



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Análisis del comportamiento hidráulico en la línea de conducción aplicando tubería HDPE y PRFV, del sistema de riego en Tapay – Arequipa 2020”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Calzada Vega, Angeles (ORCID:[0000-0001-6567-2439](https://orcid.org/0000-0001-6567-2439))

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID:[0000-0002-0655-523X](https://orcid.org/0000-0002-0655-523X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, familia y amigos, que sin su gran ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo, de corazón gracias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por la salud y la vida, a mis padres por apoyarme en todos los momentos difíciles y a todas las personas que me ayudaron a lograr el gran anhelo de titularme como ingeniero civil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de figuras	v
Resumen	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación	13
3.2 Variables y operalización	14
3.3 Población, muestra y muestreo	15
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	17
3.5 Procedimientos	20
3.6 Métodos de análisis de datos	20
3.7 Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1: Técnicas e instrumentos	18
Tabla 2: Ejemplo de confiabilidad	19
Tabla 3: Elevación de nodos.....	25
Tabla 4: Comparación Pérdidas de carga según material, por tramos	28
Tabla 5: Comparación de Presión según el tipo de material, en los nodos	33
Tabla 6: Comparación Número de Reynolds, según material.....	37

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Instalación de tubería PRFV	3
Figura 2. Sketch de proyección de línea de conducción	16
Figura 3. Sketch de muestra para estudio.....	17
Figura 4. Instrumento de medición con validez	19
Figura 5. Provincia de Caylloma.....	22
Figura 6. Distrito de Tapay.	22
Figura 7. Sketch de proyección de línea de conducción.	23
Figura 8. Tubo PVC.....	23
Figura 9. Tubo PRFV.	23
Figura 10. Tubo HDPE.....	24
Figura 11. Sketch de proyección de línea de conducción.	24
Figura 12. Modelamiento.....	25
Figura 13. Diseño hidráulico en el software WaterCad	26
Figura 14. Tuberías PVC.....	27
Figura 15. Tuberías PRFV.....	27
Figura 16. Tuberías HDPE.	28
Figura 17. Comparación pérdidas de carga según material.....	29
Figura 18. Levantamiento topográfico	30
Figura 19. Levantamiento topográfico.	30
Figura 20. Línea gradiente hidráulica PVC.....	30
Figura 21. Nodos PVC	31
Figura 22. Línea gradiente hidráulica PRFV.....	31
Figura 23. Nodos PRFV	32
Figura 24. Línea de gradiente hidráulica HDPE	32
Figura 25. Nodos HDPE.....	33
Figura 26. Comparación de presión según el tipo de material, en los nodos.	34

Figura 27. Tuberías HDPE.....	35
Figura 28. Tuberías PRFV.....	35
Figura 29. Diámetro y velocidad PVC.	35
Figura 30. Diámetro y velocidad PRFV.....	36
Figura 31. Diámetro y velocidad HDPE.....	36

RESUMEN

Esta tesis elaboró un modelamiento en el software WaterCad donde se analizó el comportamiento hidráulico en la línea de conducción para tuberías HDPE y PRFV; esta fue de tipo aplicativo, de nivel correlacional, de diseño no experimental y de enfoque cualitativo. Donde se determinó a través de la ecuación de Hazen-Williams, que el PRFV es el que menos pérdidas de carga registra mientras que el HDPE registra las más altas, concluyendo que el comportamiento hidráulico se ve influenciado por las pérdidas de cargas; también, mediante la ecuación de la gradiente hidráulica, donde esta se relaciona profundamente con la presión, el HDPE supera la presión máxima de trabajo y finaliza con presión negativa; sin embargo, las presiones para el tubo de PRFV no rebasan la presión máxima de trabajo y termina con una presión positiva, determinando que el comportamiento hidráulico se ve influenciado por la gradiente hidráulica; y finalmente, a través del número de Reynolds, cuyo resultado indica el flujo hidráulico, la tubería de HDPE tiene como resultado un alto número de Reynolds, mientras que, la tubería de PRFV tiene un número de Reynolds bajo, concluyendo que el comportamiento hidráulico es influenciado por el flujo hidráulico de la tubería.

Palabras clave: tuberías HDPE y PRFV, comportamiento hidráulico, modelamiento WaterCad, pérdidas de carga, gradiente hidráulica, flujo hidráulico.

ABSTRACT

This thesis elaborated a modeling in the WaterCad software where the hydraulic behavior in the conduction line for HDPE and GRP pipes was analyzed; This was of an applicative type, correlational level, non-experimental design and qualitative approach. Where it was determined through the Hazen-Williams equation, that the PRFV is the one that registers the least load losses while the HPDE registers the highest, concluding that the hydraulic behavior is influenced by the load losses; Also, through the equation of the hydraulic gradient, where it is deeply related to pressure, HDPE exceeds the maximum working pressure and ends with negative pressure; However, the pressures for the GRP tube do not exceed the maximum working pressure and ends with a positive pressure, determining that the hydraulic behavior is influenced by the hydraulic gradient; and finally, through the Reynolds number, the result indicates the hydraulic flow, the HDPE pipe results in a high Reynolds number, while the GRP pipe has a low Reynolds number, concluding that the hydraulic behavior is influenced by the hydraulic flow of the pipeline.

Keywords: HDPE and GRP pipes, hydraulic behavior, modeling WaterCad, pressure drops, hydraulic gradient, hydraulic flow.

I.INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la agricultura ha crecido significativamente teniendo el triple de crecimiento actualmente, teniendo en todo el mundo 325,1 millones de hectáreas de tal forma que en Asia con un 232,7 millones de hectáreas, ello seguido de América con un 52,2 millones de hectáreas, Europa con 21,4 millones de hectáreas, África con 15,6 millones de hectáreas y finalmente en Oceanía con 3,2 millones de hectáreas, debido a esto se fue mejorando el uso de tecnologías, el uso de la tierra y el sistema de riego implementado, así como también se detalla que el 70% utilizan el método del riego por gravedad siendo el más idóneo para esta actividad, es por ello que el futuro de la agricultura va depender en gran parte por la implantación de un buen sistema de riego y así como también con el fin de mitigar pérdidas de agua al realizarse el transporte del agua por las líneas de conducción.

Siendo en este sentido uno de los múltiples benéficos obtenidos por la administración del agua son los, proyectos de carácter agrícola, específicamente el riego para zonas que no pueden generar su propio recurso naturalmente y es necesario resaltar por ello la gran importancia al diseño de las líneas de conducción del sistema de riego, ya que no solo tiene el fin de dotar del agua, sino que también tiene influencia en tener pérdidas de agua por una tubería fallida impidiendo que esto se pueda dar de manera sostenible.

Por otra parte, internacionalmente en Ecuador, Colombia y Brasil, la fábrica RIVAL de PRFV instaló tuberías de 2800 mm de diámetro para el proyecto Traslase Daule Vices, según la secretaria del agua de Ecuador, la comisión de la Demarcación Hidrográfica del Guayas, realizó la inspección de la fábrica Rival para verificar las características y la calidad de las tuberías, lo cuales fueron utilizados para la conducción de agua por los sifones de los ríos, Macul, Vices y Pueblo Viejo. Al finalizar el proyecto y durante las pruebas hidráulicas se visualizaron fallas en los cambios de direcciones (codos), por cambios de presiones en diferentes cotas. Para evitar que la velocidad del flujo desembone los accesorios, se ampliaron los ángulos internos de los codos y se aumentaron el espesor de tubería para soportar mayores presiones. Toda la línea del sifón benefició, según la Secretaría de Agua, a 177.989 hectáreas y a 177.463 habitantes de las poblaciones aledañas a la cuenca¹.

En el Perú los proyectos de líneas de conducción con tuberías HDPE y PRFV son usualmente utilizados para el sector minero e industrial, estos tipos de material están siendo usados en diferentes áreas, para transportar fluidos de diversas índoles. Por otra parte la aplicación de tuberías de fibra de vidrio no son muy comunes en territorio peruano, debido a los factores climáticos y topográficos que posee nuestro territorio, por ende, para su aplicación se requiere de avances tecnológicos en el ámbito de aprovechamiento de los recursos hídricos mediante estructuras hidráulicas, cuando se instala tuberías HDPE los cambios de direcciones, la topografía accidentada y la exposición a ambientes agresivos no genera efectos negativos, pero cuando se trata de tuberías de PRFV, debido a la rigidez del material, dureza de la misma, existe probabilidades de rajaduras al estar expuesto a la intemperie; en consecuencia y solución las fábricas del material diseñan tuberías de distintos espesores y tamaños de acuerdo a necesidad del proyecto, aumentando el soporte a la presión nominal y disminuyendo posibles fallas².

En el distrito de Tapay, Provincia de Caylloma, se instaló tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE), el tendido de la tubería se realizó de manera superficial, los accesorios se instalaron de manera mecánica, y para evitar las fallados por presión se instalaron dados rompe presión. Debido al método de instalación, la tubería sufre averías constantemente, y la población carece de agua para su regadíos hasta que generen una ronda comunal y solucionen el problema con fondos propios, por esta problemática la Municipalidad de Tapay, provincia de Caylloma, región de Arequipa, solicito un proyecto de gran envergadura denominada proyecto de Canal Huaruro a la Compañía Minera Buenaventura (CMB), El proyecto de mejoramiento de riego en Tapay – Canal Huaruro permitirá transportar 250 litros de agua por segundo para fortalecer las actividades productivas del distrito, ya anticipación un anteproyecto, donde se debió analizar las variables de ejecución y buscar la solución más óptima para el uso de los materiales de las mismas, tomando en cuenta la topografía del proyecto, se verificó lo accidentado que es el terreno y los cambios de cotas son muy bruscos, por ende se realizó la alineación más conveniente con el objetivo de utilizar materiales del mercado actual, pero en base a un predimensionamiento los materiales seleccionados se tendrían que importar y los costos serían muy elevados, por tal, se optó en utilizar un nuevo material que ingreso al mercado para

conducción de agua denominado tuberías de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), el soporte de presión llega hasta los 32 bar, que equivale a 322 mca, solucionando los cambios de cotas, y evitando utilizar reductores de presión que mejorará el riego de los terrenos que actualmente tienen uso agrícola e incorporar nuevas hectáreas de sembrío, beneficiando a más de 650 habitantes; dicho proyecto consta de una estructura de captación, líneas de conducción y sistema riego tecnificado que actualmente se encuentran inicio de ejecución, como se describe líneas arriba en este proyecto, se utilizará para el modelado tuberías HDPE y PRFV³.



Figura 1. Instalación de tubería PRFV

Fuente: (Diego Oliva, 2019)

Es por ello que en la actual investigación se ha planteado el siguiente problema general: ¿De qué manera es el comportamiento hidráulico en las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, del sistema de riego de Tapay – Arequipa 2020?

Asimismo, los problemas específicos:

¿Cuánto influye la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?

¿Cuánto influye la gradiente hidráulica en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?

¿Cuánto influye el tipo de flujo en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?

La *justificación teórica*, respecto a las tuberías hechas a base de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) este “[...]se obtiene por adición, es decir, añadiendo varias unidades de etileno. Dado que la molécula prácticamente no tiene ramificaciones, proporciona una densidad molecular significativa y una resistencia y rigidez excelentes [...]”⁴.y de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio que (PRFV) “[...]por ser un material sintético con una matriz plástica unida con fibra de vidrio, una vez ensamblada, crea un producto con excelentes propiedades mecánicas [...]”⁵.Respecto al comportamiento hidráulico “[...]se tiene que realizar un modelamiento de la línea de conducción para el par de tubos de diferentes características [...]”⁶.

La *justificación metodológica*, esta metodología trata de alcanzar y efectuar los objetivos dados en el estudio de una manera eficaz en base a los instrumentos de medición utilizados en cada variable: Tubos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio que (PRFV) y el comportamiento hidráulico, ambos dados en la línea de conducción del sistema de riego en Tapay – Arequipa a su vez de obtener la validez y confiabilidad de la variable primigenia del proyecto, llegando a la comprobación respecto a las tuberías de HDPE y PRFV que influyen en el comportamiento hidráulico de la línea de conducción.

La *justificación técnica*, mediante esta propuesta se trata de evidenciar que el uso de las tuberías HDPE y PRFV, influyen en el comportamiento hidráulico en la línea de conducción.

La *justificación social*, los beneficiados con este proyecto son las poblaciones con cultivos pequeños como grandes, del distrito de Tapay en Arequipa, dado que tendrán acceso a uno de los recursos más beneficiosos para la sociedad, como lo es el agua, a través de la línea de conducción para riego.

Objetivo general

Analizar el comportamiento hidráulico en la línea de conducción para tuberías HDPE y PRFV, del sistema de riego de Tapay – Arequipa 2020.

Objetivo específico

Determinar la influencia de la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Determinar la influencia de la gradiente hidráulica el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Determinar la influencia del tipo de flujo de la tubería en el comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Hipótesis general

El uso de tuberías HDPE Y PRFV mejorará el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, para el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.

Hipótesis específica

El uso de tuberías HDPE Y PRFV reduce las pérdidas de cargas en el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.

El uso de tuberías HDPE Y PRFV decrece la gradiente hidráulica para el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.

El uso de tuberías HDPE Y PRFV disminuye el tipo de flujo para la tubería en la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Para validar un tema de investigación y ser considerado como tema de interés, se debe tener un respaldo de por medio, denominado antecedentes, tomando en cuenta que, muchos autores establecen que, los antecedentes son la base para considerados como punto de partida una investigación, el cual brindara soluciones para resolver problemas al finalizar la investigación. Por tanto, consideración todo lo mencionado, podremos visualizar los siguientes antecedentes de la presente investigación.

Para abordar la investigación del comportamiento hidráulico en las dos tuberías HDPE y PRFV, se analizará las características y métodos aplicativos de investigaciones pasadas, para evidenciar que el proyecto planteado es de carácter de estudio lo siguiente.

Pinto (2020), tiene como objetivo principal determinar el comportamiento hidráulico de la línea de conducción con tuberías convencionales en zonas de topografía agreste, Circa, Apurímac, 2020. La metodología aplicada es de nivel explicativa con un diseño no experimental de corte transversal, recolectando datos de la muestra determinada. En sus hallazgos relacionó el diámetro de las tuberías con el número de Reynolds concluyendo que el flujo es turbulento para cada tipo de material.

Vera (2018), tiene como objetivo principal evaluar la velocidad del flujo y la presión de carga en conexiones de la red de distribución de agua potable en el distrito de Chupaca. La metodología aplicada es de nivel explicativa con un diseño no experimental de corte transversal, recolectando datos de la muestra determinada. En sus hallazgos evaluó el comportamiento hidráulico en redes de distribución de agua potable mediante métodos convencionales computacionales obteniéndose que la variación porcentual promedio en resultados es de 3.92% en relación de WaterCAD y Epanet y de 0.53% entre WaterCAD y Watdis. Finalmente concluye que se evaluó el comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable mediante los tres métodos computacionales ya que coinciden en resultados con una diferencia de 3.92%, demostrando que la red de distribución de agua potable en Chupaca presenta tuberías y nudos que no contribuyen a los

requerimientos hidráulicos de la normativa por lo tanto tiene mal funcionamiento como sistema integrado así mismo efectos negativos⁷.

Torres (2019), tuvo como objetivo analizar el comportamiento hidráulico de flujos en redes de distribución de agua potable en el distrito de San Marcos. La metodología es aplicada con diseño no experimental de corte transversal. En su experimento se compararon dos posibilidades; los datos de la red actual, los cuales determinaron que un sector no estaba recibiendo la adecuada distribución de agua, y los datos optimizados de la red proyectada. Finalmente, infiere que, al analizar la presión del agua en la red existente estas dan como resultado presiones negativas, que quiere decir que la presión del agua no llega a los puntos de conexiones de algunos usuarios, sin embargo, con la red proyectada y un nuevo reservorio que abastezca el sector 1, este resulta en presiones correctas.

Bonilla (2019), tuvo objetivo de investigación diseñar, instalar y evaluar una red de abastecimiento de agua potable para regadío. La metodología es aplicada con diseño no experimental de corte transversal. En sus hallazgos obtuvo según las muestras que se tomó del río y a su vez en la poza de almacenamiento que la muestra tenía 12,67 mg/L de sólidos, en tanto que en el agua de la poza se encontró 5.40 mg/L de sólidos, es por ello que al realizarse el proceso de filtración del sistema de lubricación y el desarenado se llegó a eliminar 7.27 mg/L de arenas y a su vez de otras partículas pequeñas. Finalmente concluye que se diseñó, instaló y se evaluó la red de abastecimiento de agua con fines de riegos tomando en cuenta los parámetros técnicos, teniendo al comparar presiones que sus valores fueron 104 mca y 105 mca, las presiones fueron de 107 mca de la misma forma con el sistema de lubricación y desarenado con presiones de 132 mca y las presiones de diseño fueron de 129 mca en la prensaestopa y 130.4 mca en los impulsores⁸.

Prudencio (2015), tiene como objetivo de investigación simular la línea de conducción e impulsión para mejorar el abastecimiento de agua potable para la ciudad de cerro de Pasco. La metodología aplicada es de nivel explicativo con un enfoque cuantitativo con diseño cuasi experimental. En sus hallazgos obtuvo que el único inconveniente el del trayecto de la línea de conducción, ya que las

velocidades en ciertos tramos están al límite y con respecto a lo económico se utilizaría la instalación de tuberías PVC, estas irán enterradas de tal forma que no estarán expuestas a daños muy contrario con el hierro dúctil. Finalmente concluye que al ser la ciudad más alta con 4380.00 m.s.n.m. todas las fuentes de abastecimientos se encuentran por debajo del nivel produciendo desabastecimiento, con este diseño se garantiza que el nivel de agua puede alcanzar la cota 4450 m.s.n.m, de tal forma que abastecerá con agua potable a toda la ciudad con el reservorio lucerito⁹.

Zamora y Álvarez (2011), tuvo como principal objetivo, diseñar de manera hidráulica líneas de conducción mediante métodos por gravedad, en el subtramo derivación al tanque Cerro de Marques. La metodología es aplicada con diseño cuasi experimental. En sus hallazgos obtuvo los censos de población para la proyección a futuro y es por ello que se realizó el cálculo del diámetro para la línea de conducción por gravedad obteniendo las velocidades y las pérdidas de energía de tal forma que se desarrollara de forma correcta. Finalmente concluye que se hicieron los estudios preliminares determinando la pérdida por fricción en la conducción con 0.029 mm y con una velocidad media de 4.0 m/seg, con un presupuesto final de S/.148, 734,000.48 soles¹⁰.

Pereira (2016), tuvo como principal objetivo diseñar la línea de conducción por gravedad para el abastecimiento de agua potable. La metodología aplicada es de nivel explicativa con un diseño no experimental de corte transversal, recolectando datos de la muestra determinada. En sus principales hallazgos obtuvo que el desarenador se ubica en la cota 1300 m hasta la planta de tratamiento la cual está ubicada en cota 1240 m, teniendo una carga hidráulica de 60 m y la presión con la que llega a la planta fue de 10.81 m y que su presión máxima de diseño concorde a la cota 1140.88 de la abscisa 4+760 fue de 206.86 m, lo cual es mayor a la presión de trabajo. Finalmente concluye que se diseñó la línea de conducción por gravedad para el abastecimiento de agua potable con un prediseño para minimizar el costo en tuberías, se realizó la combinación de diámetros encontrando una presión de 10.81 m y se consideró las pérdidas menores producidas por los accesorios existentes, minimizando costos en la tubería lo cual implicó el poder contar con una

combinación de diámetros lo cual se diseñó desde el desarenador hasta la abscisa 2+620 ocupando un diámetro nominal de 200 mm hasta la planta de tratamiento, llegando con un diámetro nominal de 160 mm y el precio final de 449,303.7 dólares¹¹.

Villacis (2018), tuvo como principal objetivo evaluar la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable del Cantón Rumiñahui. La metodología es aplicada con diseño cuasi experimental. En sus principales hallazgos obtuvo que el trayecto de la línea de conducción de agua está formado por las tuberías de material PVC de 400 y 315 mm de diámetro, tiene una válvula de desagüe que no se usa y un total de 9 válvulas de aire distribuidas en los puntos de mayor altura del terreno, así como también un by-pass en el tanque aireado que es para limpieza y un tanque rompe presiones para la desinfección con cloro. Finalmente concluye que se evaluó la línea de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de Cantón Rumiñahui determinando en campo la operatividad del mismo, se definió actividades de mantenimiento de tipo correctivas y preventivas y se determinó que están en condiciones aceptables de trabajo y operación de tal forma que puede abastecer ininterrumpidamente agua y de calidad para los moradores¹².

Ganchozo y Monserrate (2018), tuvo objetivo de investigación diseñar un sistema para determinar las pérdidas de carga a través de tuberías y accesorios. La metodología es aplicada con diseño experimental de corte transversal. En sus descubrimientos, se diseñó y construyó una unidad didáctica de pérdidas de carga la cual proporciona información de manera rápida y confiable bajo los parámetros que se dan en el fenómeno de caída de presión, debido a la longitud de la tubería y el número de accesorios presentes. Finalmente, concluye que, al estudiar las pérdidas de carga, estas dependen del material con que está construida la tubería de la unidad debido a la rugosidad propiedad importante en la medición de la misma, además afectan otros parámetros como el estado en que se encuentre la tubería, longitud, diámetro y la velocidad de circulación del flujo.

Agricultural Water Management (2013), had as main objective Thoroughly understand the economics of the feasibility of water – saving irrigation as an

approach to tackling climate change. The applied methodology is descriptive and not experimental based on data collection. In his main findings, he obtained that the cost – effectiveness of mitigation and adaptation, only that of the canal lining is negative and sprinkler irrigation has the highest incremental cost of mitigation, which is why micro – irrigation works best. Finally, it concludes that canal lining and micro – irrigation is recommended according to different geographical conditions.

Is described in terms of the energy consumed and CO₂ emitted by irrigation machinery per unit area (ha) of irrigated farmland, and by the water consumption and grain yield per unit of irrigated farmland (ha) when traditional irrigation is adopted¹³. Ghabeché (2019), as for the pipe, it has the internal and external surface, or also called the interior and exterior face, when its characteristic is described its morphology is had in different ways: the internal part is described as smooth, with asymmetric minimums in its texture. In an exhaustive observation it was determined that the graduation of its morphology dominate from small spheres that reach measurements of up to 102 which are formed spherically when passing randomly from the outside to the lower face of the pipe, these studies are confirmed by Trifonoba, however When perceiving such structures are not perceived in the outer layer, as a result of the cooling of adverse conditions, the effect of the smooth surface is associated with extruded plastic products especially for structures as reported above lines¹⁴.

Venkatesh (2012), has like primary objective of this thesis includes comparisons of field performance of HDPE with PVC pipes. The methodology is applied with a quasi-experimental design. The combination of the physical properties that PVC geomembranes possess and other materials provide performance characteristics that are functionally equivalent to high-density polyethylene geomembranes, which are twice as thick and have significant disadvantages when deployed and installed on site. She concludes that PVC has proven to be an ideal solution for long-term containment applications¹⁵.

Aenor (2018), sustenta que cuando se trata de beneficio de las tuberías FLOWTITE, se debe de realizar una correcta manipulación e instalación de las tuberías, la

calidad y estándares. En base a los años de experiencia el proceso constructivo, en cuanto al relleno de las excavaciones de las zanjas quedo demostrado que los materiales granulares compactados correctamente en capas son más indicados para dar utilidad como cama a la tubería; juntos el material con una buena granulometría y el tubo forman un “sistema tubería – suelo” de rendimiento muy alto¹⁶.

Aubeso (2020), sustenta que, las tuberías de Poliéster Reforzado aplicados para transporte de agua de rio generan un desgaste de la tubería mayor a diversas tuberías, no solo implica que la tubería presente estas fallas, al contrario, implica el coste que representa realizar una reparación, los costes de mantenimiento en comparación a la instalación son mucho más elevados, ya que corresponde un peligro permitir que se corroe durante el funcionamiento. Por lo tanto, los fabricantes de las tuberías PRFV, adicionaron y disminuyen la cantidad de resina y aditivos, hasta que añadieron un 30% más de resina y disminuyeron el desgaste por contacto de los sedimentos que traslado una tubería de conducción¹⁷.

A continuación, se presentará las teorías relacionadas donde se va a detallar todas las teorías relacionadas en la investigación, que definirá la variable con un enfoque conceptual de las dimensiones planteadas, son; propiedades físicas, propiedades mecánicas, propiedades hidráulicas, diseño hidráulico determinación del SDR de la tubería, presupuesto del proyecto.

El comportamiento hidráulico, el transportar un fluido desde un lugar hacia otro se lleva a cabo a través de una tubería desde el punto del que se extrae tal fluido llamado sección transversal de la tubería. En estudios de redes de tubería se considera que una buena tubería es un conducto cerrado de determinada longitud, cada uno de las secciones transversales están conectadas a un nodo y por otra parte, para poder evaluar el comportamiento hidráulico de una línea de conducción se requiere definir las cargas de presión en los nodos que compone así como también las velocidades que fluyen por los tubos¹⁸.

Propiedades físicas del HDPE, son fabricados con resinas de alta calidad, con materiales suministrados que cumplen las normas de la serie ISO 9000. En su fabricación se utiliza productos 100% virgen; por ello las tuberías tienen como característica principal la resistencia, durabilidad, y apto para tener contacto y transportar múltiples fluidos tanto no corrosivos como corrosivos, además de tener una alta resistencia a la tracción (330 kg/cm² ASTM D638). El polietileno de Alta densidad (HDPE) color negro con contenido de 2 a 3% de negro humo distribuido en la masa y antioxidantes que brinda una gran resistencia a los rayos UV¹⁹.

Propiedades mecánicas del HDPE, “A mayor porcentaje de cristalinidad, mayor: resistencia a la tracción; módulo de elasticidad (rigidez); dureza; resistencia a los disolventes; impermeabilidad a gases y vapores, etc. Por el contrario, disminuyen: resistencia al impacto; translucidez; y agrietamiento por tensión. Por otro lado, a mayor peso molecular, mayor es la resistencia a la tracción y a la presión interna, pero menor es la fluidez de la masa fundida. En resumen, las propiedades más importantes del PE-100 utilizado para fabricar tubos y accesorios REPOLEN [...]”²⁰.

Propiedades físicas del PRFV, se parametrizo simplemente el diámetro de las tuberías a través del Circómetro, cuyos datos forman parte de los datos base para el modelamiento de la línea de conducción²¹.

Propiedades hidráulicas del HDPE, para este caso se modelará teniendo en cuenta la presión máxima de trabajo y la rugosidad, específico para cada material²².

Gradiente hidráulico, es un eficiente método de cálculo hidráulico que incorpora un modelo para resolver y analizar tuberías de presión, participado por ecuaciones lineales fundamentado mediante matrices, tiene como principal ventaja evitar el embalse de las matrices por lo que la cantidad es menor para realizar el proceso en la comparación con otro método [...]”²³.

Pérdida de carga, es la pérdida de presión de un fluido al originarse fricción entre las partículas del mismo y las paredes del conductor por obstáculos en la conducción²⁴.

El flujo hidráulico, nos indica, a través del número de Reynolds, que tan turbulento es un flujo de agua en una línea de conducción, que nos da una idea acerca del desgaste que se ocasionará en la tubería²⁵.

III.METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación de acuerdo al fin es aplicativo**, debido que se va a realizar un análisis del comportamiento hidráulico la línea de conducción con tubería HDPE y PRFV, tomando en cuenta que para dimensionar el tipo de tubería, diámetro y espesor; se tuvo que realizar un diseño hidráulico, para ello se utilizó un software de modelación.

“Los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio [...]”²⁶

El enfoque cuantitativo no predispone al investigador, ya que, se puede efectuar las hipótesis o preguntas durante o después de la recolección de datos, ya que sirven para obtener las preguntas más importantes del investigador, posterior a ello afinar y responderlas.

El **tipo de investigación de acuerdo al nivel** es correlacional, ya que inicialmente se debe medir el grado de asociación entre las mismas, para que posterior a ello se pueda cuantificar mediante un diseño hidráulico, y analizarlo individualmente.

“Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. Por ejemplo, un investigador que desee analizar la asociación entre la motivación laboral y la productividad individual, digamos, en varias empresas industriales con más de mil trabajadores de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, Colombia, mediría la motivación y la productividad de cada persona y después analizaría si los trabajadores con mayor motivación son o no los más productivos [...]”²⁷.

Se considera que un estudio correlacional pretende siempre responder a una variedad de preguntas, con la finalidad de conocer la similitud a cierta medida que

existe entre dos o más conceptos y variables, de una muestra de población en general, cabe resaltar que en ocasiones solo se realiza la comparación de dos variables, pero usualmente se realiza la comparación de tres o más variables.

El **diseño de investigación** es no experimental, ya que se va a realizar un análisis del comportamiento hidráulico comparando dos tipos de materiales, y lo que conlleva a ello, es decir qué tipo de materias es el óptimo para poder instalar, debido a sus propiedades físicas y mecánicas, para que el proyecto sea positivo y se encuentre la utilidad optima a su aplicación.

“llaman a los experimentos estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos, pero siempre observando los principios éticos que se comentarán más adelante y en el capítulo 2 adicional del centro de recursos en línea.”²⁸

Cuando un investigador produce escenarios para poder fundamentar experimentos o estudios de intervención, es para explicar cómo afecta a las personas que participan en ella y a los que no participan, cabe resaltar que todo este desarrollo debe estar ligado al respeto de los derechos y tener bases de los principios éticos. El **enfoque de investigación** es cualitativo, debido que se prevé la hipótesis y posterior se certifica mediante experimento que se llevará acabo entra la variable independiente, y al dependiente, mediante esta actividad se podrá verificar si entre ellos guardan correlación.

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. [...] ²⁹

3.2 Variables y operalización

La operacionalización, se fundamenta en la definición conceptual y operacional de la variable. Su proceso se amplía en el capítulo 7 adicional que se puede descargar del centro de recursos en línea. Por ahora, se comentará que cuando se

construye un instrumento, el proceso más lógico para hacerlo es transitar de la variable a sus dimensiones o componentes, luego a los indicadores y finalmente a los ítems o reactivos y sus categorías [...]”³⁰

En la presente investigación se consideran dos variables, para la definición del concepto, definición operacional, dimensiones, indicadores, e instrumentos de acuerdo a la escala de medición lo cuales son los siguientes:

Variable independiente (Cuantitativo): Tubería High Density Polyethylene (HDPE) y Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Variabes dependientes (cuantitativo): Comportamiento hidráulico de la línea conducción.

3.3 Población, muestra y muestreo

“Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo/análisis, se procede a delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones [...]”³¹

Cabe mencionar que en algunos trabajos de investigación se presentan deficiencias, lamentablemente no se describen las características de la población, y en el peor de los casos consideran que la muestra está representada de manera automática.

En el presente caso **La población**, representa el total de los participantes que tienen características poco comunes y son observables en un lugar y momento establecido. En este caso la población corresponde a toda la línea de conducción conformados por tuberías tano de HDPE, y PRFV.

En la muestra se debe detallar que unidad de medida se va a emplear en el muestreo/análisis y evidenciar las propiedades de la población. En otras palabras, la muestra esta ramificado de un sub grupo de la población, se puede decir que es un subconjunto del conjunto universal que viene a ser la población.

En la presente investigación **la muestra** está constituido por una pequeña porción de la población, debido que estudiar a toda la población es poco probable por la

magnitud de su alcance, por ello teóricamente se extrae una porción que presente las mismas características de la estructura completa, debe de ser un reflejo de la población. En este caso la población está representado por la línea de conducción de que parte desde la captación hasta el punto de entrega, con una medida de 14+00 km de longitud, claro está que la conformación de tuberías HDPE está en el tramo inicial y final, y la tubería PRFV compone desde la progresiva 00+300m hasta la progresiva 07+00 km.

El **tamaño de la muestra, de acuerdo lo mencionado líneas arriba**, la muestra representa las características similares a la población, como se describe en la figura número 2, la población consta de 14+00 km de longitud, quiere decir que dentro de todo se encuentran tramos instalados con tubería HDPE y PRFV, en la figura N° 3, se puede evidenciar un tramo de 2+00 km aproximadamente, el cual será considerado como muestra para el estudio, este tramo actualmente está en proceso constructivo ya que es el de mayor dificultad por la diferencia de cotas bastante pronunciados, la topografía, y la accesibilidad, para este tramo se optó por utilizar tuberías de PRFV según diseño, pero de acuerdo a la problemática el tema en discusión es porque no se utiliza tubería HDPE, para ello se realiza la presente tesis.



Figura 2. Sketch de proyección de línea de conducción

Fuente: (Google Earth, 2020)

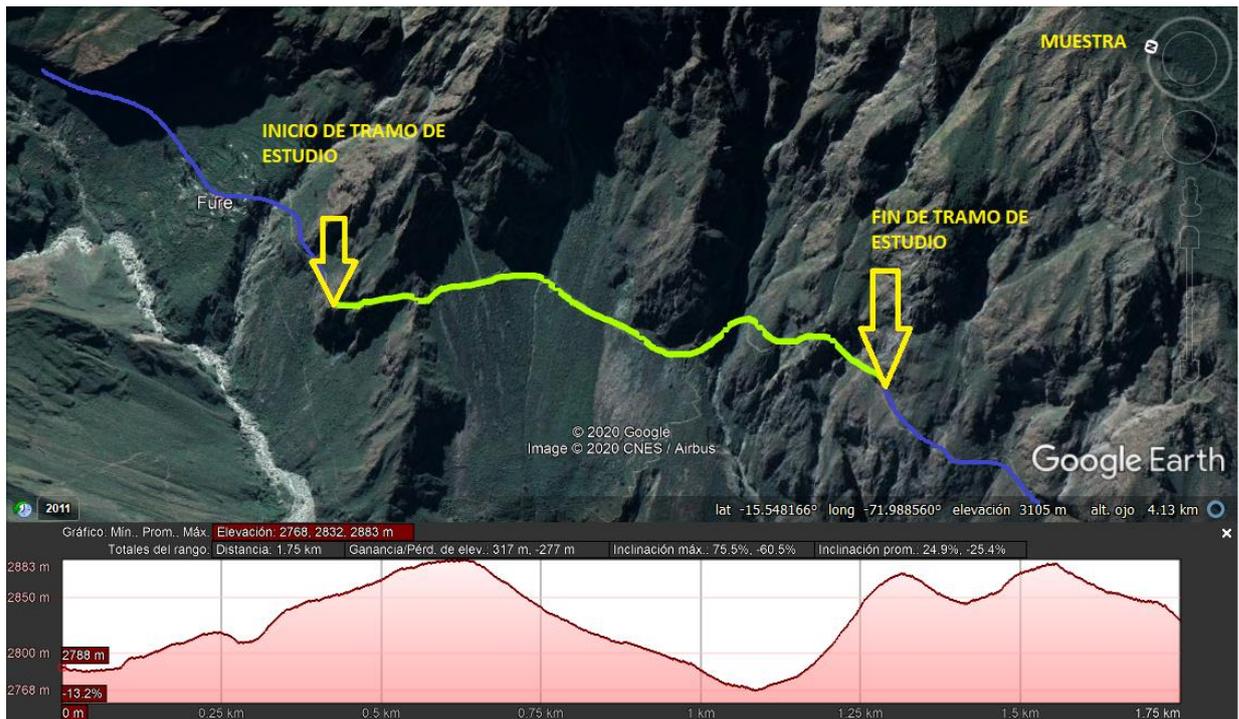


Figura 3. Sketch de muestra para estudio

Fuente: (Google Earth, 2020)

En el muestreo **no probabilístico**, la elección del tema de tesis no se basa en probabilidades, por lo contrario, se analizó el objetivo de la tesis para optar una muestra que al evaluar las características se pudo tener una elección que aportó al estudio con los mismos propósitos, por ello el procedimiento no es aleatorio y no se aplicó fórmulas de probabilidades, sino que el investigador tuvo que evaluar los beneficios para tomar una buena decisión³².

En este caso de la investigación el método no probabilístico se acondiciona a la aplicación, ya que para escoger la muestra se tuvo que revisar los planos topográficos, ya con ello se pudo verificar que el contexto y características darán un buen enfoque al tipo de material a aplicar en la zona.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Después de definir el diseño metodológico del estudio, considerar también que la operacionalización de las variables debe de estar definido, se realiza el procedimiento para recolectar datos, en este capítulo el autor debe determinar las técnicas que serán utilizados.

La técnica que se va a aplicar es la de acumulación de datos, para esta técnica de investigación se aplicará el método de observación directa, ya que a través de cálculos y diseños hidráulicos se podrá observar los resultados, por ende, se estar aplicando la recolección de datos por medio de modelamientos hidráulico son software.

En primer lugar, se acudirá a campo para realizar una inspección visual, que posterior con la ayuda de una estación total se realizará el levantamiento topográfico del are de estudio, debido que el punto de estudio se encuentra a hora de caminata nos apoyaremos de acémilas para trasladar el equipo, la radiación o levantamiento consta de 3 km aproximadamente, y para complementar la recolección se tomará todas las fotos posibles.

Posterior a ello se solicitará a la Compañía Minera Buenaventura, y/o a la municipalidad documentación necesario para acceder a los datos para el cálculo hidráulico.

Tabla1. *Técnicas e instrumentos*

Descripción	Técnicas	Instrumentos
Pérdidas de cargas	Observación directa	Ficha de resultados del Software – WaterCad v.8 – 2020
Gradiente hidráulica	Observación directa	Ficha de resultados del Software – WaterCad v.8 - 2020
Flujo hidráulico	Observación directa	Ecuación de Número de Reynolds

Fuente: elaboración propia

Los instrumentos, los instrumentos tienen múltiples propósitos, y su clasificación es diversa, como la reunión de grupo y enfoques, pueden enfocarse en diferentes perfiles y escenarios, pero el verdadero fin de la instrumentación cualitativa es el propio investigador, cuando el investigador mediante diversos instrumentos recolecta datos, no solo los analiza, comprende completamente que es el medio correcto para obtener datos; en otras palabras cuando de recolección se trata los instrumento cualitativos no son estandarizados³³.

La **validez**, genéricamente se refiere a la exactitud con el que el instrumento obtiene los resultados, en otras palabras, el grado de calidad para respectivo trabajo, por ejemplo, para un aparato que debe medir la inteligencia, este tiene que medir la inteligencia mas no la memoria³⁴.

La validez es una característica única de la investigación, ya que es muy compleja, todo material está predispuesto a validar el producto de validación.

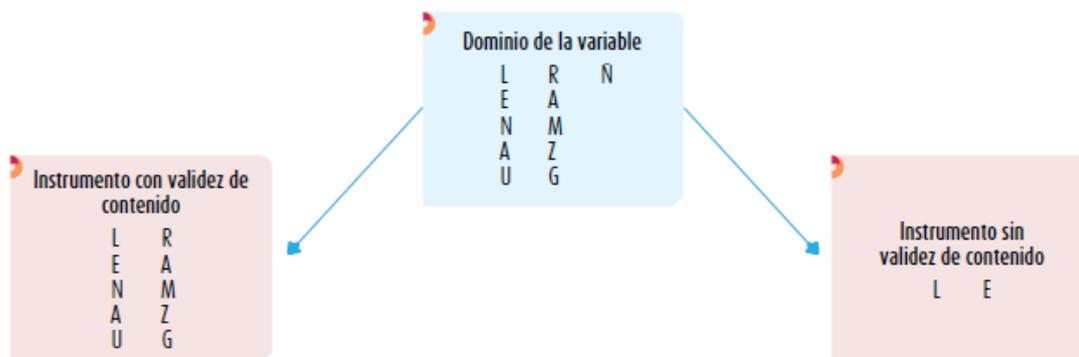


Figura 4. Instrumento de medición con validez

Fuente: (HERNANDEZ, 2014)

La **Confiabilidad**, un producto que no repite resultados iguales, puede estar sometido a la falta de confiabilidad, quiere decir que la confiabilidad se refiere a la cantidad repetitiva en cuanto resultados iguales, ejemplo, si en base a un AP de temperatura se midiera en estos momentos la temperatura ambiente y marque 22°C, y minutos después se realiza otra consulta y la respuesta es de 5 °C, y 5 minutos después, marca 45 °C, por lo tanto como un observador llegarías a la conclusión de que dicho AP no es confiable ya que su funcionamiento defectuoso genera diferentes resultados³⁵.

Tabla 2: Ejemplo de confiabilidad

Primera aplicación		Segunda aplicación		Tercera aplicación	
Mariana	135	Sergio	131	Guadalupe	127
Viridiana	125	Laura	130	Guadalupe	127
Sergio	118	Chester	125	Mariana	118
Laura	110	Guadalupe	112	Laura	115
Guadalupe	108	Mariana	110	Chester	112
Chester	106	Viridiana	105	Viridiana	108
Agustín	100	Agustín	101	Sergio	105

Fuente: (Hernández, 2014)

3.5 Procedimientos

En la presente tesis se está desarrollando los procedimientos para efectuar los estudios propuestos por los objetivos, hipótesis, y variables inicialmente, se

proyecta realizar todo o mencionado para que el progreso de la tesis cumpla la finalidad de informar y ayudar al lector.

Los procedimientos que se siguieron para la tesis fueron los siguientes: inicialmente se investiga las propiedades físicas y mecánica de las tuberías HDPE y PRFV, dicha investigación se realizó de manera teórica ya que los cuadros de datos ya están realizados, para obtener estos datos se tiene las fuentes de investigación en su mayoría manuales utilizados por empresa dedicadas al rubro de instalación de tuberías, cabe resaltar que la mayoría es de aplicativo minero.

En segundo lugar, se tuvo que viajar a la ciudad de Arequipa, exactamente al distrito de Tapay, y para ello se tuvo que seguir la ruta del Cañón del Colca, una vez situados en la en Tapay se tuvo que caminar durante 2 horas para llegar al sitio de aplicación.

En tercer lugar, se tuvo que trasladar una estación total, Triple semirobótico de 4 s, para facilitar el levantamiento topográfico de toda la zona de estudio, la maquina fue trasladado por la distancia y por el camino de herrada mediante una acémila, para evitar posibles accidentes.

Cuarto lugar se tuvo que retornar a Lima, para realizar el desarrollo de los puntos topográficos en gabinete y convertirlos en una superficie y con ello obtener las curvas de nivel, un hecho ello se pudo obtener las cotas exactas y generar tres posibles alineamientos y escoger el más práctico.

Quinto lugar se realizó el modelamiento hidráulico con el software Water Cad, Hec Ras o de acuerdo se compatibilice la necesidad, dicho cálculo se realizó tanto de la tubería HDPE y PRFV, con los resultados se halló el diámetro de tubería y la clasificación de cada uno, con el objetivo de saber cuál es el más óptimo en cuanto a material y contractibilidad.

3.6 Método de Análisis de Dato

Una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y “limpiado” los errores, el investigador procede a analizarlos [...]³⁶

Cuando se aborda el análisis de los datos en su mayoría actualmente se llevará cabo mediante un ordenador, aplicando diversos softwares que te permiten tener mejores resultados y más rápido que si lo hicieras a mano, ya que se tendría que aplicar a mano alzada y se perdería mucho tiempo. Cabe mencionar que

actualmente por la cantidad de datos la mayoría de investigadores, empresa, oficinas tiene un back up en los nuevos electrónicos.

Por ello la investigación tiene que tener un enfoque en la interpretación de los resultados de los métodos de análisis cuantitativos, y no en los procedimientos de cálculos.

Si bien es cierto la recopilación de datos, se desarrollan mediante observación directa, de la misma manera se abordará en la presente investigación ya que se acudirá a IN SITU para evaluar los posibles trazos de la línea de investigación y considerar tanto la accesibilidad y lo accidentado del terreno.

Llevando a cabo los mismos pasos se llevó a cabo el método inductivo, ya que en gabinete se realizó el procesamiento de los datos topográficos y la inserción a los modeladores, considerando tanto dato teórico de campo y proporcionados por las autoridades o por las empresas ejecutoras, con el objetivo de tener resultados de aplicados.

3.7 Aspectos Éticos

En el presente proyecto de investigación, se garantiza la calidad moral de la indagación para lo cual se somete a los siguientes fundamentos éticos: en calidad de alumno de la Escuela de Ingeniería, de la carrera de Ingeniería Civil, asevero que este proyecto de investigación se desarrolló de manera honrada, honesta, con respeto y confianza, a las normativas solicitadas tales como, ISO 690: 2010 (E) y ISO 690 y 690-2, que en base a sus contenidos se recolectaron datos respetando los lineamientos de citas, para evitar la copia de tesis u otros medios, los derechos de cada autor están protegidos por la normativa con el objetivo de evitar inconvenientes en cuanto a copias y poder valorar el esfuerzo de otros investigadores, ya que así como a nosotros le siga sirviendo al lector para futuras investigaciones. Las normativas y formulas aplicadas en la presente cumplen con las normas establecidas, manuales hidráulicos y reglamentos tanto peruanos como extranjeros.

IV.RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Análisis del Comportamiento Hidráulico en la Línea de Conducción Aplicando Tubería HDPE y PRFV, del Sistema de Riego en Tapay – Arequipa 2020.

Ubicación:

Departamento: Arequipa

Provincia : Caylloma

Distrito : Tapay

Coordenadas del distrito de Tapay:

Oeste: 71°56'28"

Sur: 15°34'39"



Figura 5. Provincia de Caylloma

Fuente: (Google Search)



Figura 6. Distrito de Tapay

Fuente: (Google Search)

Localización:



Figura 7. Sketch de proyección de línea de conducción

Fuente: (Google Earth, 2020)

El análisis de la línea de conducción para riego en el distrito de Tapay, será evaluado para tres tipos de materiales para tuberías:

Descripción: PVC

- Coef. HyW “C”: 140
- Presión máxima: PN 16=160 mH2O
- Ø Nominal: 500mm
- Ø Interno: 426.4mm



Figura 08. Tubo PVC
Fuente: Elaboración propia

Descripción: PRFV

- Coef. HyW “C”: 155
- Presión máxima: PN 16=160 mH2O
- Ø Nominal: 500mm
- Ø Interno: 426.4mm



Figura 09. Tubo PRFV
Fuente: Elaboración propia.

Descripción: HDPE

Coef. HyW "C": 150

Presión máxima: PE 4710 (23 bar) =230 mH2O

Ø Nominal: 558.8mm

Ø Interno: 426.4mm



Figura 10: Tubo HDPE

Fuente: Elaboración propia

Trabajo de diseño

El diseño de la línea de conducción para riego en el distrito de Tapay es elaborado primero en AutoCAD, dado que se exportan los datos topográficos obtenidos en campo desde la captación (Denominado R-2) hasta la progresiva 7+090m (Denominado J-63), así mismo se introducen los nodos requeridos para su posterior exportación al software Watercad.

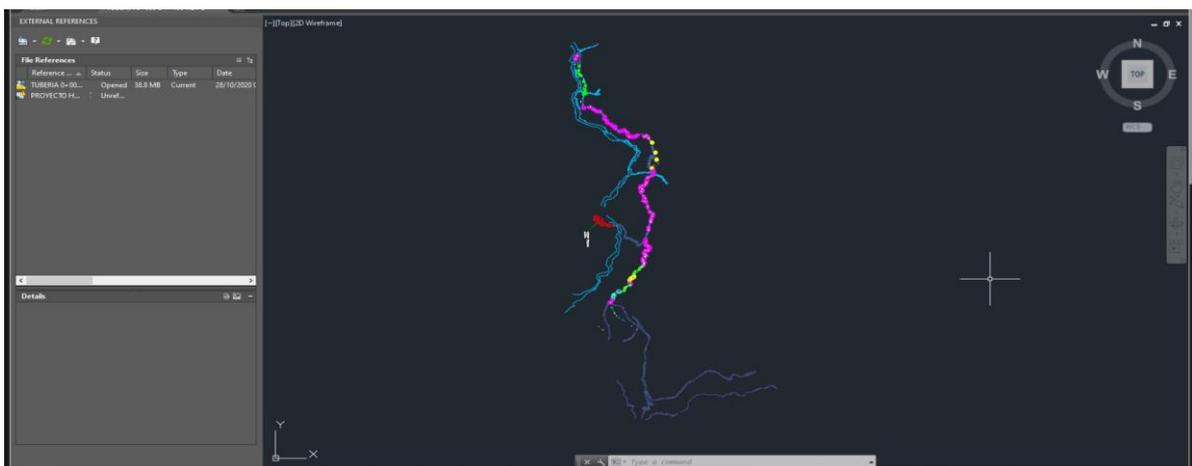


Figura 11. Sketch de proyección de línea de conducción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. *Elevación de nodos*

NODOS	ELEVACIÓN
R2	2976.82
J51	2935.83
J52	2944.23
J57	2871.4
J58	2831.56
J53	2802.17
J49	2789.78
J50	2792.84
J59	2841.44
J61	2711.23
J60	2781.8
J56	2757.01
J54	2730.51
J55	2785.73
J63	2949.99

Fuente: Elaboración propia

	Etiqueta	Elevación (m)	Caudal salida (L/s)	Gradiente hidráulica (m)	X (m)	Y (m)
180: R-2	R-2	2,976.82	250	2,976.82	178,278.39	8,280,419.62

Figura 12. Modelamiento

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se exportó a WaterCAD la proyección de la línea de conducción. El diseño inicial comprende una estructura para la captación de agua sobre el río Molloco (Figura 11), con cota aproximada de 2976.82 msnm (Tabla 8), para un caudal teórico de 250 l/requerimiento de BVN (Figura 12). Una vez los datos base son ingresados, solo hace falta elegir el tipo de material para la tubería con su respectivo diámetro y coeficiente de Hazel y Willians, para que el software modele la línea de conducción con todos los parámetros requeridos.

Objetivo 1: Determinar la influencia de la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, aplicado al sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020

Reseña sobre la influencia de la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico

De acuerdo a los datos base ingresados anteriormente, se realizó el cálculo de la pérdida de carga simulando desde la captación (Denominado R-2) hasta la progresiva 7+090m (Denominado J-63) en el software Watercad. Se realizó un análisis para los tres tipos diferentes de materiales para las tuberías, siendo estos de Policloruro de vinilo (PVC), Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y Polietileno de alta densidad (HDPE). Para hallar la relación de las pérdidas de cargas para tuberías de diámetro superior a 50 mm con el comportamiento hidráulico, se aplicará la Ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = 10,674 * [Q^{1.852} / (C^{1.852} * D^{4.86})] * L$$

Siendo:

H_f: pérdida de carga continua, en m.

Q: Caudal en m³/s

D: diámetro interior en mm

C: Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L: Longitud del tramo, en m

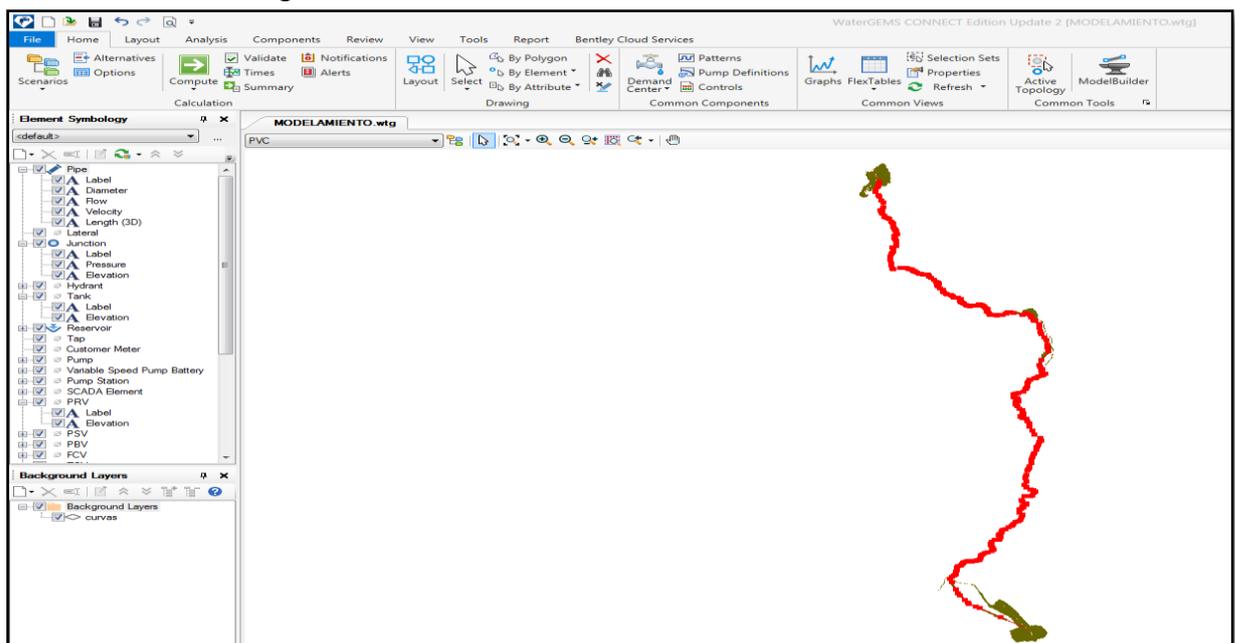


Figura 13. Diseño hidráulico en el software Watercad.

Fuente: (Software Watercad).

TUBERIAS POLICLORURO DE VINILO (PVC)

	Label	Nodo inicial	Nodo final	Longitud (3D) (m)	Diametro (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Gradiente de perdida de carga (m/m)	Perdida de Carga (m)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	Tub-1	R-2	J-51	506.6	426.40	PVC	140.0	250	0.006	2.78	1.75
153: Tub-2	Tub-2	J-51	J-52	204.6	426.40	PVC	140.0	250	0.006	1.13	1.75
178: Tub-3	Tub-3	J-52	J-57	1,061.6	426.40	PVC	140.0	250	0.006	5.84	1.75
163: Tub-4	Tub-4	J-57	J-58	501.9	426.40	PVC	140.0	250	0.006	2.76	1.75
174: Tub-5	Tub-5	J-58	J-53	666.0	426.40	PVC	140.0	250	0.006	3.67	1.75
156: Tub-6	Tub-6	J-53	J-49	290.3	426.40	PVC	140.0	250	0.006	1.60	1.75
150: Tub-7	Tub-7	J-49	J-50	34.5	426.40	PVC	140.0	250	0.006	0.19	1.75
166: Tub-8	Tub-8	J-50	J-59	585.7	426.40	PVC	140.0	250	0.006	3.22	1.75
175: Tub-9	Tub-9	J-59	J-61	688.0	426.40	PVC	140.0	250	0.006	3.73	1.75
170: Tub-10	Tub-10	J-61	J-60	597.4	426.40	PVC	140.0	250	0.006	3.27	1.75
168: Tub-11	Tub-11	J-60	J-56	533.9	426.40	PVC	140.0	250	0.006	2.94	1.75
161: Tub-12	Tub-12	J-56	J-54	448.3	426.40	PVC	140.0	250	0.006	2.47	1.75
158: Tub-13	Tub-13	J-54	J-55	359.0	426.40	PVC	140.0	250	0.006	1.96	1.75
176: Tub-14	Tub-14	J-55	J-63	661.1	426.40	PVC	140.0	250	0.006	3.53	1.75

Figura 14. Tuberías PVC

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: En el cuadro adjunto se observaron las pérdidas de carga generados en cada tramo además se notó que las velocidades en los diferentes tramos son igual a 1.75 m/s, el cual es un valor admisible por debajo de velocidades erosivas.

TUBERÍAS DE PLÁSTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)

	Label	Nodo inicial	Nodo final	Longitud (3D) (m)	Diametro (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Gradiente de perdida de carga (m/m)	Perdida de Carga (m)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	Tub-1	R-2	J-51	506.6	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.05	1.27
153: Tub-2	Tub-2	J-51	J-52	204.6	500.90	FRP	155.0	250	0.002	0.43	1.27
178: Tub-3	Tub-3	J-52	J-57	1,061.6	500.90	FRP	155.0	250	0.002	2.21	1.27
163: Tub-4	Tub-4	J-57	J-58	501.9	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.04	1.27
174: Tub-5	Tub-5	J-58	J-53	666.0	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.39	1.27
156: Tub-6	Tub-6	J-53	J-49	290.3	500.90	FRP	155.0	250	0.002	0.60	1.27
150: Tub-7	Tub-7	J-49	J-50	34.5	500.90	FRP	155.0	250	0.002	0.07	1.27
166: Tub-8	Tub-8	J-50	J-59	585.7	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.22	1.27
175: Tub-9	Tub-9	J-59	J-61	688.0	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.41	1.27
170: Tub-10	Tub-10	J-61	J-60	597.4	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.24	1.27
168: Tub-11	Tub-11	J-60	J-56	533.9	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.11	1.27
161: Tub-12	Tub-12	J-56	J-54	448.3	500.90	FRP	155.0	250	0.002	0.93	1.27
158: Tub-13	Tub-13	J-54	J-55	359.0	500.90	FRP	155.0	250	0.002	0.74	1.27
176: Tub-14	Tub-14	J-55	J-63	661.1	500.90	FRP	155.0	250	0.002	1.33	1.27

Figura 15. Tuberías PRFV

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: En el cuadro adjunto se observaron las pérdidas de carga generados en cada tramo además se notó que las velocidades en los diferentes tramos son igual a 1.27 m/s, el cual es un valor admisible por debajo de velocidades erosivas.

TUBERÍAS POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)

FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (MODELAMIENTO.wtg)

	Label	Nodo inicial	Nodo final	Longitud (3D) (m)	Diametro (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Gradiente de perdida de carga (m/m)	Perdida de Carga (m)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	Tub-1	R-2	J-51	506.6	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.38	2.00
153: Tub-2	Tub-2	J-51	J-52	204.6	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	1.37	2.00
178: Tub-3	Tub-3	J-52	J-57	1,061.6	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	7.09	2.00
163: Tub-4	Tub-4	J-57	J-58	501.9	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.35	2.00
174: Tub-5	Tub-5	J-58	J-53	666.0	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	4.45	2.00
156: Tub-6	Tub-6	J-53	J-49	290.3	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	1.94	2.00
150: Tub-7	Tub-7	J-49	J-50	34.5	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	0.23	2.00
166: Tub-8	Tub-8	J-50	J-59	585.7	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.91	2.00
175: Tub-9	Tub-9	J-59	J-61	688.0	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	4.52	2.00
170: Tub-10	Tub-10	J-61	J-60	597.4	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.97	2.00
168: Tub-11	Tub-11	J-60	J-56	533.9	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.57	2.00
161: Tub-12	Tub-12	J-56	J-54	448.3	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	3.00	2.00
158: Tub-13	Tub-13	J-54	J-55	359.0	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	2.38	2.00
176: Tub-14	Tub-14	J-55	J-63	661.1	399.14	HDPE	150.0	250	0.007	4.29	2.00

Figura 16. Tuberías HDPE

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: En el cuadro adjunto se observaron las pérdidas de carga generados en cada tramo además se notó que las velocidades en los diferentes tramos son igual a 2.00 m/s, el cual es un valor admisible por debajo de velocidades erosivas.

Tabla 4. Comparación Pérdida de Cargas según material, por tramos

TRAMO	PÉRDIDA DE CARGA (m)		
	Policloruro de Vinilo (PVC)	Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV)	Polietileno de Alta densidad (HDPE)
R2 - J51	2.78	1.05	3.38
J51 - J52	1.13	0.43	1.17
J52 - J57	5.84	2.21	7.09
J57 - J58	2.76	1.04	3.35
J58 - J53	3.67	1.39	4.45
J53 - J49	1.60	0.60	1.94
J49 - J50	0.19	0.07	0.23
J50 - J59	3.22	1.22	3.91
J59 - J61	3.73	1.41	4.52
J61 - J60	3.27	1.24	3.97
J60 - J56	2.94	1.11	3.57
J56 - J54	2.47	0.93	3.00
J54 - J55	1.96	0.74	2.38
J55 - J63	3.53	1.33	4.29

Fuente: Elaboración propia

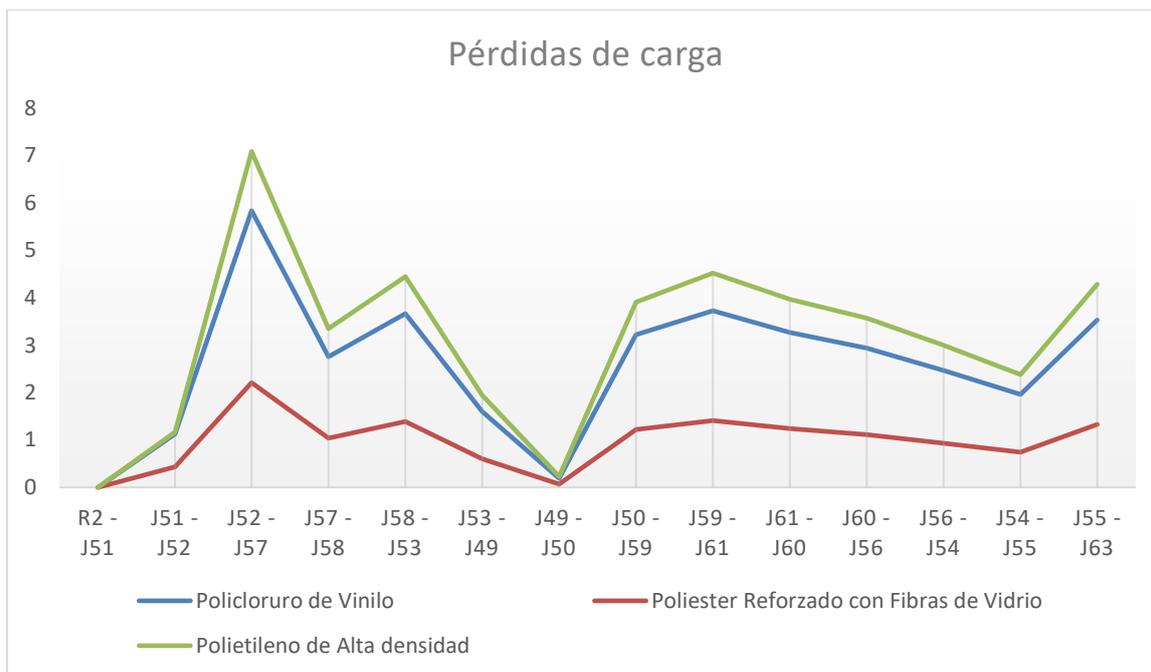


Figura 17. Comparación Pérdida de Cargas según material

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al comparar las diferentes pérdidas de carga en cada tramo de la línea de conducción según el tipo de material (Figura 17), el diámetro y el coeficiente de Hazen y Willians, se puede determinar que a comparación del Policloruro de Vinilo (PCV) que registra un pico de pérdida de carga de 5.84m, el Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV), es el que menos pérdidas de carga registra teniendo un pico de 2.21m y, caso contrario, el Polietileno de Alta Densidad (HPDE) es el que más pérdidas de carga registra teniendo un pico de 7.09m (Tabla 8).

Objetivo 2: Determinar la influencia de la gradiente hidráulica el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Reseña sobre la relación de la gradiente hidráulica de la tubería y el comportamiento hidráulico a través de la Presión

Dado que la velocidad será constante a lo largo de la línea de conducción y que dependiendo del tipo de material esta variará, se le agrega la variable de la línea de gradiente hidráulica (LGH), dichos valores se relacionaran influyendo directamente en el comportamiento hidráulico, específicamente en las presiones en la tubería, todos estos valores se vinculan en la ecuación de la gradiente hidráulica:

$$i = \Delta h / I$$

Siendo:

- i: Gradiente hidráulico (adimensional)
- Δh : Diferencia de potencial hidráulico entre dos puntos
- I: distancia entre dos puntos (igual dirección de flujo)



Figura 18. Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia



Figura 19. Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

Análisis para Policloruro de Vinilo (PVC)

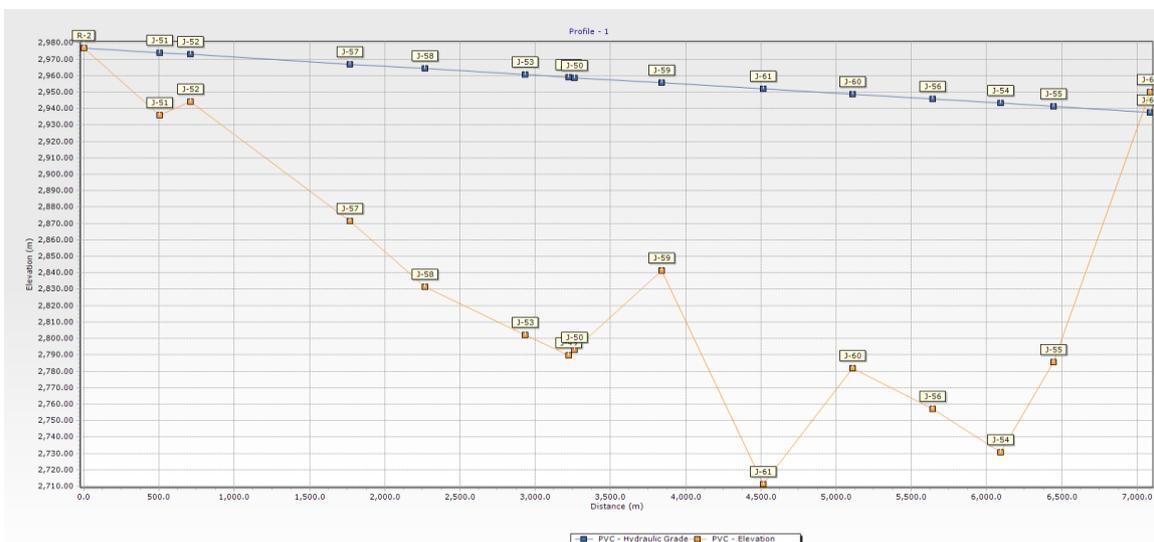


Figura 20. Línea de gradiente hidráulica PVC

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se observa en la gráfica de la línea de gradiente hidráulica que debido a las pérdidas de carga generados esta se encuentra por debajo del nivel de terreno (Presión negativa). Se trabajó con la tubería de mayor diámetro nominal existente en el catálogo PAVCO de tuberías para traslado de agua a presión.

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (MODELAMIENTO.wtg)							
	Label	Elevación (m)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m H2O)	Demanda (L/s)	X (m)	Y (m)
151:	J-49	2,789.78	2,959.03	168.9	0	179,510.73	8,278,232.43
152:	J-50	2,792.84	2,958.84	165.7	0	179,482.05	8,278,213.46
154:	J-51	2,935.83	2,974.03	38.1	0	178,351.19	8,279,965.14
155:	J-52	2,944.23	2,972.90	28.6	0	178,397.05	8,279,779.21
157:	J-53	2,802.17	2,960.63	158.1	0	179,538.89	8,278,488.14
159:	J-54	2,730.51	2,943.22	212.3	0	178,861.92	8,276,083.69
160:	J-55	2,785.73	2,941.26	155.2	0	178,876.10	8,275,761.26
162:	J-56	2,757.01	2,945.69	188.3	0	179,116.36	8,276,354.48
164:	J-57	2,871.40	2,967.06	95.5	0	178,848.31	8,279,084.09
165:	J-58	2,831.56	2,964.30	132.5	0	179,198.38	8,278,893.60
167:	J-59	2,841.44	2,955.63	114.0	0	179,351.21	8,277,790.32
169:	J-60	2,781.80	2,948.63	166.5	0	179,347.04	8,276,744.70
171:	J-61	2,711.23	2,951.90	240.2	0	179,397.21	8,277,199.12
177:	J-63	2,949.99	2,937.73	-12.2	250	179,382.62	8,275,380.32

Figura 21. Nodos PVC

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se observa en el cuadro adjunto las presiones dinámicas en los diferentes puntos de evaluación, muchas de las cuales superan la presión máxima de trabajo (160 mH2O). Además, se tiene que la presión de salida (J-63) es negativa.

Análisis para tubería de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

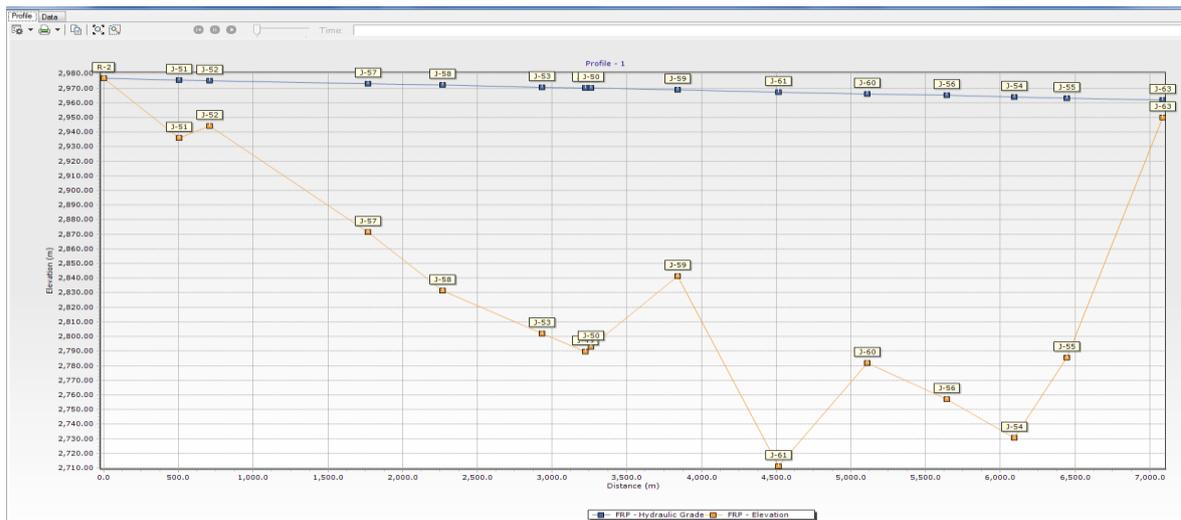


Figura 22. Línea de gradiente hidráulica PRFV

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se observa en la gráfica de la línea de gradiente hidráulica que el agua a pesar de las pérdidas de carga por fricción logra llegar con presión positiva a la salida del tramo en análisis. Se trabajó con la tubería de diámetro nominal de 500mm, según características del catálogo PAVCO de tuberías para traslado de agua a presión.

	Label	Elevación (m)	Gradiente Hidráulica (m)	Presión (m H2O)	Demanda (L/s)	X (m)	Y (m)
151:	J-49	2,789.78	2,970.09	180.0	0	179,510.73	8,278,232.43
152:	J-50	2,792.84	2,970.02	176.8	0	179,482.05	8,278,213.46
154:	J-51	2,935.83	2,975.76	39.9	0	178,351.19	8,279,965.14
155:	J-52	2,944.23	2,975.34	31.0	0	178,397.05	8,279,779.21
157:	J-53	2,802.17	2,970.70	168.2	0	179,538.89	8,278,488.14
159:	J-54	2,730.51	2,964.12	233.1	0	178,861.92	8,276,083.69
160:	J-55	2,785.73	2,963.38	177.3	0	178,876.10	8,275,761.26
162:	J-56	2,757.01	2,965.05	207.6	0	179,116.36	8,276,354.48
164:	J-57	2,871.40	2,973.13	101.5	0	178,848.31	8,279,084.09
165:	J-58	2,831.56	2,972.09	140.2	0	179,198.38	8,278,893.60
167:	J-59	2,841.44	2,968.81	127.1	0	179,351.21	8,277,790.32
169:	J-60	2,781.80	2,966.16	184.0	0	179,347.04	8,276,744.70
171:	J-61	2,717.23	2,967.40	249.7	0	179,397.21	8,277,199.12
177:	J-63	2,949.99	2,962.04	12.0	250	179,382.62	8,275,380.32

Figura 23. Nodos PRFV

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se observa en el cuadro adjunto las presiones dinámicas en los diferentes puntos de evaluación, las cuales no superan la presión máxima de trabajo (250 mH2O). Además, se tiene que la presión de salida (J-63) es positiva e igual a 12 mH2O.

Análisis para Polietileno de Alta Densidad (HDPE)



Figura 24. Línea gradiente hidráulica HDPE

Fuente: (Software Watercad).

Interpretación: Se observa en la gráfica de la línea de gradiente hidráulica que debido a las pérdidas de carga generados esta se encuentra muy por debajo del nivel de terreno (Presión negativa). Se trabajó con la tubería de mayor diámetro nominal existente en el catálogo PAVCO de tuberías para traslado de agua a presión.

	Label ▲	Elevación (m)	Gradiente Hidraulica (m)	Presión (m H2O)	Demanda (L/s)	X (m)	Y (m)
151: J-49	J-49	2,789.78	2,955.23	165.1	0	179,510.73	8,278,232.43
152: J-50	J-50	2,792.84	2,955.00	161.8	0	179,482.05	8,278,213.46
154: J-51	J-51	2,935.83	2,973.43	37.5	0	178,351.19	8,279,965.14
155: J-52	J-52	2,944.23	2,972.07	27.8	0	178,397.05	8,279,779.21
157: J-53	J-53	2,802.17	2,957.17	154.7	0	179,538.89	8,278,488.14
159: J-54	J-54	2,730.51	2,936.02	205.1	0	178,861.92	8,276,083.69
160: J-55	J-55	2,785.73	2,933.65	147.6	0	178,876.10	8,275,761.26
162: J-56	J-56	2,757.01	2,939.02	181.6	0	179,116.36	8,276,354.48
164: J-57	J-57	2,871.40	2,964.97	93.4	0	178,848.31	8,279,084.09
165: J-58	J-58	2,831.56	2,961.62	129.8	0	179,198.38	8,278,893.60
167: J-59	J-59	2,841.44	2,951.09	109.4	0	179,351.21	8,277,790.32
169: J-60	J-60	2,781.80	2,942.59	160.5	0	179,347.04	8,276,744.70
171: J-61	J-61	2,711.23	2,946.56	234.9	0	179,397.21	8,277,199.12
177: J-63	J-63	2,949.99	2,929.36	-20.6	250	179,382.62	8,275,380.32

Figura 25. Nodos HDPE

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Se observa en el cuadro adjunto las presiones dinámicas en los diferentes puntos de evaluación, muchas de las cuales superan la presión máxima de trabajo (230 mH2O). Además, se tiene que la presión de salida (J-63) es negativa e igual a -20.6 mH2O.

Tabla 5. Comparación de Presión según el tipo de material, en los nodos

NODOS	PRESIÓN (m H2O)		
	Policloruro de Vinilo (PVC)	Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV)	Polietileno de Alta densidad (HDPE)
J51	38.1	39.9	37.5
J52	28.6	31.0	27.8
J57	95.5	101.5	93.4
J58	132.5	140.2	129.8
J53	158.1	168.2	154.7
J49	168.9	180.0	165.1
J50	165.7	176.8	161.8
J59	114.0	127.1	109.4
J61	240.2	249.7	234.9
J60	166.5	184.0	160.5
J56	188.3	207.6	181.6
J54	212.3	233.1	205.1
J55	155.2	177.3	147.6
J63	-12.2	12.0	-20.6

Fuente: Elaboración propia

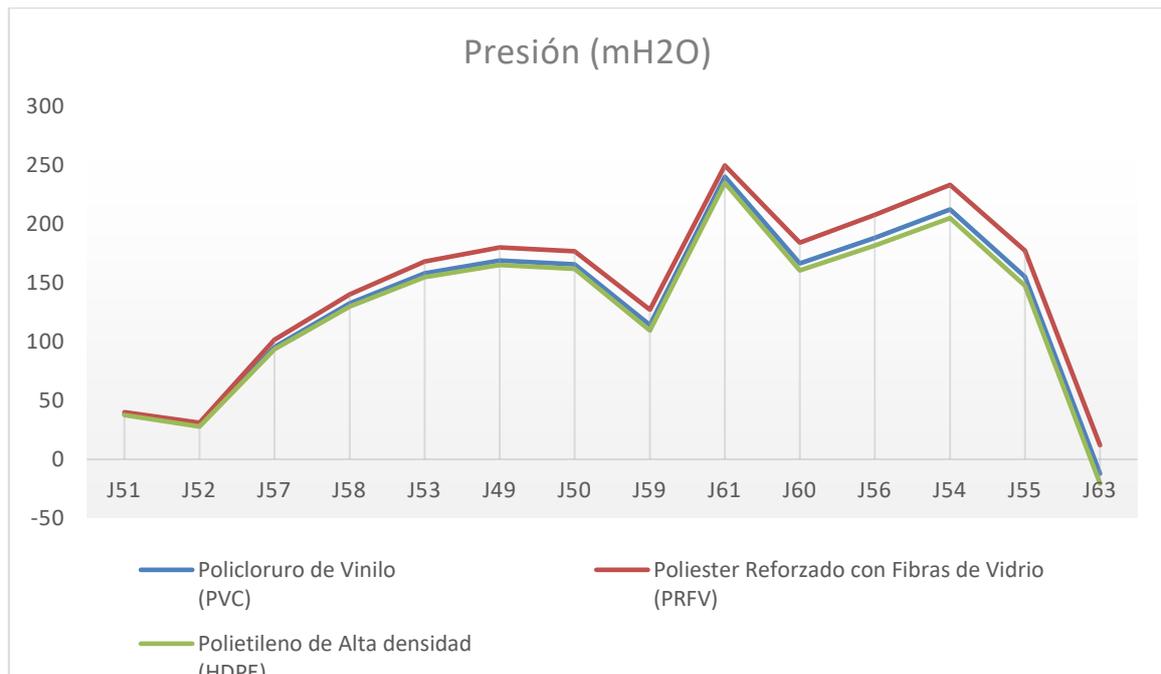


Figura 26. Comparación de Presión según el tipo de material, en los nodos

Fuente: (Software Watercad)

Interpretación: Las presiones para el tubo con el tipo material de Policloruro de Vinilo (PVC) sobrepasan la presión máxima de trabajo (160 mH2O) y llega con una presión negativa de -12.2 mH2O (Gradiente hidráulica debajo de la cota final), de igual manera las presiones para el tubo con el tipo de material de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) también superan la presión máxima de trabajo (230 mH2O) y tiene una presión negativa de -20.6 mH2O (Gradiente hidráulica debajo de la cota final); sin embargo, las presiones para el tubo con el tipo de material de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) no rebasan la presión máxima de trabajo (250 mH2O) y terminan con una presión de 12 mH2O (Gradiente hidráulica encima de la cota final).

Objetivo 3: Determinar la influencia del flujo hidráulico en el comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Reseña sobre la relación del diámetro de la tubería y el comportamiento hidráulico a través del número de Reynolds

Dado que la velocidad será constante a lo largo de la línea de conducción y que dependiendo del tipo de material esta variará, se le agrega la variable del diámetro

de la tubería, dichos valores se relacionaran afectando el flujo hidráulico, específicamente en el número de Reynold, es cuál lleva por fórmula:

$$Re = \rho * V * D / \eta$$

Siendo:

- ρ = Densidad del fluido (kg/m³)
- V = Velocidad de flujo (m³/s)
- D = Diámetro.
- η = viscosidad dinámica del fluido
- Re<2000: Flujo Laminar
- 2000<Re<4000: Flujo Transición
- Re>4000: Flujo Turbulento



Figura 27. Tubería HDPE



Figura 28. Tubería PRFV

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Determinación del número de Reynolds, para la tubería de Policloruro de Vinilo

(PVC):

	Label	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	Tub-1	426.40	1.75
153: Tub-2	Tub-2	426.40	1.75
178: Tub-3	Tub-3	426.40	1.75
163: Tub-4	Tub-4	426.40	1.75
174: Tub-5	Tub-5	426.40	1.75
156: Tub-6	Tub-6	426.40	1.75
150: Tub-7	Tub-7	426.40	1.75
166: Tub-8	Tub-8	426.40	1.75
175: Tub-9	Tub-9	426.40	1.75
170: Tub-10	Tub-10	426.40	1.75
168: Tub-11	Tub-11	426.40	1.75
161: Tub-12	Tub-12	426.40	1.75
158: Tub-13	Tub-13	426.40	1.75
176: Tub-14	Tub-14	426.40	1.75

Figura 29. Diámetro y Velocidad

Fuente: (Software Watercad)

$$N_R = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} * 1.75 \frac{m}{s} * 0.426m}{0.001 Pa.s} = 745500$$

Interpretación: Dado que se tiene una velocidad constante en la línea de conducción, el número de Reynolds es 745500, el cual nos indica un flujo turbulento.

Determinación del número de Reynolds, para la tubería de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV):

	Diametro (mm)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	500.90	1.27
153: Tub-2	500.90	1.27
178: Tub-3	500.90	1.27
163: Tub-4	500.90	1.27
174: Tub-5	500.90	1.27
156: Tub-6	500.90	1.27
150: Tub-7	500.90	1.27
166: Tub-8	500.90	1.27
175: Tub-9	500.90	1.27
170: Tub-10	500.90	1.27
168: Tub-11	500.90	1.27
161: Tub-12	500.90	1.27
158: Tub-13	500.90	1.27
176: Tub-14	500.90	1.27

Figura 30. Diámetro y Velocidad

Fuente: (Software Watercad)

$$N_R = \frac{1000^{kg} / m^3 * 1.27 \frac{m}{s} * 0.5m}{0.001 Pa.s} = 635000$$

Interpretación: Dado que se tiene una velocidad constante en la línea de conducción, el número de Reynolds es 635000, el cual nos indica un flujo turbulento.

Determinación del número de Reynolds, para la tubería de Polietileno de Alta densidad (HDPE):

	Diametro (mm)	Velocidad (m/s)
172: Tub-1	399.14	2.00
153: Tub-2	399.14	2.00
178: Tub-3	399.14	2.00
163: Tub-4	399.14	2.00
174: Tub-5	399.14	2.00
156: Tub-6	399.14	2.00
150: Tub-7	399.14	2.00
166: Tub-8	399.14	2.00
175: Tub-9	399.14	2.00
170: Tub-10	399.14	2.00
168: Tub-11	399.14	2.00
161: Tub-12	399.14	2.00
158: Tub-13	399.14	2.00
176: Tub-14	399.14	2.00

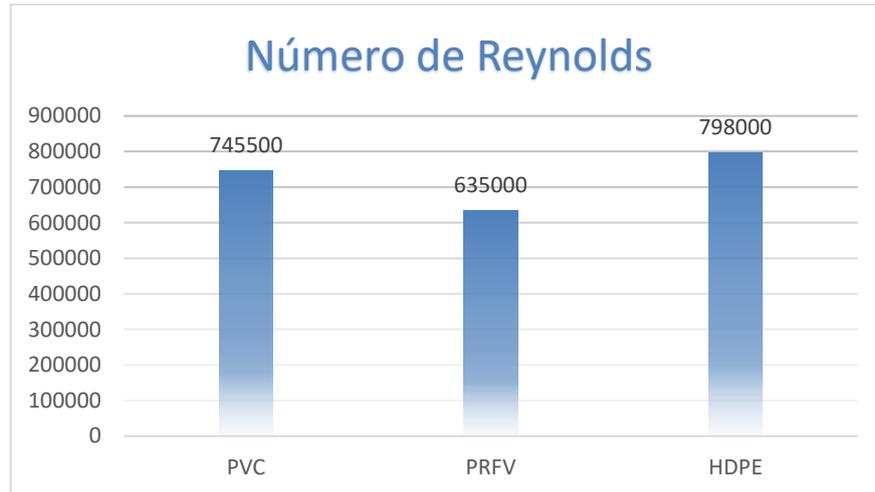
Figura 31. Diámetro y Velocidad

Fuente: (Software Watercad)

$$N_R = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 * 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.399 \text{ m}}{0.001 \text{ Pa.s}} = 798000$$

Interpretación: Dado que se tiene una velocidad constante en la línea de conducción, el número de Reynolds es 798000, el cual nos indica un flujo turbulento.

Tabla 6. Comparación Número de Reynolds según material



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En el siguiente cuadro comparativo podemos apreciar que, si bien para las tres clases de materiales para tuberías, el número de Reynolds nos indica que todas son de flujo turbulento, a comparación de la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC), la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) presenta un mayor número de Reynolds, mientras que, la tubería de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) es la que presenta un menor número de Reynolds, siendo óptimo que se cuente con el menor número de Reynolds posible.

V.DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar la influencia de la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, aplicado al sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Antecedente: Ganchozo y Monserrate (2018) en su investigación, donde se analizó los parámetros que influyen en las pérdidas de cargas, encontró que estas se ven influenciadas en gran parte por el tipo de material a utilizar en la línea de conducción, y de menor medida de otros parámetros como el estado de la tubería, longitud, diámetro y la velocidad de circulación del flujo.

Resultado: Principalmente según el tipo de material, Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV), Policloruro de Vinilo (PVC) y el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), y de menor manera, el coeficiente de Hazen y Williams y el diámetro asociado a cada tipo, se determinan diferentes pérdidas de carga en cada tramo de la línea de conducción.

Comparación: Según el antecedente, al momento de estudiar las pérdidas de cargas originadas por la línea de conducción analizada, estas se ven influenciadas en gran parte por la rugosidad, que es una característica que depende solamente del tipo de material a utilizar en la línea de conducción, teniendo que, el resto de parámetros influyen de menor manera, siendo análogo al antecedente.

Objetivo 2: Determinar la influencia de la gradiente hidráulica en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Antecedente: Torres (2019), en su tesis, donde se comparó las presiones de la red actual contra una red proyectada en software, se verificó que el agua cumpliera con una presión positiva al final de la línea de conducción necesaria para que esta llegue hacia los puntos de conexión de los usuarios.

Resultado: Según la ecuación de Bernoulli, la gradiente hidráulica influye directamente en las presiones de la línea de conducción, siendo así que para el tubo con el tipo material de Policloruro de Vinilo (PVC) sobrepasan la presión máxima de trabajo (160 mH₂O) y llega con una presión negativa de -12.2 mH₂O, de igual manera las presiones para el tubo con el tipo de material de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) también superan la presión máxima de trabajo (230 mH₂O) y tiene una presión negativa de -20.6 mH₂O, sin embargo, las presiones para el

tubo con el tipo de material de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) no rebasan la presión máxima de trabajo (250 mH₂O) y terminan con una presión de 12 mH₂.

Comparación: De acuerdo con el antecedente, se identificó una presión negativa que originaba que el agua no llegará a los puntos de conexión requeridos, en el modelamiento de la línea de conducción esto se resuelve para tener finalmente una presión positiva; de igual manera al momento de analizar las presiones en los diferentes tipos de materiales, se obtiene que Policloruro de Vinilo (PVC) y el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) obtienen presiones negativas, por lo tanto el agua no llegará con presión al final de la línea, a diferencia del Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV), que al tener una presión positiva en la terminal, este es el que será tomado en cuenta.

Objetivo 3: Determinar la influencia del flujo hidráulico para el comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.

Antecedente: Pinto (2020) en su investigación según el material de la tubería halló el número de Reynolds respectivo, obteniendo que para todos los casos se consigue un flujo turbulento, indicando que el sistema tiende a desgastarse rápido. Resultado: si bien para las tres clases de materiales para tuberías el número de Reynolds nos indica que todas son de flujo turbulento, la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) presenta el mayor número de Reynolds (798000), mientras que, la tubería de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) es la que presenta un menor número de Reynolds (635000), siendo este último menos propensa al desgaste.

Comparación: Según los antecedentes, para todos los tipos de materiales se obtiene un flujo turbulento, apreciando el alto desgaste que se originará; esto se demuestra en mi investigación, donde para todos los tipos de materiales de tuberías y sus respectivos diámetros se obtiene un flujo de igual manera turbulento, siendo similares al antecedente.

VI.CONCLUSIONES

Objetivo general: Se evaluó el comportamiento hidráulico en la línea de conducción, a través del modelamiento de esta en el programa WaterCad, para tuberías HDPE y PRFV, del sistema de riego de Tapay – Arequipa 2020.

Objetivo 1: Se determinó que el comportamiento hidráulico se ve influenciado por las pérdidas de cargas, a través de la ecuación de Hazen-Williams, cuyo resultado varía dependiendo del tipo de material a analizar; al tener como referencia el material de Policloruro de Vinilo (PCV) que registra un pico de pérdida de carga de 5.84m, el Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV), es el que menos pérdidas de carga registra teniendo un pico de 2.21m y, caso contrario, el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es el que más pérdidas de carga registra teniendo un pico de 7.09m.

Objetivo 2: Se determinó que el comportamiento hidráulico se ve influenciado por la gradiente hidráulica, cuyo ecuación surge efecto directamente en la presión hidráulica, dicho resultado varía dependiendo del tipo de material a analizar; al tener como referencia el Policloruro de Vinilo (PCV), este sobrepasa la presión máxima de trabajo (160 mH₂O) y llega con una presión negativa de -12.2 mH₂O, de igual manera las presiones para el tubo de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) también superan la presión máxima de trabajo (230 mH₂O) y tiene una presión negativa de -20.6 mH₂O; sin embargo, las presiones para el tubo de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) no rebasan la presión máxima de trabajo (250 mH₂O) y terminan con una presión de 12 mH₂O.

Objetivo 3: Se determinó que el comportamiento hidráulico se ve influenciado por el flujo hidráulico, a través del número de Reynolds, dicho resultado varía dependiendo del tipo de material a analizar; al tener como referencia el material de Policloruro de Vinilo (PCV) con número de Reynolds 745500, la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tiene como resultado un número de Reynolds de 798000 superando al anterior, mientras que, la tubería de Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) tiene un número de Reynolds de 635000, siendo este el menor y evidenciando que todos muestran un caudal turbulento.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo 1: Al comparar las pérdidas de cargas de la tubería de Policloruro de Vinilo (PCV) contra el Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) y el Polietileno de Alta Densidad (HPDE), es evidente la gran ventaja que existe para el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), por lo tanto, sería beneficioso para el estudio, conseguir una mayor gama de materiales que se presten a valores más cercanos a los obtenidos para un estudio más riguroso.

Objetivo 2: Al comparar las presiones hidráulicas, provenientes de la gradiente hidráulica, de la tubería de Policloruro de Vinilo (PCV) contra el Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) y el Polietileno de Alta Densidad (HPDE), es evidente la gran ventaja que existe para el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) dado que fue el único valor con presión máxima admisible y presión positiva, por lo tanto, sería beneficioso para el estudio, conseguir una mayor gama de materiales que se presten a valores más cercanos a los obtenidos para un estudio más riguroso.

Objetivo 3: Al comparar los números de Reynolds, los cuales se originan según el flujo hidráulico en la línea de conducción, de la tubería de Policloruro de Vinilo (PCV) contra el Poliéster Reforzado con Fibras de Vidrio (PRFV) y el Polietileno de Alta Densidad (HPDE), si bien para los tres el caudal es turbulento, la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) presenta un número de Reynolds muy por debajo de las demás, por lo que se requiere conseguir una mayor gama de materiales que se presten a valores más cercanos a los obtenidos para un estudio más riguroso.

REFERENCIAS

Exitosa instalación de tuberías PRFV para el proyecto Daule – Vinces. **Agua, Secretaría del. 2020.** 1, Ecuador - Quito : Gobierno de Ecuador, 11 de 10 de 2020, Vol. I, pág. 3.

PAVCO. 2014. *Manual Técnico Tubosistemas PEAD Para Conducción de Agua potable Acuaflex.* 1. Bucaramanga : s.n., 2014. pág. 44. Vol. 1.

DIEZ, Eder y MUÑOZ, Wilmer. 2019. *Diseño Comparativo Técnico - Económico Entre Sistemas de Saneamiento con Tuberías de PVC y Polietileno C.P. Pacanguilla - La Libertad.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2019.

PAVCO. 2014. *Manual Técnico Tubosistemas PEAD Para Conducción de Agua potable Acuaflex.* 1. Bucaramanga : s.n., 2014. pág. 44. Vol. 1.

PLASTIFORTE. 2011. *Manual Técnico Tubería HDPE Minería e Industria.* 1. Cochabamba : s.n., 2011. pág. 39. 4433270.

ZAMORA, Zaida y ÁLVAREZ, Javier. 2011. *Diseño Hidráulico de la Línea de Conducción No 2, Tramo: Derivación a los Municipios de Chaclo y Vallejo de Chaclo, Subtramo: Derivación al Tanque Cerro del Marques KM 0+000.00 al KM 8+498.55.* Mexico D.F : s.n., 2011. pág. 122, Proyecto de Tesis.

VERA , Domingo. 2018. *“Evaluación del Comportamiento Hidráulico de Redes de Distribución de Agua Potable, Mediante Métodos Computacionales convencionales convencionales en el distrito de chupaca”.* Junin. Huancayo : s.n., 2018. pág. 204, Proyecto de Tesis

BONILLA, Ricardo. 2019. *Diseño Comparativo Técnico - Económico Entre Sistemas de Saneamiento con Tuberías de PVC y Polietileno C.P. Pacanguilla - La Libertad.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2019. pág. 23.

PRUDENCIO, Juan. 2015. *Modelo de Simulación de Líneas de Conducción e Impulsión del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de*

Cerro de Pasco. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides CArrión, 2015.

ZAMORA, Zaida y ÁLVAREZ, Javier. 2011. *Diseño Hidráulico de la Línea de Conducción No 2, Tramo: Derivación a los Municipios de Chaclo y Vallejo de Chaclo, Subtramo: Derivación al Tanque Cerro del Marques KM 0+000.00 al KM 8+498.55.* Mexico D.F : s.n., 2011. pág. 122, Proyecto de Tesis.

PEREIRA, Maritza. 2016. *Diseño de la Línea de Conducción por Gravedad Para el Abastecimiento de Agua Potable.* Machala : Universidad Técnica de Machala, 2016.

VILLACIS, Katherine. 2018. Evaluación de la Línea de Conducción del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Cantón Rumiñahui. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2018.

XIAOXIA, Zou. 2013. Cost-effectiveness analysis of water-saving irrigation technologies based on climate change response: A case study of China. China : s.n., 2013.

GHABECHE, Wafia. 2019. An Investigation into Property Variances Between Outer and Inner HDPE Pipe Layers. Annaba : MECHANIKA, 2019. 1392-1207.

VENKATESH, Chandan. 2012. Performance comparison of high density polyethylene pipe (HDPE) in municipal water applications. Thesis (Master Of Science In Civil Engineering) EEUU: The University Of Texas At Arlington. 2012. 99pp.

AENOR. 2018. *Sistemas de tuberías de PRFV.* 2018. pág. 13.

AUBESO, Josep. 2020. *Tuberías de PRFV Para Aplicaciones Industriales.* Mira : s.n., 2020. pág. 25.

MORENO, Luis, FLORES, Julian y HERNANDEZ, Byron. 2018. *Caracterización Mecánica de Compuestos Poliéster/Fibra de Guadua y Poliéster/Fibra de Guadua - Vidrio.* Manizales : s.n., 2018. Vol. 23. 0122-1701. pág. 17.

REBOCA, SL. 2015. *Repolen Manual Técnico PPR Y PE - 100.* 9. Valencia : s.n., 2015. pág. 128. Vol. 1. pág. 22.

REBOCA, SL. 2015. *Repolen Manual Técnico PPR Y PE - 100.* 9. Valencia : s.n., 2015. pág. 128. Vol. 1. pág. 30.

MORENO, Luis, FLORES, Julian y HERNANDEZ, Byron. 2018. *Caracterización Mecánica de Compuestos Poliéster/Fibra de Guadua y Poliéster/Fibra de Gadua - Vidrio.* Manizales : s.n., 2018. Vol. 23. 0122-1701. pág. 12.

MORENO, Luis, FLORES, Julian y HERNANDEZ, Byron. 2018. *Caracterización Mecánica de Compuestos Poliéster/Fibra de Guadua y Poliéster/Fibra de Gadua - Vidrio.* Manizales : s.n., 2018. Vol. 23. 0122-1701. pág. 31.

REBOCA, SL. 2015. *Repolen Manual Técnico PPR Y PE - 100.* 9. Valencia : s.n., 2015. pág. 128. Vol. 1.

MORENO, Luis, FLORES, Julian y HERNANDEZ, Byron. 2018. *Caracterización Mecánica de Compuestos Poliéster/Fibra de Guadua y Poliéster/Fibra de Gadua - Vidrio.* Manizales : s.n., 2018. Vol. 23. 0122-1701. pág. 33.

REBOCA, SL. 2015. *Repolen Manual Técnico PPR Y PE - 100.* 9. Valencia : s.n., 2015. pág. 128. Vol. 1.

MORENO, Luis, FLORES, Julian y HERNANDEZ, Byron. 2018. *Caracterización Mecánica de Compuestos Poliéster/Fibra de Guadua y Poliéster/Fibra de Gadua - Vidrio.* Manizales : s.n., 2018. Vol. 23. 0122-1701. pág. 42.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 636.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 628.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 622.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 623.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 613.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 620.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 618.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 626.

PEREIRA, Maritza. 2016. *Diseño de la Línea de Conducción por Gravedad Para el Abastecimiento de Agua Potable.* Machala : Universidad Técnica de Machala, 2016. pág. 31.

HERNÁNDEZ, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* [ed.] Delegación ALVARO OBREGON. 6 ta. Mexico D.F : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2014. 978-1-4562-2396-0. pág. 518.

ALLWOOD, W. J. and BEECH, S. H (1993). “The Development of the Notched Pipe Test for the Assessment of the Slow Crack Growth Resistance of Polyethylene Pipe.” *Construction of Building Material*, Vol 7, Issue 3, pp 157 – 162.

ASCE (2009). "Report Card for America's Infrastructure." Rep. No. 978-0-7844-1037-0, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, VA.

AUSTIN, R. G., (2011) “Detailed Water Quality Modeling of Pressurized Pipe Systems and its Effect on the Security of Municipal Water Distribution Networks.” PhD Dissertation, University of Arizona, Tucson, AZ.

BEAMER, R. E. and KENDALL, D. R. (2009) “One Agency’s Perspective on a Change from Steel to Plastic Pipe.” ASCE Pipelines Conference, San Diego, CA.

BHAVE, P. R. and GUPTA. R. (2006). *Analysis of Water Distribution Networks.* Alpha Science International Ltd., Oxford, U.K.

BOROS, S. J. (2011). “History of HDPE, Application, Limitation and Overview of PE Industry.” Use of HDPE for Power Plant Piping Systems Workshop 2011 Charlotte, NC.

BROWN, H. R. (2000), “Adhesion between Polymers and Other Substances - A Review of Bonding Mechanisms, Systems and Testing.” *Materials Forum*, Vol. 24, pp. 49-58.

CECH, T.V. (2005). *Principles of Water Resources: History, Development, Management, and Policy.* Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2005.

CLARKE, R. M. *Modeling Water Quality in Distribution Systems,* American Water Works Association; Second Edition, Denver, CO.

DAVIS, P., STEWART, B., GOULD, S., TJANDRAATMADJA, G., and SADLER, P. (2007). Long-Term Performance Prediction for PE Pipes. American Water Works Association; Denver, CO.

DENBERG, M. (2009) “Release of Organic Compounds from Polymer Pipes used in Drinking Water Distribution.” PhD Thesis, Technical University of Denmark.

DUVALL, D. E. and EDWARDS, D. B. (2009), “Oxidative Degradation of High Density Polyethylene Pipes from Exposure to Drinking Water Disinfectant.” Engineering Systems Inc., Aurora, IL.

DUVALL, D. E. and EDWARDS, D. B. (2010), “Forensic Analysis of Oxidation Embrittlement in Failed HDPE Potable Water Pipes.” ASCE Pipeline Division Specialty Conference, Keystone, CO.

ÉKES, C., NEDUCZA, B., and HENRICH, G. R. (2011) “Completing Condition Assessments Using in-pipe GPR as Pipe Penetrating Radar.” ASCE Pipelines Conference, Seattle, WA.

ENG, J., SASSI, T., and VITARELLI, G. (2011), “The Effect of Chlorinated Water on Polyethylene Pipes.” Society of Plastic Engineers, Annual technical Conference (ANTEC) Proceedings.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA) (2007), “Drinking Water Infrastructure Needs Survey.” Fourth report to Congress, USEPA Washington, D. C. and Assessment.

FARSHAD, M. (2006). Plastic Pipe Systems Failure Investigation and Diagnosis. Elsevier Ltd., Amsterdam, NL.

FOLKMAN, S. (2012) “Water Main Break Rates in the USA and Canada: A Comprehensive Study April 2012.” Utah State University, UT.

FRANK, A., PINTER, G. and LANG, R. W. (2009), “Prediction of the Remaining Lifetime of Polyethylene Pipes After up to 30 Years in Use.” Society of Plastic Engineers. Annual Technical Conference (ANTEC) Proceedings.

FRANK, A., READHEAD, A., KAPUR, M., CHANG, D., SCHRAMN, D., BENSASON, S., and PINTER, G., (2011) “Characterization of Crack Initiation and Slow Crack Growth in Polyethylene with Cyclic Cracked Round Bar

Tests.” Society of Plastic Engineers, Annual technical Conference (ANTEC) Proceedings.

HAAGER, M., PINTER, G. and LANG, R. W. (2006) “Ranking of PE-HD Pipe Grades by Fatigue Crack Growth Performance.” Plastic Pipes XIII, Washington.

HART, N. T., DYKEMA, J., ELVER, K., SCHAEFFER, N. C., and STEVENSON, J. (2010) “Survey Fundamental: A Guide to Designing and Implementing Surveys”, University of Wisconsin Survey Center; Madison, WI.

HOVLAND, T. J., and NAJAFI, M., (2009) Inspecting Pipeline Installation. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 117, Reston, VA.

HSIEH, C. W., HUANG, C. C. and WANG, J. (2007) “Long-Term Plastic Pipe Stiffness Measured by Conventional and Accelerated Procedures.” International Conference on Pipeline Engineering and Construction; Boston, MA.

IVANKOVIC, A. and VENIZELOS, G. P., (1998), “Rapid Crack Propagation in Plastic Pipe Predicting Full-Scale Critical Pressure from S4 Test Results.” Eng. Fract. Mech., Vol. 59(5), 607-622.

KLEINER, Y. and RAJANI, B. (2001) “Comprehensive Review of Structural Deterioration of Water Mains: Statistical Model.” Urban Water, Vol. 3(3), 131-150.

KUFFER, B. G. and FREED, T. (2009) “Plastic (HDPE) Pipe for Water Main Projects is Growing Solving Problems., Changing Attitudes, Saving Money and even Creating Local Heroes!!!.” ASCE Pipelines Conference, San Diego, CA.

LUSTIGER, A. and CORNELLIUSSEN, R. D., (1987) “The Role of Crazes in the Crack Growth of Polyethylene.” J.Mater.Sci., Vol. 22(7), 2470 – 2476.

LUNDBACK, M. (2005), “Long-term Performance of Polyolefins in Different Environments Including Chlorinated Water. Antioxidant Consumption and Mitigation and Polymer Degradation.”

MAYS, L. W. (2000). Water Distribution Systems Handbook, McGraw Hill Companies, Inc. Two Penn Plaza New York, NY 10121.

MCDONALD, S. and RAJANI, B. (1995), “Water Main Break Data for Different Pipe Material for 1992 and 1993.” National Research Council, Ottawa, Ontario.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA (NRC) (2003), “Deterioration and Inspection of Water Distribution Systems a Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure.” issue No. 1.1.

ANEXOS

ANEXOS 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Análisis del comportamiento hidráulico en la Línea de Conducción aplicando Tubería HDPE y PRFV, del Sistema de Riego en Tapay – Arequipa 2020.						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable e indicadores			Tipo y diseño de investigación Metodológica
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE 1 (INDEPENDIENTE): Tubería High Density Polyethylene (HDPE) y Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)			Metodo: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: No experimental Enfoque: Cuantitativo Población: Línea de conducción del proyecto Huarúro ubicado en la población de Tapay, Provincia de Pacllya, departamento de Arequipa. Muestra: Línea de conducción desde la progresiva 04+260 km al 06+00 del proyecto Huarúro. Muestreo: Es de tipo no probabilístico internacional, debido que no se utilizan métodos estadísticos y la muestra no fue designada al azar considerando que la muestra fue elegida en el punto más críticos. Técnica: Es de observación directa ya que se puede visualizar que es el tramo más crítico del proyecto. Instrumentos: Recolección de datos mediante un levantamiento topográfico, resultados del diseño hidráulico y predimensionamiento de tubería.
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿De qué manera es el comportamiento hidráulico en las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, del sistema de riego de Tapay - Arequipa 2020?	Analizar el comportamiento hidráulico en la línea de conducción para tuberías HDPE y PRFV, del sistema de riego de Tapay - Arequipa 2020.	El uso de tuberías HDPE Y PRFV mejorará el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, para el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.	Tuberías HDPE y PRFV	Diámetro de tubería	Circómetro	
				Presión máxima de trabajo	Especificaciones técnicas según el material	
				Rugosidad	Coeficiente de Hazen y Willians	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE 2: COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA LINEA CONDUCCIÓN			
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
1. ¿Cuánto influye la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?	1. Determinar la influencia de la pérdida de cargas en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.	1. El uso de tuberías HDPE Y PRFV reduce las pérdidas de cargas en el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.	Comportamiento Hidráulico	Pérdida de cargas	WATER CAD vi8	
2. ¿Cuánto influye la gradiente hidráulica en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?	2. Determinar la influencia de la gradiente hidráulica el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.	2. El uso de tuberías HDPE Y PRFV decrece la gradiente hidráulica para el comportamiento hidráulico de la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.		Gradiente Hidráulica	WATER CAD vi8	
3. ¿Cuánto influye el flujo hidráulico en el análisis del comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020?	3. Determinar la influencia del flujo hidráulico en el comportamiento hidráulico de las líneas de conducción para tuberías HDPE y PRFV, en el sistema de riego en Tapay-Arequipa 2020.	3.El uso de tuberías HDPE Y PRFV disminuye el Flujo hidráulico en la línea de conducción, en el sistema de riego de Tapay-Arequipa 2020.		Flujo hidráulico	Número de Reynolds	

ANEXOS 2: MATRIZ DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Análisis del comportamiento hidráulico en la Línea de Conducción aplicando Tubería HDPE y PRFV, del Sistema de Riego en Tapay – Arequipa 2020.					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Tubería High Density Polyethylene (HDPE) y Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	<p>El polietileno a alta densidad (abreviado al HDPE del inglés high density polyethylene) es un polímero termoplástico derivado del petróleo [...] (PLASTIFORTE, 2011)</p> <p>EL poliéster una resina sintética derivada del petróleo y forma parte de lo que se conoce en la Industria Química como la familia genérica de los Plásticos (Termoestables). De ahí viene su más popular nombre [...], la fibra de vidrio, es vidrio fundido e hilado posteriormente, después se impregnan de múltiples componentes para conseguir que el material adquiera ciertas propiedades, que “agarre” la resina, que se elimine la electricidad estática, resistencia, envejecimiento, y un buen etc... A este procedimiento de recubrir el hilo de vidrio con otros materiales se le conoce como ensimaje [...] (MORENO, 2018)</p>	<p>Las tuberías de HDPE y PRFV son productos que permiten el transporte de fluidos en general, están conformados por características que permiten trabajabilidad y practicidad para realizar diversos tipos de trabajos, desde traslado a de agua hasta fluidos esamos como desechos de minería.</p>	Tuberías HDPE y PRFV	Diámetro de tubería	RAZÓN
				Presión máxima de trabajo	
				Rugosidad	
COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA LINEA CONDUCCIÓN	<p>El traslado de un fluido mediante un conducto o línea de conducción se puede realizar aplicando presión o sin presión, el primer caso hace referencia al trasvase de un líquido mediante un conducto entre dos puntos, efectuados por gravedad o por impulsión, donde se toma por consideración que todo el perímetro hidráulico esta ocupado por el fluido. El segundo caso usualmente es aplicado para sistemas de evacuación de aguas servidas o en transporte de agua mediante canales, sistemas de riego, etc [...] (VERA, 2018)</p>	<p>El diseño hidraulico es un metodo numerico, que en base de datos brinda resultados aplicativos, permite llevar información de campo en base a un levantamiento topograficos y datos de caudal en base a un estudio hidrologico, a un software que modelara y se podra obterner información de las características del material a utilizar.</p>	Comportamiento Hidráulico	Linea de gradiente hidraulica dinámica	RAZÓN
				Perdida en tuberías	
				Flujo hidráulico	

ANEXOS 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESTACIÓN TOTAL



RENDIMIENTO

Medición de ángulo	
Precisión (Desviación estándar según DIN 18723)	2" (0,6 mgon)
	5" (1,5 mgon)
Lectura de ángulos (cuenta menor)	
Estándar	1" (0,3 mgon)
Rastreo	2" (0,6 mgon)
Observaciones promediadas	0,1" (0,03 mgon)
Compensador de nivel automático	
Tipo	Eje doble centrado
Precisión	0,5" (0,15 mgon)
Alcance	5' (±100 mgon)
Medición de distancias	
Precisión (Desv. Est.)	
Modo de prisma	
Estándar	2 mm + 2 ppm (0,0065 pies + 2 ppm)
Desviación estándar según ISO17123-4	1,5 mm + 2 ppm (0,0049 pies + 2 ppm)
Rastreo	5 mm + 2 ppm (0,016 pies + 2 ppm)
Modo DR	
Medición estándar	3 mm + 2 ppm (0,01 pies + 2 ppm)
Rastreo	10 mm + 2 ppm (0,032 pies + 2 ppm)
Tiempo de medición	
Modo de prisma	
Estándar	2 s
Rastreo	0,4 s
Modo DR	
Estándar	3–15 s
Rastreo	0,4 s
Alcance (en condiciones normales de visibilidad ²⁾)	
Modo de prisma	
1 prisma	2 500 m (8,202 pies)
3 prismas	5 000 m (16,404 pies)
Alcance más corto posible	1,5 m (4,92 pies)

Modo DR

	Bueno	Normal	Difícil
Tarjeta blanca (90% reflectante) ³	>400 m (>1312 pies)	400 m (1312 pies)	200 m (656 pies)
Tarjeta gris (18% reflectante) ³	>250 m (>820 pies)	250 m (820 pies)	150 m (492 pies)
Hoja reflectiva 20 mm			>200 m (656 pies)
Hoja reflectiva 60 mm			>500 m (1 640 pies)
Alcance más corto posible			1,5 m (4,9 pies)

ESPECIFICACIONES EDM

Fuente de luz	Diode láser 660 nm; Láser clase 1 en modo Prisma, Láser clase 3R en modo DR
Puntero láser coaxial (estándar)	Láser clase 3R
Divergencia de haz en modo Prisma	
Horizontal	4 cm/100 m (0,13 pies/328 pies)
Vertical	4 cm/100 m (0,13 pies/328 pies)
Divergencia de haz en modo DR	
Horizontal	2 cm/50 m (0,066 pies/164 pies)
Vertical	2 cm/50 m (0,066 pies/164 pies)
Corrección atmosférica	-130 ppm a 160 ppm continuamente

ESPECIFICACIONES GENERALES

Nivelación	
Nivel circular en plataforma nivelante	8/2 mm (8/0,007 pies)
Nivel electrónico de 2 ejes en la pantalla LCD con una resolución de	0,3" (0,1 mgon)
Sistema servo	tecnología servo MagDrive, unidad electromagnética directa de sensor de servo/ángulo integrada
Velocidad de rotación	86 grados/s
Tiempo de rotación de Cara 1 a Cara 2	3,2 s
Velocidad de posicionamiento	3,2 s
Abrazaderas y movimientos lentos	Servo-accionados, ajuste fino continuo
Centrado	
Sistema de centrado	Timble 3 pies
Plomada óptica	En plataforma nivelante
Aumento/distancia de enfoque más corta	2,3x/0,5 m (1,6 pies) al infinito
Telescopio	
Aumento	30x
Apertura	40 mm (1,57 pulg)
Campo de vista	2,6 m a 100 m (8,5 pies a 328 pies)
Distancia de enfoque más corta	1,5 m (4,92 pies) al infinito
Puntero iluminado	Variable (10 pasos)
Luz de rastreo integrada	Estándar
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +50 °C (-4 °F a +122 °F)
Impermeabilidad y protección contra el polvo	IP55
Humedad	100% con condensación
Alimentación de potencia	
Batería interna	Batería de ión-litio recargable 11,1 V, 4,4 Ah
Tiempo de funcionamiento ⁴	
Una batería interna	Aprox. 6 horas
Peso	
Instrumento (Servo y Autolock)	5,6 kg (12,35 libras)
Instrumento (Robótico)	5,25 kg (11,57 lb)
Base nivelante	0,7 kg (1,54 lb)
Batería interna	0,35 kg (0,77 lb)
Altura del eje del muñón	196 mm (7,71 pulg)
Comunicación	USB, Serie

LEVANTAMIENTOS ROBÓTICOS

Alcance robótico ²	
Prismas pasivos	
Prismas activos (opcional)	300–500 m (984–1 640 pies)
Distancia más corta de búsqueda	0,2 m (0,65 pies)
Tipo de radio interna/externa	radios con saltos de frecuencia de 2,4 GHz y amplio espectro
Tiempo de búsqueda (típico) ³	2–10 s

PANEL DE CONTROL SERVO Y AUTOLOCK

Pantalla	QVGA, color de 16 bits, LCD TFT, retroiluminada (320 x 240 píxeles)
Teclado	19 teclas alfanuméricas + 4 teclas de flecha direccionales, teclas de control específicas de navegación y control del instrumento.
Audio	Altavoz integrado para eventos, advertencias y notificaciones de sistemas de audio.
Sistema operativo	Windows Embedded CE 6.0
Memoria	128 MB SDRAM, memoria Flash de 128 MB
Procesador	624 MHz Marvel ARM920T-PXA300 CPU

ANEXOS 4: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Tubería HDPE Y PRFV, y su comportamiento hidráulico

“Análisis del Comportamiento Hidráulico en la Línea de Conducción Aplicando Tubería HDPE y PRFV, del Sistema de Riego en Tapay – Arequipa 2020.

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Calzada Vega, Angeles

Fecha: Lima, 05 Julio 2021

VARIABLE INDEP 1: Tubería HDPE y PRFV

	Presión máxima de trabajo
	Diámetro de tubería
	Coefficiente de Hazen y Willians

Tesis: Pavco (2014) Manual técnico de tuberías: **Presión máxima, diámetro y coeficiente de Hazen y Willians**

VARIABLE DEPENDIENTE: Comportamiento hidráulico

	Pérdida de cargas
	Gradiente Hidráulico
	Tipo de Flujo

Tesis: Ganchozo y Monserrate (2018) Sistema de pérdidas de carga: **Perdida de cargas**

Tesis: Torres (2019) Relación entre gradiente y presión hidráulica: **Gradiente hidráulico**

Tesis: Pinto (2020) Flujo turbulento para todos los materiales: **Tipo de flujo**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Cano Cisneros

Nombres: David Jhon

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 239781

Observaciones:

Especialista Temático



.....
David Jhon Cano Cisneros
INGENIERO CIVIL
CIP: 239781

Apellidos: Carhuas Mallqui

Nombres: Joselin M.

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 250509

Observaciones:

Especialista Temático



RESPONSABLE TÉCNICO
Ing. Joseline M. Carhuas Mallqui
CIP N° 250509

Apellidos: Quispe Cotrina

Nombres: Milagros Katherine

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: 260157

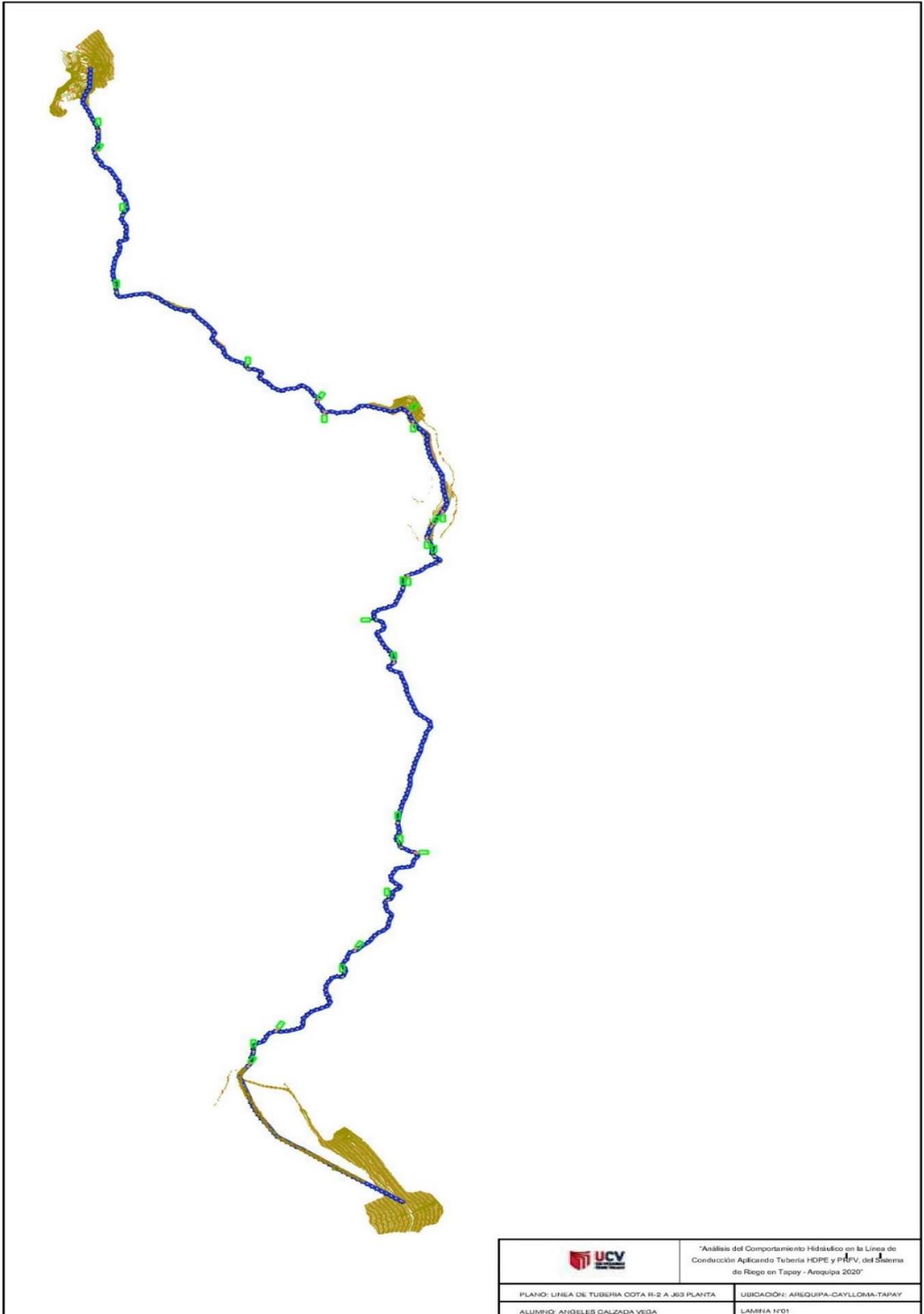
Observaciones:

Especialista Temático



.....
MILAGROS KATHERINE
QUISPE COTRINA
Ingeniera Civil
CIP N° 260157

ANEXOS 5: PROYECCIÓN DE LINEA DE CONDUCCIÓN EN AUTOCAD



ANEXOS 6: LICENCIA WATERCAD

About WaterCAD



WaterCAD® CONNECT Edition Update 2

Haestad Methods Solution Center
27 Siemon Company Drive, Suite 200W
Watertown, CT 06795 USA

This product is licensed to:

User Name:	user@edu
Company:	only @::LAVTeam:: (R)
License Type:	Commercial
License Status:	Activated
Size:	Unlimited
Is Checked Out:	No

Copyright © 2019 Bentley Systems, Incorporated. All Rights Reserved.

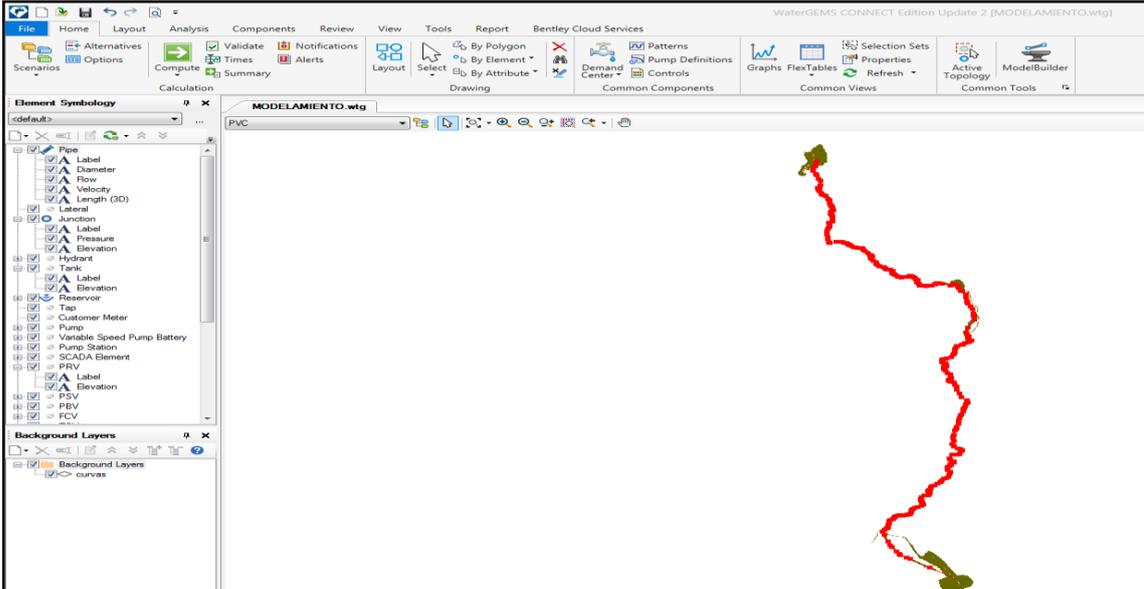
Including software, file formats, and audiovisual displays; may only be used pursuant to applicable software license agreement; contains confidential and proprietary information of Bentley Systems, Incorporated and/or third parties which is protected by copyright and trade secret law and may not be provided or otherwise made available without proper authorization.

TRADEMARK NOTICE
Bentley, the "B" Bentley logo, and WaterCAD are all registered or non-registered trademarks of Bentley Systems, Incorporated. All other marks are the property of their respective owners.

19/11/2019 10.02.03.06 64-bit

Legal and Patent Notices... **OK**

ANEXO 7: MODELAMIENTO EN WATERCAD



The screenshot displays the WaterCAD software interface. The title bar reads "WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 [MODELAMIENTO.wtg]". The menu bar includes File, Home, Layout, Analysis, Components, Review, View, Tools, Report, and Bentley Cloud Services. The ribbon contains various tool groups such as Scenarios, Alternatives, Options, Compute, Validate, Notifications, Alerts, Layout, Select, Drawing, Demand Center, Pump Definitions, Controls, Common Components, Graphs, FlexTables, Properties, Refresh, Selection Sets, Active Topology, and ModelBuilder. The left-hand side features a "Element Symbolology" tree with a list of elements and their properties, including Pipe (Label, Diameter, Flow, Velocity, Length (3D), Lateral), Junction (Label, Pressure, Elevation), Hydrant, Tank, Reservoir (Label, Elevation), Reservoir Meter, Tap, Customer Meter, Pump, Variable Speed Pump Battery, Pump Station, SCADA Element, PRV, PSV, and FCV. Below this is a "Background Layers" section with "Background Layers" and "curvas". The main workspace shows a network model with a red line representing a pipe network and green nodes representing junctions or tanks.

ANEXOS 9: PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1. Medición de profundidad de zanja de tubería instalada.



Foto 2. Esmerilado de tubería para embone y traslape



Foto 3. Inspección de relleno de tubería



Foto 4. Termofusión de tubería HDPE de 450mm



Foto5. Construcción de nuevo tramo de tubería



Foto 6. Relleno de nueva sección



Foto 7. Relleno de nueva sección



Foto 8. Medición de profundidad de zanja de tubería instalada



Foto 9. Instalación de nueva tubería



Foto 10. Inspección de instalación de tubería