimitación del Proyecto



Nota: Delimitación del proyecto. Elaborado por: Los autores, a través de QGis.

5.2 METODOLOGÍA

El enfoque para la comparación hidráulica y económica se centra siempre teniendo presente el aspecto económico. Se busca garantizar que se cumplan todas las condiciones de diseño para que exista un correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil, tanto para PRFV como PVC.

Para lo cual se recopiló la información de la normativa de diseño vigente, las fichas técnicas de cada material y realizar el modelado con la herramienta SewerGems con el fin de tener datos de forma veraz y certera de la propuesta en cada caso.

5.2.1 TOPOGRAFÍA

La topografía del proyecto es primordial para obtener las elevaciones del terreno para así poder determinar la pendiente natural del terreno. El proyecto se desarrolla en una superficie de terreno que tiene como punto más alto la cota de 3054.28m y el punto más bajo es de 2970.68m, es un terreno que presenta varias calles de distintas pendientes, pero en su mayoría son pronunciadas debido a la topografía del sector.

5.2.2 TRAZADO DE LA RED

El trazado de la red se diseñó considerando una profundidad máxima de 5 metros en cada pozo. Sin embargo, cerca de la descarga, esta profundidad aumenta para cumplir con las velocidades máximas requeridas. El diseño de la red será idéntico tanto para el material de PRFV como para el PVC, ya que se ajusta mejor a la rasante y resulta económico en términos de excavaciones, rellenos y compactación del terreno.

5.2.3 MODELO HIDRÁULICO

El modelo hidráulico fue realizado con el uso del programa SewerGems, para lo cual se debió declarar las constantes de diseño basado en las fichas técnicas de los materiales y la norma de la EMAPS 2009. Los parámetros de diseño a considerar fueron los siguientes:

Tabla 4. Parámetros de diseño

Parámetro	Material PRFV	Material PVC	Unidad
Profundidad min	1.5	1.5	m
Profundidad max	5	5	m
Velocidad min	0.5	0.5	m/s
Velocidad max	3	10	m/s
Relación de llenado	85	85	%
Periodo de diseño	50	50	años
Coefficiente de rugosidad	0.009	0.010	

Nota: Valores de los parámetros de diseño. Elaborado por: Los autores

El modelado empezó, transportando la topografía del caso de estudio con la herramienta TRex donde se pudo ya contar con la información de la elevación del terreno, y con esto empezar lo que es el trazado de la red de alcantarillado ubicando pozos en cada cruce de calle o algún cambio de dirección del flujo.

El programa SewerGems permite realizar el diseño de la red de alcantarillado como se configure el Solver del programa, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2. Configuración del Solver

<General>	
ID	508
Label	Analisis PRFV Y PVC
Notes	
Active Numerical Solver	GVF-Convex (SewerCAD)
Time Analysis Type	Steady State
Calculation Type	Analysis
Start/Stop Inverts Use Sump Depth	False
Measure Sump Depth To	Conduit Invert
> Convex Routing	
> Gravity Hydraulics	
Maximum Network Traversals	10
Tractive Stress (Global Minimum) (N/m ²)	0.0
Flow Convergence Test	0.001
Flow Profile Method	Capacity Analysis
Number of Flow Profile Steps	10
Hydraulic Grade Convergence Test (m)	0.00
Average Velocity Method	Actual Uniform Flow Velocity
Minimum Structure Headloss (m)	0.00
Governing Upstream Pipe Selection Method	Pipe with Maximum QV
Structure Loss Mode	Hydraulic Grade
Save Detailed Headloss Data?	False
Gravity Friction Method	Manning's

Nota: Valores del Solver de Sewergems. Elaborado por: Los autores

El Solver fue configurado con la opción de Análisis debido a que una forma de cerciorarse que los datos del programa fueron veraces fue co una hoja de cálculo interactiva que permitía comparar los resultados de la herramienta Sewergems y la hoja de Excel.

De aquí las opciones para tener en cuenta es el “Active Numerical Solver” que prácticamente puede aplicarse a alcantarillas sanitarias y combinadas, especialmente aquellas con mucho bombeo o presión, y aquellas que sólo requieren un análisis de estado estacionario.

Otra opción importante es configurar el método de fricción a gravedad con el método de Manning para realizar los cálculos de acuerdo con la información de las fichas técnicas

El modelo hidráulico fue configurado de tal forma que se realice el análisis, para lo cual se ingresaron caudales de diseño, diámetros y profundidad de los pozos, obteniendo resultados en cada caso.

5.2.4 VELOCIDAD DE DISEÑO

La condición de diseño que fue determinante al momento de la comparación hidráulica fue la velocidad máxima que podía soportar cada material, el PVC soporta velocidad de 10m/s (Tuberías PVC Corruval Tipo B, 2018) y el PRFV una velocidad de 3m/s para tuberías son sólidos suspendidos (Manual de Tubería PRFV, 2023).

Para cumplir este requisito según lo estipulado en las fichas técnicas del fabricante se debía cambiar la profundidad del pozo o los diámetros de los colectores de los distintos tramos de la red de alcantarillado, con la condición de mantener el trazado más económico y no exceder los 5m.

5.2.5 PRESUPUESTO

El único proveedor local que fabrica tuberías en materiales de PVC y PRFV es la empresa Rival, a la cual se solicitó la cotización y proporcionaron la siguiente información en cuanto al precio de cada material.

Tabla 5. Cotización tubería PRFV

PRFV			
D (MM)	LONGITUD	US\$/Unidad	US\$/Total
400	3031,49	\$ 74,50	\$ 225.846,01
500	109,89	\$ 88,90	\$ 9.769,22
600	430,57	\$ 106,42	\$ 45.821,26
800	241,07	\$ 150,12	\$ 36.189,43

Nota: Presupuesto referencial de las tuberías de PRFV. Fuente: Plásticos Rival (2024)

Tabla 6. Cotización tubería PVC

PVC			
D (MM)	LONGITUD	US\$/Unidad	US\$/Total
300	2162,14	\$ 77,52	\$ 27.983,64
400	509,66	\$ 134,64	\$ 11.436,77
500	416,64	\$ 209,00	\$ 14.630,00
600	52,94	\$ 294,25	\$ 2.596,27
700	430,57	\$ 385,00	\$ 27.628,24
800	241,07	\$ 539,00	\$ 22.099,00

Nota: Presupuesto referencial de las tuberías de PVC. Fuente: Plásticos Rival (2024)

Las tablas presentadas representan solo el costo directo del material, sin incluir la puesta en obra. Conociendo el precio de cada diámetro se realizará la comparación económica y se determinará cuál de los dos materiales es el más conveniente con respecto al costo, para esto se sumará el precio de cada diámetro y se obtendrá el costo inicial de inversión de las tuberías, el cual al dividirlo para los años de vida útil se podrá estimar el costo anual de cada material.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 RESULTADOS HIDRÁULICOS

Al mantener un mismo trazado conservando las mismas profundidades para los dos casos y cambiando únicamente los diámetros se pudo notar que las velocidades máximas se respetaban solo en un caso y era el PVC, mientras que el PRFV presentaba velocidades superiores a las que la ficha técnica recomienda.

Se mantuvo el mismo trazado por un motivo, el cual fue la economía del proyecto si bien es cierto el material de PRFV es un buen producto para el alcantarillado el solo soportar velocidades para solidos suspendidos de 3m/s, limita a tener pendientes bajas, pero para el caso de estudio las elevaciones del terreno generan pendientes del 23% como máximo, lo cual no permite cumplir velocidades, y para hacerlo se debería profundizar mucho más los colectores lo que repercute en el costo del proyecto.

Como se puede observar en la Figura 5, que se muestra a continuación el PVC que es la imagen de la izquierda, las líneas verdes representan que cumple con que las velocidades menores a 10 m/s, mientras que en la imagen de la derecha representa la modelación con tubería de PRFV, se puede ver tramos de color rojo que son los colectores que no cumplen con la velocidad máxima, es decir sobrepasan los 3 m/s que soporta este material.

Figura 3. Esquema de Comparación de Velocidades



Nota: Gráfico de la izquierda PVC, velocidad de 10m/s y derecha 3m/s de PRFV. Elaborado por: Los autores, a través de SewerGems.

Otro dato importante que se tuvo que revisar fue la relación de llenado con las tuberías trabajando a flujo lleno y la capacidad de diseño, como resultado se obtuvo que para los dos casos este parámetro se cumple sin ningún problema.

Figura 4. Relación de llenado menor al 85%



Nota: Gráfico relación de llenado para PVC y PRFV. Elaborado por: Los autores, a través de Sewergems.

6.2 RESULTADOS ECONÓMICOS

En la Tabla 7 se puede apreciar la diferencia de precios que existen entre ambos materiales, el costo inicial de inversión se obtuvo de sumar el precio de cada diámetro de los diferentes materiales. Es evidente que el material más costoso es el PRFV, al utilizar este material el costo inicial de inversión solo de las tuberías llegaría a ser de \$317.625,91 más IVA. Mientras que para el material de PVC el costo inicial de inversión es de \$106.373,91 más IVA.

Si se divide el costo inicial de inversión para los años de vida útil de cada material, se obtiene el costo anual de las tuberías.

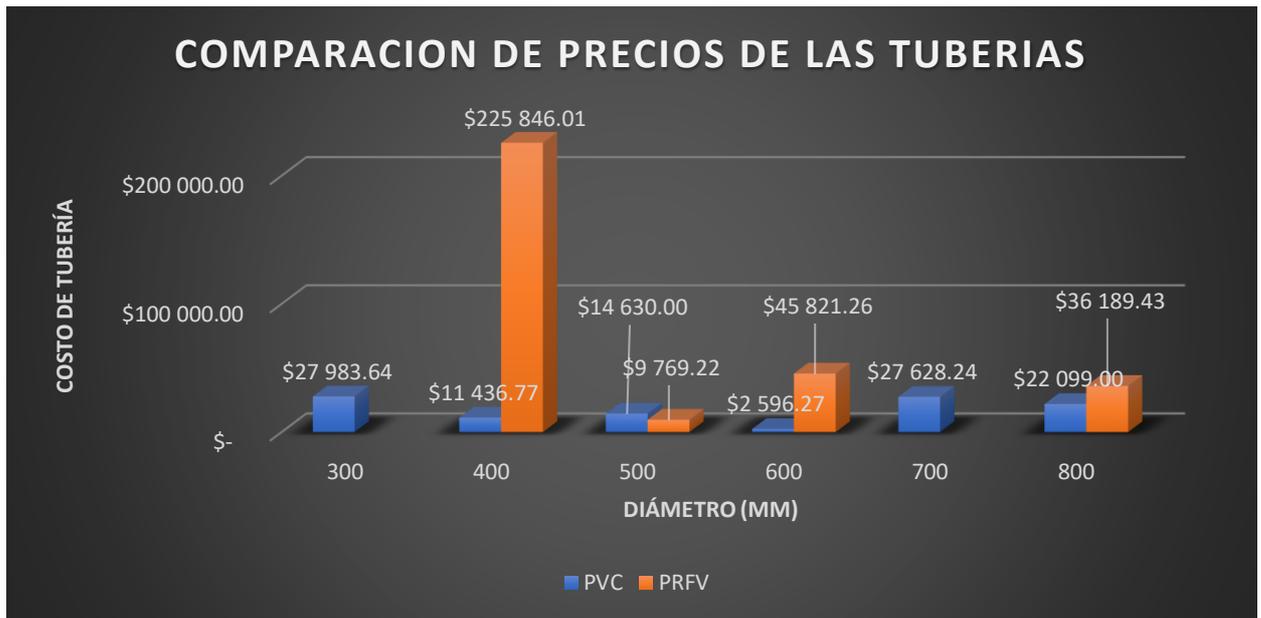
Tabla 7. Análisis económico

Parámetro	Material PRFV	Material PVC
Costo inicial de inversión	\$317.625,91	\$106.373,91
Vida útil (años)	50	50
Costo anual	\$ 6352,52	\$ 2127,48

Nota: Análisis económico de las tuberías de PVC y PRFV. Elaborado por: Los autores, a través de Excel.

El costo inicial de inversión de las tuberías de PRFV es aproximadamente 3 veces mayor que el PVC, aunque ambos duran 50 años de vida útil, el PVC tiene un costo anual mucho menor, con esto se puede determinar que a largo plazo las tuberías de PVC son más económicas.

Figura 5. Precios de las tuberías de PRFV y PVC



Nota: Comparación grafica de precios de las tuberías de PRFV y PVC. Elaborado por: Los autores, a través de Excel.

En la Figura 5 donde se presenta la comparación de precios de las tuberías se observa que el precio más elevado es de la tubería de PRFV de 400mm de diámetro, esto se debe a que el proveedor indicó que en dicho material no se disponía del diámetro de 300mm, por lo que se utilizó en el diseño para PRFV desde 400mm. Además, en el mismo material no se tuvo tuberías de diámetro de 700 mm, debido a que con este diámetro no cumplía con las condiciones de diseño. Por otro lado, en las tuberías de PVC se obtuvo una gráfica de precios distribuida en varios diámetros que van desde 300mm hasta los 800mm, en este material no se presentó ningún inconveniente a lo hora del diseño.

7 CONCLUSIONES

- Se utilizaron los mismos parámetros para el diseño con los diferentes materiales, sin embargo, los resultados hidráulicos no fueron satisfactorios en las tuberías de PRFV, puesto que en algunos tramos las características hidráulicas no estaban

dentro de los rangos establecidos en la ficha técnica proporcionada por el proveedor local Rival.

- En cuanto a la velocidad, la cual es un parámetro determinante a la hora del diseño, el PRFV al soportar velocidades de diseño de hasta 3m/s no permitía cumplir con un trazado económico, mientras que el PVC que acepta velocidad de 10m/s si lo permite.
- La pendiente máxima influye significativamente en la velocidad lo que llevó a concluir que el PRFV es una excelente opción para terrenos llanos, más no como este caso de estudio que cuenta con pendientes muy agresivas donde se vio perjudicado, requiriendo profundizar más las tuberías para cumplir con las condiciones de diseño.
- Para el diseño inicialmente se utilizó diámetros establecidos en las fichas técnicas proporcionadas por proveedor local RIVAL. Según estas se disponía de 300mm hasta 800 mm en ambos materiales, sin embargo, el proveedor, notificó que las tuberías de PRFV vienen en diámetros desde 400 mm, por lo que se tuvo que rediseñar para este material.
- En cuanto a la parte económica el costo del PVC es mucho menor en comparación al PRFV, tanto en el costo inicial de inversión como en el costo anual durante el periodo de vida útil. Se concluye que el PVC es un material económico y duradero, que además cumple con los diferentes parámetros de diseño.
- No se descarta el uso de tuberías de PRFV para alcantarillado, aunque en este caso de estudio se evidencio que no es ideal debido a que no satisface las condiciones de diseño. Este material se podría utilizar en zonas con topografía plana, en la cual no exista pendientes tan pronunciadas como en este caso. Se deja abierta la posibilidad de un estudio para la aplicación en topografías con bajas pendientes. También es importante destacar que, el PRFV es utilizado para agua de riego, pues es excelente trabajando a presión, según la ficha técnica las tuberías se fabrican para diferentes presiones.

8 REFERENCIAS

- Análisis comparativo técnico-económico entre tuberías PVC-O y PVC-U para el sistema de agua potable del Distrito de Laberinto Madre de Dios-2022.* (2022). [UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85818>
- Bentley Systems . (2024, 14 febrero). *OpenFlows SewerGEMS | Bentley Systems | Infrastructure Engineering Software Company.* Bentley Systems | Infrastructure Engineering Software Company. <https://www.bentley.com/software/openflows-sewergems/>
- Carrera, F. (2022). Diseño de la red de alcantarillado combinado; y de la planta de tratamiento de aguas residuales, barrio La Joya 2, parroquia Cutuglagua, cantón Mejía, provincia Pichincha, en el Año 2021 [Tesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21910>
- Censo Ecuador. (2023). Recuperado 13 de mayo de 2024, de <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- Dirección de Avalúos y Catastro. (2020). Catastro 2020 Mejia [Plano].
- EMAAP-Q. (2009). NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q (1.a ed.). V&M Gráficas. https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- INAMHI. (2019). Determinación de Ecuaciones para el Calculo de Intensidades Máximas de Precipitación (N.o 2).
https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf
- Manual de tubería PRFV. (2023, noviembre). Plásticos Rival.
- Roberto, B. G. D. (2023). *Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Brigada de Aviación del Ejército 15 Paquisha.* <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/36914>

Standard Specification for Filament-Wound «Fiberglass» (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe. (2017, 16 agosto). Recuperado 29 de mayo de 2024, de <https://www.astm.org/d2996-01.html>Tuberías PVC corrual tipo B. (2018). Plásticos Rival.

9 ANEXOS

Anexo 1. Caudales de diseño

Pozo	Caudal (l/s)		
P1	21.09	P41	57.97
P2	36.26	P42	22.86
P3	52.01	P43	43.45
P4	43.13	P44	28.3
P5	14.31	P45	51.49
P6	83.45	P46	50.79
P7	61.97	P47	39.6
P8	79.9	P48	28.71
P9	85.13	P49	31.36
P10	74.35	P50	57.91
P11	44.37	P51	44.74
P12	68.65	P52	44.34
P13	34.9	P53	43.12
P14	56.94	P54	31.44
P15	31.83	P55	68.93
P16	24.1	P56	61.32
P17	62.93	P57	28.95
P18	76.86	P58	75
P19	163.15	P59	34.5
P20	33.72	P60	17.59
P21	70.25	P61	0
P22	46.81	P62	26.83
P23	87.09	P63	11
P24	64.81	P64	3.24
P25	7.33	P65	24.68
P26	129.5	P66	25.15
P27	56.35	P67	3.98
P28	20.98		
P29	23.67		
P30	28.44		
P31	17.65		
P32	0.56		
P33	32.57		
P34	13.38		
P35	16.08		
P36	5.73		
P37	6.13		
P38	69.59		
P39	108.67		
P40	52.67		

Anexo 2. Datos y Resultados del PRFV

Pozo de salida	Pozo de llegada	Cota de Terreno Salida (m)	Cota de Terreno Llegada (m)	Cota Proyecto Salida (m)	Cota Terreno Llegada (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Material	Maning	Diametro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad(m/s)	Relacion de llanado (%)
P25	P26	3,018.85	3,016.82	3,016.85	3,014.82	17.13	11.85	PRFV	0.009	400	107.32	5.33	10.6
P21	P22	3,017.64	3,019.44	3,015.64	3,017.44	19.02	9.47	PRFV	0.009	400	98.72	4.8	10.9
P60	P16	2,996.75	3,001.11	2,993.85	2,996.11	29.7	7.61	PRFV	0.009	600	1,134.00	8.49	47.4
P28	P29	3,014.03	3,012.56	3,012.23	3,010.76	43.31	3.39	PRFV	0.009	400	166.65	3.86	30.8
P13	P41	3,025.28	3,022.63	3,023.38	3,019.03	43.9	9.91	PRFV	0.009	400	656.21	8.14	70.9
P10	P11	3,040.26	3,041.00	3,037.86	3,039.20	44.37	3.02	PRFV	0.009	400	113.02	3.32	22.1
P34	P35	2,990.18	2,988.28	2,986.18	2,983.78	44.49	5.39	PRFV	0.009	800	1,716.98	8.26	39.6
P9	P10	3,038.65	3,040.26	3,036.85	3,037.86	44.61	2.26	PRFV	0.009	400	148.78	3.23	33.6
P4	P40	3,046.02	3,042.54	3,044.22	3,040.74	45.59	7.63	PRFV	0.009	400	152.49	5.04	18.8
P50	P20	3,008.51	3,012.45	3,006.71	3,010.45	46.2	8.1	PRFV	0.009	400	483.36	7.02	57.8
P17	P55	3,004.74	2,996.62	3,002.94	2,994.82	46.34	17.52	PRFV	0.009	400	30.49	4.2	2.5
P6	P13	3,028.75	3,025.28	3,026.75	3,023.38	48.46	6.95	PRFV	0.009	400	621.31	6.99	80.1
P15	P43	3,001.66	3,003.28	2,998.96	2,998.28	49.59	1.37	PRFV	0.009	600	791.29	4.04	77.9
P29	P30	3,012.56	3,008.36	3,010.76	3,003.36	49.92	14.82	PRFV	0.009	400	190.32	6.8	16.8
P51	P27	3,010.08	3,008.39	3,005.08	3,005.79	50.58	1.4	PRFV	0.009	600	803.37	4.09	78.2
P47	P27	3,010.62	3,008.39	3,008.82	3,006.59	51.52	4.33	PRFV	0.009	400	205.75	4.46	33.6
P39	P56	3,002.00	3,003.31	3,000.00	3,001.51	51.59	2.93	PRFV	0.009	400	162.54	3.63	32.3
P56	P19	3,003.31	3,015.11	3,001.51	3,013.11	51.6	22.48	PRFV	0.009	400	101.22	6.56	7.3
P34	P54	2,990.18	2,991.17	2,987.08	2,987.87	51.67	1.53	PRFV	0.009	400	288.87	3.27	79.5
P7	P8	3,033.09	3,036.24	3,030.19	3,033.74	51.71	6.86	PRFV	0.009	400	285.01	5.77	37

P38	P54	2,990.49	2,991.17	2,988.49	2,987.87	51.77	1.2	PRFV	0.009	400	257.43	2.9	80
P32	P52	2,992.03	2,998.94	2,990.03	2,997.14	51.79	13.73	PRFV	0.009	400	270.25	7.31	24.8
P19	P18	3,015.11	3,014.68	3,013.31	3,012.88	52.17	0.82	PRFV	0.009	400	68.54	1.81	25.7
P43	P16	3,003.28	3,001.11	2,998.28	2,996.11	52.4	4.14	PRFV	0.009	600	834.74	6.26	47.3
P14	P42	3,017.27	3,009.51	3,012.27	3,007.01	52.54	10.01	PRFV	0.009	400	736.6	8.36	79.2
P20	P48	3,012.45	3,023.96	3,010.45	3,022.16	52.76	22.2	PRFV	0.009	400	57.51	5.52	4.2
P52	P39	2,998.94	3,002.00	2,997.14	3,000.00	52.88	5.41	PRFV	0.009	400	225.91	4.96	33
P8	P48	3,036.24	3,023.96	3,034.44	3,022.16	52.93	23.2	PRFV	0.009	400	28.8	4.56	2
P27	P50	3,008.39	3,008.51	3,005.79	3,006.71	52.94	1.74	PRFV	0.009	500	541.27	4.02	77
P21	P49	3,017.64	3,030.35	3,015.74	3,028.55	53.07	24.14	PRFV	0.009	400	69.95	6.03	4.8
P38	P55	2,990.49	2,996.62	2,988.69	2,994.82	53.07	11.55	PRFV	0.009	400	99.42	5.16	9.9
P10	P49	3,040.26	3,030.35	3,038.46	3,028.55	53.08	18.67	PRFV	0.009	400	38.59	4.61	3
P17	P59	3,004.74	3,011.82	3,002.94	3,010.02	53.2	13.31	PRFV	0.009	400	69.02	4.87	6.4
P44	P17	3,001.18	3,004.74	2,999.38	3,002.74	53.35	6.3	PRFV	0.009	400	246.86	5.38	33.5
P16	P44	3,001.11	3,001.18	2,996.91	2,999.38	53.45	4.62	PRFV	0.009	400	275.16	4.94	43.5
P53	P38	2,994.47	2,990.49	2,992.67	2,988.49	53.55	7.81	PRFV	0.009	400	88.42	4.34	10.8
P32	P33	2,992.03	2,991.13	2,990.03	2,989.03	54.18	1.85	PRFV	0.009	800	1,382.16	5.24	54.5
P19	P45	3,015.11	3,014.58	3,013.31	3,012.28	54.9	1.88	PRFV	0.009	400	50.93	2.23	12.6
P20	P46	3,012.45	3,015.43	3,010.65	3,013.03	55.35	4.3	PRFV	0.009	400	289.71	4.87	47.5
P46	P21	3,015.43	3,017.64	3,013.03	3,015.64	55.38	4.71	PRFV	0.009	400	238.92	4.79	37.4
P45	P20	3,014.58	3,012.45	3,012.28	3,010.65	55.79	2.92	PRFV	0.009	400	102.42	3.19	20.4
P42	P15	3,009.51	3,001.66	3,004.51	2,998.96	56.95	9.74	PRFV	0.009	500	759.46	8.42	45.6
P6	P57	3,028.75	3,028.23	3,026.95	3,026.43	57.3	0.91	PRFV	0.009	400	28.59	1.46	10.2
P40	P5	3,042.54	3,036.69	3,040.74	3,034.89	57.86	10.11	PRFV	0.009	400	205.16	6.06	21.9
P39	P53	3,002.00	2,994.47	3,000.20	2,992.67	57.97	12.99	PRFV	0.009	400	45.3	4.26	4.3
P30	P31	3,008.36	3,000.78	3,003.36	2,998.88	58.14	7.71	PRFV	0.009	600	1,066.87	8.39	44.3

P30	P51	3,008.36	3,010.08	3,003.76	3,005.08	58.16	2.27	PRFV	0.009	600	848.11	5	64.9
P26	P47	3,016.82	3,010.62	3,014.82	3,008.82	58.34	10.29	PRFV	0.009	400	166.15	5.75	17.6
P33	P34	2,991.13	2,990.18	2,989.03	2,986.18	58.5	4.87	PRFV	0.009	800	1,414.73	7.56	34.3
P19	P57	3,015.11	3,028.23	3,013.11	3,026.43	58.75	22.67	PRFV	0.009	400	57.54	5.57	4.1
P5	P6	3,036.69	3,028.75	3,034.89	3,026.75	58.88	13.83	PRFV	0.009	400	219.47	6.91	20.1
P6	P7	3,028.75	3,033.09	3,026.95	3,030.19	60.3	5.37	PRFV	0.009	400	346.98	5.54	50.9
P41	P14	3,022.63	3,017.27	3,019.03	3,012.27	61.43	11	PRFV	0.009	400	714.18	8.63	73.2
P26	P58	3,016.82	3,016.22	3,015.02	3,014.42	64.51	0.93	PRFV	0.009	400	70.67	1.9	24.9
P58	P28	3,016.22	3,014.03	3,014.42	3,012.23	64.82	3.38	PRFV	0.009	400	145.67	3.71	27
P17	P18	3,004.74	3,014.68	3,002.74	3,012.88	65.9	15.39	PRFV	0.009	400	145.4	6.39	12.6
P11	P12	3,041.00	3,043.52	3,039.20	3,041.72	66.69	3.78	PRFV	0.009	400	68.65	3.12	12
P8	P9	3,036.24	3,038.65	3,033.74	3,036.85	67.77	4.59	PRFV	0.009	400	233.91	4.72	37.1
P1	P2	3,054.28	3,052.24	3,052.48	3,050.44	72.78	2.8	PRFV	0.009	400	21.09	1.98	4.2
P3	P4	3,050.33	3,046.02	3,048.53	3,044.22	75.17	5.73	PRFV	0.009	400	109.36	4.14	15.5
P22	P25	3,019.44	3,018.85	3,017.64	3,017.05	75.93	0.78	PRFV	0.009	400	35.18	1.46	13.3
P24	P25	3,022.27	3,018.85	3,020.47	3,016.85	84.12	4.3	PRFV	0.009	400	64.81	3.21	10.6
P2	P3	3,052.24	3,050.33	3,050.44	3,048.53	86.24	2.21	PRFV	0.009	400	57.35	2.45	13.1
P22	P23	3,019.44	3,031.07	3,017.44	3,029.27	89.78	13.18	PRFV	0.009	400	87.09	5.2	8.2
P14	P59	3,017.27	3,011.82	3,012.77	3,010.02	53.09	5.18	PRFV	0.009	400	34.52	2.85	5.2
P31	P62	3,000.78	2,997.12	2,997.13	2,995.32	23.47	7.71	PRFV	0.009	600	1,084.52	8.44	45
P62	P32	2,997.12	2,992.03	2,992.72	2,990.03	32.69	8.23	PRFV	0.009	600	1,111.35	8.69	44.7
P35	P63	2,988.28	2,983.91	2,983.28	2,981.71	29.05	5.4	PRFV	0.009	800	1,733.06	8.29	39.9
P63	P36	2,983.91	2,979.33	2,979.21	2,977.53	30.43	5.52	PRFV	0.009	800	1,744.06	8.37	39.8
P36	P64	2,979.33	2,976.12	2,974.33	2,973.62	13.22	5.37	PRFV	0.009	800	1,749.79	8.29	40.4
P64	P61	2,976.12	2,970.68	2,969.42	2,968.88	11.16	4.84	PRFV	0.009	800	1,753.03	3.49	42.7
P37	P65	2,990.26	2,993.96	2,987.76	2,988.96	17.44	6.88	PRFV	0.009	600	1,176.27	8.25	51.7

P65	P60	2,993.96	2,996.75	2,992.16	2,993.15	13.19	7.51	PRFV	0.009	600	1,151.59	8.48	48.5
P66	P37	2,985.01	2,990.26	2,983.21	2,984.16	14.18	6.7	PRFV	0.009	600	1,182.40	8.18	52.7
P61	P67	2,970.68	2,978.98	2,968.88	2,969.58	17.9	3.91	PRFV	0.009	600	1,211.53	4.28	70.7
P67	P66	2,978.98	2,985.01	2,977.18	2,978.01	13.01	6.38	PRFV	0.009	600	1,207.55	8.07	55.1

Anexo 3. Datos y Resultados PVC

Pozo de salida	Pozo de llegada	Cota de Terreno Salida (m)	Cota de Terreno Llegada (m)	Cota Proyecto Salida (m)	Cota Terreno Llegada (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Material	Maning	Diametro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad(m/s)	Relacion de llanado (%)
P25	P26	3,018.85	3,016.82	3,016.85	3,014.82	17.13	11.85	PVC	0.010	300	107.32	5.08	25.4
P21	P22	3,017.64	3,019.44	3,015.64	3,017.44	19.02	9.47	PVC	0.010	300	98.72	4.57	26.1
P60	P16	2,996.75	3,001.11	2,993.85	2,996.11	29.7	7.61	PVC	0.010	700	1,134.00	7.81	34.9
P28	P29	3,014.03	3,012.56	3,012.23	3,010.76	43.31	3.39	PVC	0.010	400	166.65	3.57	34.2
P13	P41	3,025.28	3,022.63	3,023.38	3,019.03	43.9	9.91	PVC	0.010	500	656.21	7.55	43.4
P10	P11	3,040.26	3,041.00	3,037.86	3,039.20	44.37	3.02	PVC	0.010	300	113.02	3.12	52.9
P34	P35	2,990.18	2,988.28	2,986.18	2,983.78	44.49	5.39	PVC	0.010	800	1,716.98	7.64	44
P9	P10	3,038.65	3,040.26	3,036.85	3,037.86	44.61	2.26	PVC	0.010	300	148.78	2.97	80.5
P4	P40	3,046.02	3,042.54	3,044.22	3,040.74	45.59	7.63	PVC	0.010	300	152.49	4.76	44.9
P50	P20	3,008.51	3,012.45	3,006.71	3,010.45	46.2	8.1	PVC	0.010	400	483.36	6.47	64.2
P17	P55	3,004.74	2,996.62	3,002.94	2,994.82	46.34	17.52	PVC	0.010	300	30.49	4.14	5.9
P6	P13	3,028.75	3,025.28	3,026.75	3,023.38	48.46	6.95	PVC	0.010	500	621.31	6.52	49.1
P15	P43	3,001.66	3,003.28	2,998.96	2,998.28	49.59	1.37	PVC	0.010	700	791.29	3.77	57.4
P29	P30	3,012.56	3,008.36	3,010.76	3,003.36	49.92	14.82	PVC	0.010	500	190.32	6.17	10.3
P51	P27	3,010.08	3,008.39	3,005.08	3,005.79	50.58	1.4	PVC	0.010	700	803.37	3.82	57.6
P47	P27	3,010.62	3,008.39	3,008.82	3,006.59	51.52	4.33	PVC	0.010	300	205.75	4.1	80.5

P39	P56	3,002.00	3,003.31	3,000.00	3,001.51	51.59	2.93	PVC	0.010	300	162.54	3.34	77.3
P56	P19	3,003.31	3,015.11	3,001.51	3,013.11	51.6	22.48	PVC	0.010	300	101.22	6.29	17.4
P34	P54	2,990.18	2,991.17	2,987.08	2,987.87	51.67	1.53	PVC	0.010	500	288.87	3.05	48.7
P7	P8	3,033.09	3,036.24	3,030.19	3,033.74	51.71	6.86	PVC	0.010	400	285.01	5.33	41.1
P38	P54	2,990.49	2,991.17	2,988.49	2,987.87	51.77	1.2	PVC	0.010	500	257.43	2.71	49
P32	P52	2,992.03	2,998.94	2,990.03	2,997.14	51.79	13.73	PVC	0.010	300	270.25	6.83	59.4
P19	P18	3,015.11	3,014.68	3,013.31	3,012.88	52.17	0.82	PVC	0.010	300	68.54	1.69	61.4
P43	P16	3,003.28	3,001.11	2,998.28	2,996.11	52.4	4.14	PVC	0.010	700	834.74	5.76	34.9
P14	P42	3,017.27	3,009.51	3,012.27	3,007.01	52.54	10.01	PVC	0.010	500	736.6	7.81	48.5
P20	P48	3,012.45	3,023.96	3,010.45	3,022.16	52.76	22.2	PVC	0.010	300	57.51	5.31	9.9
P52	P39	2,998.94	3,002.00	2,997.14	3,000.00	52.88	5.41	PVC	0.010	300	225.91	4.56	79.1
P8	P48	3,036.24	3,023.96	3,034.44	3,022.16	52.93	23.2	PVC	0.010	300	28.8	4.4	4.9
P27	P50	3,008.39	3,008.51	3,005.79	3,006.71	52.94	1.74	PVC	0.010	600	541.27	3.75	52.6
P21	P49	3,017.64	3,030.35	3,015.74	3,028.55	53.07	24.14	PVC	0.010	300	69.95	5.79	11.6
P38	P55	2,990.49	2,996.62	2,988.69	2,994.82	53.07	11.55	PVC	0.010	300	99.42	4.92	23.8
P10	P49	3,040.26	3,030.35	3,038.46	3,028.55	53.08	18.67	PVC	0.010	300	38.59	4.44	7.3
P17	P59	3,004.74	3,011.82	3,002.94	3,010.02	53.2	13.31	PVC	0.010	300	69.02	4.67	15.4
P44	P17	3,001.18	3,004.74	2,999.38	3,002.74	53.35	6.3	PVC	0.010	400	246.86	4.98	37.2
P16	P44	3,001.11	3,001.18	2,996.91	2,999.38	53.45	4.62	PVC	0.010	400	275.16	4.57	48.4
P53	P38	2,994.47	2,990.49	2,992.67	2,988.49	53.55	7.81	PVC	0.010	300	88.42	4.14	25.8
P32	P33	2,992.03	2,991.13	2,990.03	2,989.03	54.18	1.85	PVC	0.010	800	1,382.16	4.84	60.5
P19	P45	3,015.11	3,014.58	3,013.31	3,012.28	54.9	1.88	PVC	0.010	300	50.93	2.12	30.3
P20	P46	3,012.45	3,015.43	3,010.65	3,013.03	55.35	4.3	PVC	0.010	400	289.71	4.5	52.8
P46	P21	3,015.43	3,017.64	3,013.03	3,015.64	55.38	4.71	PVC	0.010	400	238.92	4.43	41.6
P45	P20	3,014.58	3,012.45	3,012.28	3,010.65	55.79	2.92	PVC	0.010	300	102.42	3	48.8
P42	P15	3,009.51	3,001.66	3,004.51	2,998.96	56.95	9.74	PVC	0.010	500	759.46	7.78	50.7

P6	P57	3,028.75	3,028.23	3,026.95	3,026.43	57.3	0.91	PVC	0.010	300	28.59	1.39	24.4
P40	P5	3,042.54	3,036.69	3,040.74	3,034.89	57.86	10.11	PVC	0.010	300	205.16	5.69	52.5
P39	P53	3,002.00	2,994.47	3,000.20	2,992.67	57.97	12.99	PVC	0.010	300	45.30	4.1	10.2
P30	P31	3,008.36	3,000.78	3,003.36	2,998.88	58.14	7.71	PVC	0.010	800	1,066.87	7.65	22.9
P30	P51	3,008.36	3,010.08	3,003.76	3,005.08	58.16	2.27	PVC	0.010	700	848.11	4.63	47.8
P26	P47	3,016.82	3,010.62	3,014.82	3,008.82	58.34	10.29	PVC	0.010	300	166.15	5.42	42.2
P33	P34	2,991.13	2,990.18	2,989.03	2,986.18	58.5	4.87	PVC	0.010	800	1,414.73	7	38.1
P19	P57	3,015.11	3,028.23	3,013.11	3,026.43	58.75	22.67	PVC	0.010	300	57.54	5.35	9.8
P5	P6	3,036.69	3,028.75	3,034.89	3,026.75	58.88	13.83	PVC	0.010	300	219.47	6.51	48
P6	P7	3,028.75	3,033.09	3,026.95	3,030.19	60.3	5.37	PVC	0.010	400	346.98	5.12	56.6
P41	P14	3,022.63	3,017.27	3,019.03	3,012.27	61.43	11	PVC	0.010	500	714.18	8.02	44.9
P26	P58	3,016.82	3,016.22	3,015.02	3,014.42	64.51	0.93	PVC	0.010	300	70.67	1.78	59.6
P58	P28	3,016.22	3,014.03	3,014.42	3,012.23	64.82	3.38	PVC	0.010	300	145.67	3.46	64.5
P17	P18	3,004.74	3,014.68	3,002.74	3,012.88	65.9	15.39	PVC	0.010	300	145.4	6.07	30.2
P11	P12	3,041.00	3,043.52	3,039.20	3,041.72	66.69	3.78	PVC	0.010	300	68.65	2.97	28.7
P8	P9	3,036.24	3,038.65	3,033.74	3,036.85	67.77	4.59	PVC	0.010	400	233.91	4.37	41.3
P1	P2	3,054.28	3,052.24	3,052.48	3,050.44	72.78	2.8	PVC	0.010	300	21.09	1.91	10
P3	P4	3,050.33	3,046.02	3,048.53	3,044.22	75.17	5.73	PVC	0.010	300	109.36	3.92	37.2
P22	P25	3,019.44	3,018.85	3,017.64	3,017.05	75.93	0.78	PVC	0.010	300	35.18	1.39	31.7
P24	P25	3,022.27	3,018.85	3,020.47	3,016.85	84.12	4.3	PVC	0.010	300	64.81	3.06	25.4
P2	P3	3,052.24	3,050.33	3,050.44	3,048.53	86.24	2.21	PVC	0.010	300	57.35	2.33	31.4
P22	P23	3,019.44	3,031.07	3,017.44	3,029.27	89.78	13.18	PVC	0.010	300	87.09	4.97	19.5
P14	P59	3,017.27	3,011.82	3,012.77	3,010.02	53.09	5.18	PVC	0.010	300	34.52	2.73	12.3
P31	P62	3,000.78	2,997.12	2,997.13	2,995.32	23.47	7.71	PVC	0.010	700	1,084.52	7.76	33.2
P62	P32	2,997.12	2,992.03	2,992.72	2,990.03	32.69	8.23	PVC	0.010	700	1,111.35	8	32.9
P35	P63	2,988.28	2,983.91	2,983.28	2,981.71	29.05	5.4	PVC	0.010	800	1,733.06	7.67	44.4

P63	P36	2,983.91	2,979.33	2,979.21	2,977.53	30.43	5.52	PVC	0.010	800	1,744.06	7.74	44.2
P36	P64	2,979.33	2,976.12	2,974.33	2,973.62	13.22	5.37	PVC	0.010	800	1,749.79	7.67	44.9
P64	P61	2,976.12	2,970.68	2,969.42	2,968.88	11.16	4.84	PVC	0.010	800	1,753.03	3.49	47.4
P37	P65	2,990.26	2,993.96	2,987.76	2,988.96	17.44	6.88	PVC	0.010	700	1,176.27	7.6	38.1
P65	P60	2,993.96	2,996.75	2,992.16	2,993.15	13.19	7.51	PVC	0.010	700	1,151.59	7.81	35.7
P66	P37	2,985.01	2,990.26	2,983.21	2,984.16	14.18	6.7	PVC	0.010	700	1,182.40	7.54	38.8
P61	P67	2,970.68	2,978.98	2,968.88	2,969.58	17.9	3.91	PVC	0.010	700	1,211.53	3.15	52.1
P67	P66	2,978.98	2,985.01	2,977.18	2,978.01	13.01	6.38	PVC	0.01	700	1,207.55	7.45	40.6

Anexo 4. Cotización

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	US\$/Unidad	US\$/Total
		<p>Tubería de P.R.F.V. MARCA Petroplast, construida por el método de enrollamiento automático filament winding. La tubería responde a las normas IRAM 13431 Y 13432. La misma se verificará bajo norma AWWA C-950/95 M45, FLUIDO: AGUA TEMP.MAX: AMBIENTE RIGIDEZ: INDICADA PN: INDICADAS DIAM.NOM.: Interno TAPADA MIN.: 1,00 Metro UNION: Espiga y enchufe con doble aro de goma y sistema de prueba hidraulica en la junta.Pat. N° 250.449 ACCESORIOS: Miterados, contruidos con segmentos de tubería LONG. TUBO: 14m (útil)</p>		
	METROS			
1.1	3031,49	TUBERIA PRFV DN 400MM PN 3 SN 2500	\$74,50	\$225.846,01
1.2	109,89	TUBERIA PRFV DN 500MM PN 3 SN 2500	\$88,90	\$9.769,22
1.3	430,57	TUBERIA PRFV DN 600MM PN 3 SN 2500	\$106,42	\$45.821,26
1.5	241,07	TUBERIA PRFV DN 800MM PN 3 SN 2500	\$150,12	\$36.189,43
		<p>Nota: La oferta incluye asesoramiento técnico en la instalación de la tubería con presencia de ingeniero y técnicos en todo el tiempo que dure la misma.</p> <p>Anexo a esta oferta se entrega: Presentación del grupo Petroplast Catalogo de producto Manual de tuberías Rival División PRFV (una empresa del grupo Petroplast). Antecedentes de obra.</p>		
		TOTAL		\$ 317.625,91
EL PRECIO NO INCLUYE I.V.A.				
Lugar de entrega:	En acopio del proyecto			
Plazo de entrega:	Por acordar de acuerdo al cronograma de instalación.			
Condición de Venta:	A convenir 10 días			
Validez de la Oferta:				

PVC

Moneda: **USD**

Código Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total
11160006335	TUBO PVC CORRIVAL 335 MM X 6 MTS S5	UND	361	77,5170	\$27.983,64
11160006440	TUBO PVC CORRIVAL 440 MM X 6 MTS S5	UND	85	134,6400	\$11.436,77
11160006540	TUBO PVC CORRIVAL 540 MM X 6 MTS S5	UND	70	209,0000	\$14.630,00
11160006650	TUBO PVC CORRIVAL 650 MM X 6 MTS S5	UND	9	294,2500	\$2.596,27
11160006760	TUBO PVC CORRIVAL 760 MM X 6 MTS S5	UND	72	385,0000	\$27.628,24
11160006875	TUBO PVC CORRIVAL 875 MM X 6 MTS S5	UND	41	539,0000	\$22.099,00
				Subtotal de la oferta:	\$106.373,91