

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO  
RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y  
NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA  
HUARAZ - 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO SANITARIO**

**PRESENTADO POR:**

**Br. CLEMENTE JAVIER, Mesías Isaac**

**ASESOR:**

**Dra. Ing. FLORES ALBORNOZ, Judith Isabel**

**HUARAZ – PERÚ  
2024**





**ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Bachiller: **MESÍAS ISAAC CLEMENTE JAVIER**.

Tesis Titulada: **“ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA HUARAZ - 2022”**

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

*APROBADO*

Con el calificativo de:

*Quince (15)*

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

**INGENIERO SANITARIO**

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, .....19.....de.....Marzo.....del 2024.

*[Firma]*

**Dr. Cesar Manuel Gregorio Dávila Paredes  
Presidente**

*[Firma]*

**Dr. Kiko Félix Depaz Celi  
Primer Miembro**

*[Firma]*

**M.Sc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Segundo Miembro**

*[Firma]*

**Dra. Judith Isabel Flores Albornoz  
Asesor**





## **ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS**

Por medio del presente nos dirigimos a usted para informarle que su informe de tesis titulado:

### **ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA HUARAZ - 2022**

El cual fue presentado a los miembros del jurado, luego de revisar las observaciones emitidas durante el acto de sustentación la tesis titulada "ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA HUARAZ - 2022", presentado por el bachiller en ciencias de la ingeniería sanitaria **MESÍAS ISAAC CLEMENTE JAVIER**, sustentada el día 19 de Marzo del 2024, lo cual el proyecto de tesis fue aprobado con RESOLUCIÓN DECANAL N° 093-2022 – UNASAM - FCAM de fecha 06 de Marzo de 2022, la declaramos **CONFORME**.

Al cumplir con este último requisito, usted será considerado candidato a obtener el Título profesional de **INGENIERO SANITARIO**.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicada.

Huaraz, .....14.....de.....Febrero.....del 2025.

Dr. César Manuel Gregorio Dávila Paredes  
Presidente

Dr. Kiko Félix Depaz Celi  
Primer Miembro

M.Sc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Segundo Miembro





# **AUTORIZACION DE EMPASTADO** **DE TESIS**

Los miembros del jurado evaluador de la tesis: **ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA HUARAZ - 2022**, presentado por la bachiller en Ingeniería Sanitaria: **MESÍAS ISAAC CLEMENTE JAVIER**, el cual observa las características y el esquema establecido por la Unidad de Grados y Titulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM, por lo que se encuentra en condiciones para proceder al **EMPASTADO** correspondiente.

Huaraz, .....14.....de.....**Febrero**.....del 2025.

Dr. César Manuel Gregorio Dávila Paredes  
Presidente

Dr. Kiko Félix Depaz Celi  
Primer Miembro

M.Sc. Elvis Jesús Espiritu Espiritu  
Segundo Miembro





## CONSTANCIA **07-2024-UI-FCAM-UNASAM** EVALUACIÓN DE SIMILITUD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo hace constar que:  
La versión final de la tesis **“ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGUN NTP 399.002 Y NTP 399.166 EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRIA HUARAZ - 2022”**, del Sr. **MESIAS ISAAC CLEMENTE JAVIER**, identificado con **DNI N° 41885871**, tras ser sometido a revisión mediante la plataforma de evaluación de similitud por su asesor la Dra. **Judith Isabel Flores Albornoz**, conforme el Artículo 11° del Reglamento de Originalidad y/o Grado de Similitud de la Producción Académica, Científica e Investigativa de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Resolución de Consejo Universitario N° 126-2022-UNASAM, tiene una **similitud del 19%**.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que estime pertinente.

Huaraz, **13 de febrero de 2025**.



Ph.D Edwin Anibal Loarte Cadenas  
**DIRECTOR**  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
FCAM - UNASAM

CC. Archivo

Adjunto: Informe de similitud antiplagio de su Asesor

Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

ANALISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERIA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERIA PVC (SEGUN NTP 399.002 Y NTP 399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRIA HUARAZ- 2022

Presentado por: MESIAS ISAAC CLEMENTE JAVIER

con DNI N°: 41885871

para optar el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : ..20%..... de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje			
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor/ Jefe de Grados y Títulos de la EPG UNASAM/ Director o Editor responsable, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, 06/03/2025

  
FIRMA  
Apellidos y Nombres: JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ

DNI N°: 40034758

Se adjunta:

1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud

# MESÍAS ISAAC CLEMENTE JAVIER

## TESIS MESIAS ULTIMO 2025.docx

 Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::8100:437138925

Fecha de entrega

6 mar 2025, 10:15 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 mar 2025, 10:17 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS MESIAS ULTIMO 2025.docx

Tamaño de archivo

906.3 KB

64 Páginas

13,687 Palabras

70,635 Caracteres




# 20% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Trabajos entregados

## Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

*A mis familiares, docentes y amigos, que siempre me acompañan en todos mis logros.*



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis familiares, por el apoyo que siempre me brindan para lograr mis metas y objetivos, a mi Asesor y a todos los profesores e ingenieros que me apoyaron durante la etapa universitaria.



## ÍNDICE

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Objetivos.....	14
1.2. Hipótesis.....	14
1.3. Variables .....	14
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases teóricas.....	27
2.3. Definición de términos básicos.....	33
III. MARCO METODOLOGICO.....	36
3.1. Tipo de Investigación.....	36
3.2. Diseño de Investigación.....	36
3.3. Métodos o técnicas.....	38
3.4. Población y muestra.....	39
3.5. Instrumentos validados de recolección de datos.....	40
3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información .....	47
IV. RESULTADOS.....	48
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67



VI.	CONCLUSIONES.....	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA.....	71
	ANEXOS.....	73
	Anexo 1: Certificado de Calibración de Presión.	
	Anexo 2: Certificado de Indicador de Presión de Manómetro.	
	Anexo 3: Certificado de calibración de Medidor y Temperatura (Termohigrómetro).	
	Anexo 4: Ficha Técnica de Tubería Multicapa PEX al PEX.	
	Anexo 5: Plano Tubería Multicapa PEX.	
	Anexo 6: Fotos.	
	Anexo 7: Cotización de materiales	



## Índice de tablas

## Página

Tabla 01: Operacionalización de Variable Independiente.....	5
Tabla 02: Operacionalización de Variable Dependiente.....	6
Tabla 03: Presupuesto de Instalación de SSHH con Tubería PVC NTP 399.002.....	34
Tabla 04: Presupuesto de Instalación de SSHH con Tubería PVC NTP 399.166.....	35
Tabla 05. Presupuesto de Instalación de SSHH con Tubería PEX al PEX.....	36
Tabla 06. Cronograma de Ejecución en días.....	37
Tabla 07. Cronograma de Prueba Hidráulica en Tubería de Polietileno Reticulado PEX..	37
Tabla 08. Cronograma de Prueba Hidráulica en Tubería de PVC según NTP 399.002....	37
Tabla 09. Cronograma de Prueba Hidráulica en Tubería de PVC según NTP 399.166....	38
Tabla 10. Prueba de Presión (lbs/pulg <sup>2</sup> ) en Tubería Polietileno Reticulado PEX.....	41
Tabla 11. Prueba de Presión (lbs/pulg <sup>2</sup> ) en Tubería PVC NTP 399. 002.....	44
Tabla 12. Prueba de Presión (lbs/pulg <sup>2</sup> ) en Tubería PVC NTP 399.166.....	47
Tabla 13: Presupuesto de la Instalación de Tubería Reticulado PEX .....	49
Tabla 14. Presupuesto de la instalación de Tubería PVC NTP 399. 002.....	49
Tabla 15. Presupuesto de instalación en Tubería PVC NTP 399.166.....	50
Tabla 16: Propiedades y características del PVC (Según NTP 399.002 Y 399.166) y PEX al PEX.....	53
Tabla 17: Diámetro De Tuberías PEX al PEX.....	54
Tabla 18: Diámetro de Tubería de Vinilo PVC.....	55
Tabla 19: Diámetro de Tubería PEX vs PVC.....	55
Tabla 20: Ventajas tubería multicapa PEX vs PVC.....	56

<b>Índice de figuras</b>	<b>Pagina</b>
Figura N°01 Plano de Instalación de Tubería PVC en un Servicio Higiénico.	32
Figura N°02. Plano de Instalación de Tubería PEX en un Servicio Higiénico.	40
Figura N°03. Plano de Instalación de Tubería PVC NTP 399. 002..	43
Figura N°04: Plano de Instalación de Tubería PVC NTP 399.166	46
Figura N°05: Análisis Comparativo de Costo de Tubería PEX vs PVC.	51



## RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue seleccionar la alternativa más adecuada y económica entre dos sistemas de tubería: PEX AL PEX y PVC en las instalaciones de agua fría en Huaráz. En este estudio se aplicarán los dos sistemas de tubería en la obra, empezando con el PVC y luego el PEX AL PEX, aplicado en el centro experimental Tuyu Tury en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por lo que se haría un análisis de comparación en cuanto a costos, instalación, construcción, análisis del metrado y la selección de un sistema adecuado. Este análisis de precios se sustenta con los datos brindados por la empresa de tuberías. En cuanto al tiempo de la instalación, se usó el rendimiento de los ratios de la producción e introduciendo los datos de las obras de ambos casos; cabe decir que la mano de obra será analizada a través de cuadros comparativos, los aspectos, la calidad y los detalles de los materiales

**Palabras clave:** Sistema de tubería de PVC, Sistema de tubería multicapa PEX AL PEX, costos, metrados, rendimientos, ratios de productividad y presupuestos.

## ABSTRACT

The main objective of this study was to select the most suitable and economical alternative between two pipe systems: PEX AL PEX and PVC in the cold-water installations in Huaraz. In this study, the two pipe systems will be applied in the work, starting with PVC and then PEX AL PEX, applied in the Tuyu Tury experimental center at the Santiago Antúnez de Mayolo National University, so a comparison analysis will be made in terms of costs, installation, construction, metering analysis and the selection of an adequate system. This price analysis is supported by the data provided by the pipe company. As for the installation time, the performance of the production ratios was used and the data of the works of both cases were introduced; it should be said that the labor will be analyzed through comparative tables, the aspects, the quality and the details of the materials.

**Key words:** Piping system of PVC, multilayer piping system of PEX AL PEX, cost square meter measurement, yields, production ratios and budget

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy las megaciudades son influenciados con gran cantidad de cambios ambientales y la fabricación de tubería de plástico, y la tubería PEX puede satisfacer tal necesidad en reemplazo de las tuberías de PVC, la tubería alterna es más eficiente en las instalaciones de las instalaciones sanitarias en viviendas, por lo que generan gran cantidad de beneficios tales como rendimiento, menor costo y mayor vida útil del material.

La tubería PEX AL PEX, que se caracteriza por ser multicapa, se empezó a utilizar desde los años 70's en el continente europeo y en los 80's en Estados Unidos. Cabe decir que al inicio fue utilizado para la calefacción; sin embargo, su uso fue ampliado al abastecimiento de agua durante los años 90's.

Al notar el impacto de la industria de construcción y la variedad de la tecnología que se en los materiales y las técnicas de construcción, lo cual favorece a la implementación de esta alternativa, teniendo como base el costo, el tiempo de ejecución y la calidad del material

Durante 1980 y 1990, este tipo de tuberías se volvieron más conocidas por ser más económicas, flexibles y fáciles de instalar, superando al material convencional de las tuberías (Journal, 2020)

Frente a golpes fuertes, o algún agente externo que podría debilitarlo, la tubería PEX es más manejable ya que se puede reparar rápidamente, con solo cortarlos la parte averiada y acoplar un nuevo tramo de Tubo. Por lo que la tubería es más manejable frente a las tuberías de PVC y PPR.

Este sistema nuevo y eficiente para las instalaciones de agua potable se trata de un elemento eco amigable y por ello en Alemania, Dinamarca y Finlandia se empezó a utilizar más seguido. Una de las ventajas es que su instalación es un 50% más rápida, además es resistente al calor, es económica y se debe decir que este material presenta presión interna (Costos, 2019)

Además, aunque este material fue ampliamente utilizado tanto en Europa como en Estados Unidos desde hace 40 años, cabe decir que hace 10 años se ha instalado en algunas compañías constructoras de México; sin embargo, cuando se trata de negocios que abarcan zonas internacionales, como los hoteles Marriot y Westin, sí utilizan este material en sus construcciones (Guerra, 2017)

Según lo anterior es frecuente y común su uso en Europa y Estados Unidos en instalaciones en los distintos edificios y que su traslado en América se hizo de forma fuerte y cada vez más frecuente. En la actualidad hoy se usa en casi todo tipo de instalaciones sanitarias en los edificios y que esta se debe de intensificar con fuerza en todas las instalaciones de agua caliente y fría.

Cuando se define a la tubería PVC, se puede decir que es un material que se utiliza en la instalación sanitaria de agua potable. Con el paso del tiempo, unas instalaciones presentan fallas en la presión, también pueden haber roturas; y todo esto se debe en su mayoría por un inadecuado manejo al instalarla

En cuanto a la instalación de agua potable se tienen diversas opciones que reemplazarían al PVC, como lo es el sistema PPR, el cual es utilizado ampliamente en Europa y en países como Colombia. Se analizaron los sistemas, su tiempo para instalar, el costo y la calidad, además se elige comparar el sistema PEX, que sus compuestos son superiores al PVC, siendo así una alternativa adecuada para usar en la instalación de agua potable, utilizando el PEX para una adecuada instalación, mejorando la calidad de vida

Por lo expuesto, se realiza la investigación con el objetivo de determinar la existencia de contraste entre Tubería Polietileno Reticulado Pex y Tubería PVC (según NTP 399.002 y NTP 399.166) en instalaciones interiores de Agua Fría Huaraz – 2022. Por lo que es necesario realizar en la ciudad de Huaraz, por lo que se realizara el Prototipo a fin de modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías PEX y PVC, además de eso se determinara el contraste de resultado de presión, costo y calidad de ambas tuberías.

## 1.1 Objetivos

### General

Analizar el contraste entre la tubería polietileno reticulado PEX y tubería PVC (según NTP399.002 y NTP399.166) en instalaciones interiores de agua fría en la ciudad de Huaraz - 2022.

### Específicos

Realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías de polietileno reticulado PEX.

Realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías PVC según NTP 399.002.

Realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías PVC según NTP 399.166.

Determinar la viabilidad del empleo de las tuberías de polietileno reticulado PEX y tubería PVC en tiempo costo y calidad.

## 1.2 Hipótesis

El sistema de tubería polietileno reticulado PEX es más eficiente y rentable económicamente que el sistema convencional PVC.

## 1.3 Variables

**Variable independiente 1:** Análisis de contraste (características; etc.); entre tuberías de polietileno reticulado PEX y tubería PVC. Siendo sus dimensiones:

Tubería PVC.

Tubería de polietileno reticulado PEX.

**Variable dependiente 2:** Análisis de contraste técnico y económico, factores que definen mejorar la calidad de vida de la población. Siendo sus dimensiones los siguientes:

Componentes objetivos.

Componentes subjetivos.

**Tabla 01: Operacionalización de Variable independiente**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente: Análisis de contraste (características etc.); entre tuberías de polietileno reticulado PEX y tubería PVC	Magnitudes físicas de las dos tuberías, además propiedades.	Determinar la calidad de las dos tuberías (calidad del material, rugosidad, diámetros y flexibilidad, entre otros)	Tubería PVC	Observación	Tubería PVC Libro de notas pegamento y Tubería polietileno reticulado PEX.
				Experimentación	
			Tubería de polietileno reticulado PEX	Observación	
				Experimentación	

**Tabla 02: Operacionalización de Variable dependiente**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable dependiente: Análisis de contraste técnico y económico, factores que definen mejorar la calidad de vida de la población	Determina la calidad, bajo parámetros de evaluación de ambas tuberías.	La eficiencia, costo de ambas tuberías, entre otros.	Componentes objetivos	Observación directa	Escala nominal Libro de notas
				Experimentación	
			Componentes subjetivos	Observación directa	
				Experimentación	

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Sobre la investigación existen diversas investigaciones con respecto al tema en mención se pudieron identificar los siguientes antecedentes de investigación:

#### A nivel internacional

Virginia A. Casanova A, (2005) en su estudio comparativo identifica y desarrolla la alternativa novedosa para el mercado: el polipropileno es un material que actualmente es usado como plástico y fibra en diferentes áreas como en la industria alimentaria, textil y también es adecuado para ser usado en la instalación de agua potable en los hogares, demostrando que de ese modo los pro y contra del reemplazo de las tuberías de cobre específicamente para el agua caliente y el PVC para el agua fría. Se masificó el uso de la polifusión, que se trata de unir tuberías de polipropileno utilizando calor. El sistema seleccionado brindaría una solución para poder instalar la red completa de agua potable en diversas edificaciones. Por otro lado, el material usado fue de alta resistencia y trabajabilidad, más aún si se trata de uniones, siendo estas limpias y completamente selladas. Se quiso globalizar y simplificar las diversas formas de aplicación de dichos materiales, con el fin de conocer la relación que permite conocer la elección adecuada y su óptimo uso

Armijoz (2017) comprende una compilación de información acerca de instrucciones medidas que permiten contar con un manual de instalación, reglamentos actuales, las pruebas hidráulicas más aplicadas, los diferentes materiales, y el funcionamiento de los accesorios especiales que se utilizan en una línea de conducción a diferentes especialistas y alumnos de Ingeniería Civil involucrados en la ejecución de obras de sistema de agua potable. El estudio se basa en el proyecto llamado “Sistema de la línea de conducción de agua potable San Rafael – remplazo de tubería de asbesto - cemento a PVC línea de conducción San Rafael en el tramo calle panecillo – urbanización molinos de viento”, situado en el Cantón Rumiñahui, las cuales funcionaban con tuberías de ac que ya habían cumplido su ciclo de vida, el cambio se realizó alrededor de dos km de tubería, cámaras de válvulas, accesorios especiales y los demás componentes de una línea de conducción. Así mismo, menciona algunas guías para garantizar la seguridad ocupacional, debido a que se utiliza accesorios y tuberías con diámetros igual o mayores a 250mm., involucra un peligro en la manipulación a causa del demasiado peso de los accesorios y tuberías.

Arias y Freire (2013) discutieron sobre el sistema sanitario, por ejemplo el agua fría y caliente, además del sistema de prevención y control de incendios y el sistema de desagüe. Se usaron planos y presupuestos respectivos. En relación al agua fría se usaron tuberías PVC, incluyendo cisterna; mientras que el agua caliente tiene tuberías PVC-hedro3 y la colocación de un caldero fue necesaria. También hizo falta el sistema de bombeo de tipo 10HP 220v-trifásica PEDROLLO y el tanque hidroneumático con capacidad de 500 litros de VARREM. Además, lo que logró permitir el transporte de agua a presión en todos los inodoros, duchas y lavabos. El sistema contra incendios debe ser accesible para los bomberos, además de tener un espacio exclusivo contra incendios, además de tuberías que estén compuestas con hierro galvanizado tanto vertical como horizontal que mínimamente resiste 10 Kg/cm<sup>2</sup> con las medidas convenientes para que pueda cumplir su función de suministrar el agua. En cuanto a las aguas residuales y pluviales tiene un grupo de tuberías PVC que puede reunir aguas residuales como la lluvia, que son

dirigidos a la red de alcantarillado municipal. En esta unidad también se consideró un sistema de ventilación sanitaria.

Cerra Y Silva (2019). División Tecnología Santander, Barranca bermeja tiene un banco didáctico con la finalidad de aprendizaje para conocer la pérdida de carga en las tuberías y los accesorios. Sin embargo, aunque no se operó, se fabricó en cantidades limitadas porque solo se podían realizar dos métodos debido a los dos tipos de materiales de tubería. Se propone diseñar un banco de pruebas con siete tuberías de diferentes diámetros y materiales, sobre las cuales los estudiantes puedan influir visualmente en el movimiento de fluidos en diferentes condiciones. A medida que se han desarrollado los cambios, se hará el análisis de carga en base a criterios como presión, caudal y diámetro, como también propiedades de cada material, se han tomado algunos cálculos de rugosidad, caudales, etc., densidad, pérdida de carga de los accesorios hacia el exterior. número de Reynolds, etc. Por lo tanto, al leer este documento, puede familiarizarse con los conceptos básicos del método descriptivo, que revela los métodos y parámetros que determinan el diseño del banco de pruebas dentro de las condiciones y modificaciones necesarias para calcular pérdidas en el sistema de tuberías. con múltiples escenarios que permiten diferentes simulaciones para los alumnos de la UTS Barrancabermeja. En el proyecto está planificado en tres partes. Por primera vez, compare diferentes bancos de prueba comerciales de pérdida de presión con un sistema de tuberías fabricado con diferentes materiales y componentes. Posteriormente, se desarrolla el modelo matemático utilizando la teoría hidromecánica. Como último recurso, se desarrolló un diseño de sistema de pérdida de extremo de tubería robusto y completo usando SolidWorks basado en los datos proporcionados por el modelo matemático.

La investigación llevada a cabo por Estacio Natividad y Meléndez Rodríguez en 2017 es un ejemplo destacado de cómo se puede evaluar la calidad y también a las características que tienen los materiales utilizados en sistemas de agua potable. Al contrastar las tuberías de PEX y PVC, los autores ofrecen información valiosa sobre las fortalezas y debilidades de cada material, lo

que resulta sumamente útil para los ingenieros y arquitectos responsables del diseño de sistemas de tuberías en proyectos de construcción.

Además, la metodología empleada por los autores, la cual abarcó pruebas de laboratorio y evaluaciones de rendimiento en condiciones reales, podría servir como base para futuros estudios comparativos entre diversos materiales de tuberías destinados a sistemas de agua potable. Estos estudios comparativos son fundamentales para garantizar la calidad y la seguridad de los sistemas de agua potable en todo el mundo, especialmente en zonas con limitaciones en el suministro de agua potable o con una calidad deficiente.

En resumen, la investigación realizada por Estacio Natividad y Meléndez Rodríguez (2017) es una fuente valiosa de información sobre los materiales utilizados en sistemas de agua potable y podría considerarse como un precedente relevante en estudios comparativos entre distintos materiales de tuberías. La evaluación rigurosa de los materiales es esencial para asegurar la calidad y la seguridad de los sistemas de agua potable, lo que otorga una gran importancia a esta investigación para la comunidad científica y profesional involucrada en la construcción y el mantenimiento de dichos sistemas.

## A nivel nacional

Ojeda, J. (2015) hizo un análisis comparativo entre el método tradicional y el Pipe Bursting durante la renovación de las tuberías de desagüe en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería y la carrera de Ingeniería Civil, reemplazando las tuberías dañadas sin la necesidad de excavar y el material de polietileno usado en las tuberías, otorgando los detalles del material que se usará para poder hacer el análisis comparativo con el PVC

Fabian Janampa, Cesar Ying y Sandoval Vilcapoma, Oswar Edilberto, (2013) habla sobre la comparación de sistemas convencionales de PVC con el sistema de polipropileno en la región peruana. Este estudio tiene como impulso el aumento de construcciones inmobiliarias. Los autores quisieron determinar cuál es el sistema que otorga más ventajas, técnicas y económicas, en el sistema de termofusión contra el convencional. Así mismo, se identifica qué sistema se puede instalar en menor tiempo. Se investigó el polipropileno en el exterior, unas de las investigaciones se hicieron en Chile, en donde se puede mencionar que el material es considerado como una tecnología novedosa. Este proyecto se justifica en ofrecer una visión mucho mayor acerca de las nuevas tecnologías en el país, pudiendo establecer normas sobre las especificaciones técnicas, además de los procesos de instalación, teniendo en consideración el uso del material polipropileno en Perú, especialmente en el sector inmobiliario. Mientras se desarrolla este estudio se observó la característica del material, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas, del mismo modo se compara técnicamente con el sistema convencional, siendo que se comprueba que funciona

Alarcón y Callan (2020) evaluaron la calidad y la alternativa más viable entre las tuberías PEX AL PEX y PVC en la instalación de agua potabilizada en el inmueble multifamiliar “El Álamo”, en donde se tuvo en cuenta 2 elecciones para posteriormente dar inicio a la instalación. Sin embargo, como aún no se ha construido, se hizo un análisis comparativo respecto a los costos, tiempo de instalación, procesos de construcción, beneficios de haber hecho el metrado y el análisis de costo unitario para poder determinar uno de los sistemas que sea eficiente y a la vez favorable. Este tipo de análisis se

sustenta con la información brindada por la compañía encargada de la fabricación de tuberías. Acerca del tiempo de instalación, se usarán la producción de otras construcciones hechas por EUJ Arquitectos & Consultores S.A.C. También se tiene en cuenta el trabajo manual en la obra, analizando la calidad y el modelo de los materiales mediante cuadros de comparación.

Borda (2020) realizó el censo en Florida, de esta manera se pudo conocer el crecimiento de obras con tuberías de HDPE y PVC en la provincia de la Florida Huacrachuco-Marañón, Huánuco. Se hizo el censo respectivo a la localidad y se encontró el crecimiento de la localidad, teniendo en cuenta todas las acciones por parte del personal de construcción, siendo que utilizan ambos tipos de sistemas. Se ubicó una captación del tipo quebrada, el aforo se realizó con el método volumétrico con un caudal de 9.60 l/s comparado con el caudal que se requiere que es de 1.30 l/s, los resultados fueron que el caudal de aforo es más que el caudal que se requiere. La capacidad del volumen del reservorio según los estudios de cálculo es de 15.00 m. y se ubicara de manera estratégica. Se realizó el estudio hidráulico en la línea de conducción, de aducción y de redes de distribución donde se observó como varia las presiones y velocidades. Pero los resultados de los datos se desarrolló mediante el programa llamado WATERCAD para comparar las variaciones de velocidades, caudales y presiones para las dos clases de sistemas de tubería. De esta manera se logró determinar el tipo de tubería más eficaz para el empleo en las instalaciones de sistemas de agua potable. Finalmente se concluye que la tubería de polietileno de densidad alta (HDPE) es más eficaz que la tubería de PVC.

Silvia Ivone, Junco Galarza; Joel y Elizabeth, Sagastizabal Montes; Stanley Gregory, Mucurí Mauricio; Anderson Rolando, Chávez Callupe y Julio Miguel, Lucero Ramos (2020). El copolímero aleatorio de polipropileno es un material relativamente reciente y nuevo que se utiliza en los baños. Esto ha demostrado ser muy útil en cada uno de los sistemas para agua fría y de igual manera caliente en edificaciones con un requisito mayor de presión y altura que los sistemas de tuberías de PVC. Por tal motivo, este estudio compara entre

los dos sistemas de abastecimiento de agua (PPR y PVC) para el uso dentro del proyecto Colegio Particular Secundario ubicado en la zona de Puente Piedra de Lima. Por ello, se evalúan como punto principal el aspecto técnico y económico de ambos materiales, y también el análisis de datos teóricos y características técnicas.

Picho Huacre, Henry Alexander (2022). Este estudio fue diseñado para desarrollar un estudio de factibilidad de drenaje de tuberías de PVC y polietileno en edificios residenciales, distrito de Surco, Lima, 2022. El método desarrollado fue cuantitativo, no cuantitativo. el método deductivo de hipótesis horizontales y el nivel de explicación utilizado. Este método consiste en observar y analizar el documento como una herramienta. El presupuesto del proyecto de tubería de PVC es de S/. 4'316198.08, esto incluye costos generales, servicios públicos y servicios de IGV, destacando que los precios mostrados son en su totalidad por conceptos relacionados con la mejora y ampliación de la red domiciliaria y la conectividad. Están diseñados para durar alrededor de 20 años, tiempo durante el cual las reparaciones parciales generalmente se realizan con el tiempo para garantizar que tanto las conexiones domésticas como las de red no sufran una caída importante. En el trabajo se llegó a concluir que la parte experta no afecta el plan de agua, por lo que no hay muchas variaciones a tener en cuenta a la hora de planificar, Sin embargo, está claro que las propiedades físicas o mecánicas de las líneas y volantes de polietileno son muy superiores. En comparación con el PVC, también hay algunas cosas que se pueden considerar, como la presión, la resistencia al impacto y la protección contra influencias externas. Sí, pero la carga que puede soportar la tubería de polietileno es un 25% más torsional que la tubería de PVC.

Hernández (2021). Actualmente, los proyectos de ingeniería consisten en un complejo sistema interdisciplinario, cuyo objetivo final es la implementación eficiente de una estructura particular. Para ello, se han desarrollado nuevos procesos de construcción, filosofías y materiales. La cuestión clave es proporcionar los suministros y consumibles necesarios para el despliegue de equipos higiénicos de suministro de agua. El material se entrega al subcontratista en base al recibo de salida, se entrega al almacén del

subcontratista, luego se envía al taller para su posterior procesamiento, antes de trabajar con el fundido, este equipo debe conectarse al punto de calentamiento durante 5 minutos hasta alcanzar la temperatura adecuada. se alcanza entre 260° - 280°, comience por cortar los tubos a la distancia requerida especificada en el plano, tubos similares de 25, 20 y 16 mm de diámetro, respectivamente 1/2" y 3/4" que se utilizan en el interior del apartamento.

El estudio realizado por Villegas y Moquillaza en Lima, Perú, durante el 2020, tuvo como objetivo principal comparar dos sistemas de tuberías para la instalación de agua potable en el complejo departamental El Álamo. La investigación se centra en temas como los costos, los tiempos de instalación, los procesos constructivos, las ventajas y las características de los materiales. Se comparó el PEX AL PEX y PVC, de esta forma se proporciona la información necesaria a los ingenieros y arquitectos acerca de los rasgos que deben tomar en cuenta al elegir un sistema de tubería para la instalación de agua potable en edificios.

La investigación se hizo en 2020 y se centra en la comparación entre dos sistemas de tubería específicos: PEX AL PEX y PVC. El propósito de este estudio es proporcionar información útil a ingenieros y arquitectos sobre los factores a considerar al seleccionar el tipo de tubería adecuado para las instalaciones de agua potable en edificios. De esta manera, el estudio puede contribuir al mejoramiento de la calidad y eficiencia de los sistemas de tuberías de agua potable en el futuro.

La investigación realizada por Estacio y Meléndez en 2017 titulada puede ser considerada como antecedente en estudios relacionados con la selección de materiales en la instalación de sistemas de tubería de agua potabilizada. Esta investigación proporciona información valiosa a cerca de los pro y contra de las tuberías PEXb y PVC, lo que puede facilitar la toma de decisiones en los próximos proyectos sobre construcción. Además, el tipo de metodología utilizada puede servir como base para otros estudios comparativos entre diferentes materiales de tuberías en las redes de agua potabilizada.

Limbeque (2020) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue hallar la influencia de material de polietileno en proyectos donde se potabiliza el agua en las zonas altas de San Juan de Lurigancho. Este estudio fue cualitativo, descriptivo y no experimental. Se encontró que debido a las estructuras topográficas se tomó en cuenta el uso de tuberías de polietileno, pues es una opción más económica y amigable con el ambiente, asegurando que el servicio de agua potable sea accesible. Como recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere realizar un reconocimiento previo del terreno y llevar a cabo un análisis económico durante la vida útil del proyecto.

### **A nivel local**

Toledo (2016) distinguió entre lo tradicional de PVC con la actual programación, en el distrito de Huaraz, a base de polipropileno; aquello se debe a un mayor aumento del de la sección de edificación específicamente en el grupo del inmueble. Teniendo como fin primero el de establecer que grupo y/ o sector muestra las mejores ventajas económicas y técnicas, entre qué programación presenta mayores ventajas técnicas y económicas, entre los procedimientos por fusión térmica frente a los grupos tradicionales; como también que sector tiene menor tiempo al momento de iniciar con el montaje sanitario. Hay estudios sobre el polipropileno, pero no registrados en Huaraz, algunos de estos estudios fueron realizados la ciudad de Lima, aquí se describe el material como una nueva tecnología. Con el avance de la investigación se puede observar las propiedades del material, sus desventajas y ventajas, de esta forma se compara técnicamente el sistema convencional, cerciorándose de la función de una manera correcta como el PVC, a su vez realizó evaluaciones de laboratorio y de esa manera se puede comparar lo que se perdió de la carga del PVC en comparación con el polipropileno. Se estableció que los sistemas de menor diámetro son distintos al PVC y no son considerados aptos. Es por eso que las pérdidas se evalúan a través de los accesorios usados. Se concluye que es viable el sistema seleccionado para el proyecto de construcción.

Aparicio (2019) determinó en cuanto varía el Régimen de Presiones en Pruebas Hidráulicas para Tubería NTP 399,166 Y NTP 399,002 en los sistemas de distribución en el Distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz y Departamento de Ancash del año 2019. Por anticipado, para comenzar las pruebas de presurización se hizo los cálculos de las pérdidas locales por cada accesorio y la pérdida de carga lineal por la longitud de cada tubería; en ambos sistemas de NTP 399.166 y de NTP 399.002 esto llegó a una pérdida de carga total en el primer y segundo esquema. En el sistema NTP 399.166 la pérdida de carga total tiene mayor valor y es de 4.41 m y en caso de la NTP 399.002 es de 3.65 m.m. La instalación del esquema con tubería NTP 399,166 se tardó en torno a 14 horas y en la instalación del esquema con tubería NTP 399,002 se tardó 7 horas, esto deja evidente que un sistema de tipo rosca que tiene mayor tiempo de instalación comparado con el sistema plano el que solamente contiene el empleo del adhesivo transparente PVC. Se pretende precisar calidad de tubería y eficacia de accesorios y la determinación de ello se ejecutó prueba de presiones, a cada uno de estos sistemas se le implanto presiones entre 150 PSI a los 510 PSI con un aproximado que llega hasta los 400 PSI se logró precisar que las dos clases de tuberías eran muy resistentes, por lo que no hubo modificación alguna, pero al aumentar la presión de 450 a 500 PSI dio como resultado el rompimiento de la tubería en el esquema con tubería NTP 399,002. Por último, se estableció los datos que se necesitan para determinar cómo varía el régimen de presiones para cada NTP; teniendo como resultados similares hasta 250 PSI en cada tubería; únicamente se llegó a presiones que superan los 300 PSI se expuso variaciones; teniendo las tuberías de la NTP 399.166. mucha más resistencia a las variaciones de presión mayores que las tuberías de la NTP 399.002

Shuan (2018). Este artículo compara el sistema tradicional de PVC en la ciudad de Huaraz con el nuevo sistema de polipropileno, esto se debe al fuerte crecimiento del sector de la construcción, en especial del sector inmobiliario. El objetivo principal es determinar qué sistema ofrece mayores ventajas técnicas y económicas frente a los sistemas convencionales en un sistema de fusión, además, el sistema reduce el tiempo de limpieza de la

instalación. Se ha investigado sobre el polipropileno, pero no en Huaraz, sino en Lima, donde se conoce el material como nueva tecnología. El objetivo del proyecto es brindar un panorama más completo de las nuevas tecnologías en el país mediante el desarrollo de lineamientos de especificaciones y procedimientos de instalación, debido al creciente consumo de tubería de polipropileno en el mercado peruano, especialmente en el sector inmobiliario. Durante el desarrollo del trabajo, observar las características del material, sus ventajas y desventajas, así como la comparación técnica con los sistemas tradicionales, comprobando si es como el PVC. Pruebas de laboratorio comparando la caída de presión de PVC y Polipropileno confirmaron que el diámetro de la tubería es menor, aunque diferente al PVC, pero no significativamente, analizando la misma caída de presión en los accesorios. Por lo tanto, se puede concluir que el sistema es rentable para el desarrollo del proyecto.



## 2.2 Bases teóricas

### Instalaciones sanitarias para edificaciones

En cuanto a la instalación de los sistemas sanitarios es una aplicación para que pueda llegar a todos los habitantes, ocupando equipos de construcción específicamente para las obras sanitarias, asegurándose que sea una aplicación segura, pero no suele ser económico. Usualmente el sistema que recauda las aguas servidas y pluviales suelen tener trampas hidráulicas, así se evita que los gases y olores generados por la descomposición del material orgánico, no se filtre por otro de los aparatos sanitarios o sumideros. Estas instalaciones se proyectan, tratando de optimizar las características de la instalación misma, facilitando su practicidad, pues así no se interviene en las instalaciones de manera injustificada. También se caracteriza por evitar un mantenimiento constante, que normalmente se hace mediante registros. Además, el diseño de la instalación del sistema debe tener características mínimas y criterios que se establecen en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), de ese modo se puede asegurar que el servicio será el mejor en cuanto a cantidad y presión, además de una correcta conexión con el drenaje en general.

#### Polietileno reticulado

Este material fue descubierto por accidente en 1898 por el químico alemán Hans Von Pechmann, mientras preparaba el diazometano. Sin embargo, los compañeros de Pechmann, Eugen Bamberger y Friedrich Tschirner analizaron la preparación, descubriendo una sustancia lipídica e incolora, que contenía cadenas de  $-CH_2-$ , llamándolo polietileno.

Reginald Gibson y Eric Fawcett, trabajadores de Laboratorios ICI, en Inglaterra sintetizaron el polietileno en 1933. Para poder lograrlo aplicaron presión de 1400 bar a  $170\text{ C}^\circ$ , creando un material viscoso y blanco, el cual es conocido actualmente como “polietileno de baja densidad” (PEBD/LDPE)

El mecanismo más utilizado para la polimerización del etileno es la presión, la cual es económica. Es por ello que diversos investigadores empezaron

la búsqueda de catalizadores involucrados en la polimerización del etileno con una presión menor. Esto originó catalizadores como Ziegler-Natta, establecido por Karl Ziegler y Giulio Natta en 1963, recibiendo así el premio nobel de Química.

### **Uso de la Tubería de PEX en Instalaciones Sanitarias.**

Tubería de PEX es ampliamente utilizado para la aplicación de fontanería con la estructura cobriza. Aproximadamente, durante el 2006 se empezó a utilizar el sistema PEX para el suministro de agua potabilizada en los grifos de los hogares, aumentando así su incidencia en un 40%. En ese mismo año, en Philadelphia, un investigador recomendó cambiar los sistemas de cobre de PEX. Luego, durante la primera mitad del siglo 20 las tuberías de producción masiva se hicieron de acero galvanizado. Sin embargo, se presentó la problemática del acopio de óxido, lo que disminuyó la densidad del agua y se reemplazó por cobre a finales de 1960. Las tuberías plásticas con accesorios utilizando pegamento se usaron durante décadas posteriores. Al inicio, el sistema PEX fue el más utilizado para transportar calefacción a los sistemas y fue usada inicialmente en las tuberías a inicios de 1960. Los sistemas de calefacción hidráulica en los hogares tienen como ejemplo a los calentadores de zócalo y a los radiadores. Es por ello que el sistema PEX es uno de los más adecuados para que el agua caliente circule de forma segura. Es así como a inicios de la década del 2000, las tuberías de cobre y de PVC se reemplazaron por el sistema PEX, el cual puede ser utilizado tanto en estructuras edificadas como en el subterráneo para asegurar un correcto sistema de drenaje.

### **Beneficios del uso de PEX**

**Beneficios del uso de PEX en las tuberías incluyen la maleabilidad, pues el sistema PEX es uno de los más cotizados** en el uso de tuberías en residencias. Se puede además modificar la estructura de las tuberías apoyándose de los codos y los giros, vueltas-radio cortos y muchas veces apoyados con un accesorio metálico; a diferencia del PVC, CPVC y el

cobre, los cuales necesitan una articulación de tipo codo. Es válido mencionar que una extensión de PEX no gira en 90°, y es por eso que es necesario utilizar un codo que junte un sistema PEX con otro sistema PEX. En cuanto a darle una ruta directa a la tubería, el PEX demuestra que puede ser ejecutado de forma directa desde un punto específico que pueda distribuir agua, sin la necesidad de cortar o empalmar la tubería. Esta situación disminuye la necesidad de conectar tuberías y que dicha conexión sea débil y además costosa, reduciendo la presión ocasionada por la turbulencia del proceso de cambio. El PEX es flexible y normalmente solo se necesita una conexión en una instalación directa a la fuente de agua.

En cuanto a la presión de agua, los sistemas PEX tienen un menor número de curvaturas, lo que favorece la presión con la que es empujada el agua en los hogares, distribuyendo el agua en las diferentes fuentes de agua. También se trata de economizar. Los materiales que se usan para instalar el PEX son mucho más económicos que las tuberías de cobre, pues se indica que a partir del 2002 hasta el 2006 el precio de este se cuadruplicó. La instalación es mucho más rápida y fácil, pues no se considera mucho a la mano de obra, pues no se necesita soldar las tuberías o pegar accesorios. Además, entre los trabajadores que actualmente utilizan PEX no consideran regresar al antiguo mecanismo, debido a que no toleran el olor desagradable tanto de la soldadura como del pegamento, así como menos accesorios y aun así el sistema PEX cumple con su función de distribuir y calentar agua en los hogares.

Cabe destacar su resistencia a la corrosión, pues el PEX, muy al contrario que el cobre, no le afecta la humedad o los minerales subterráneos o los materiales de las edificaciones. Así mismo, no existen riesgos de incendios al instalar el sistema PEX, pues se puede decir que el método que se ha usado mayormente para unir sistemas de cobre, soldando las piezas con soldadores o aparatos que producen fuego y, por ello es por lo que se vuelve un factor de riesgo y una amenaza para las estructuras edificadas. Es por ello por lo que, como el sistema PEX no necesita

soldadura, tampoco necesita la presencia del fuego, por lo tanto, al instalar el sistema PEX no hay riesgos de incendios.

Además, cabe la posibilidad de integrar los sistemas PEX de cobre y el PVC que ya existen, pues los accesorios usados permiten unir un extremo de cobre con otro de PEX, reduciendo o ampliando el ancho de los sistemas de tubería.

La durabilidad del sistema PEX es una de las razones por las cuales se considera como un elemento de progresión constante, debido a que puede sustituir sistemas metálicos o de plástico, específicamente en instalaciones que tienen que durar más, como lo es en complejos departamentales, condominios, etc., puesto que la vida útil del sistema PEX es de aproximadamente medio siglo.

También es el más adecuado para la conducción de agua fría y caliente y se sugiere utilizar colores para evitar confusiones durante su instalación. Por ejemplo, el sistema PEX de color rojo es utilizado para el agua caliente, mientras que el de color azul se usa para el agua fría. Además, su uso es conveniente en lugares en donde se concentre el frío, puesto que, a diferencia del sistema de cobre, el PEX resiste hasta 6 temporadas de congelación sin “reventar”, lo cual fue dicho por Steve Maxwell en 2007, por eso es necesario recurrir a sistemas de aislamiento de espuma en las tuberías PEX, así se mantiene la temperatura y se evita que colapse durante la helada. Es preciso mencionar que durante las temporadas de invierno es conveniente drenar las tuberías como medida para evitar que estas colapsen debido al frío. Es por ello por lo que en las edificaciones nuevas edificaciones se sugiere que el sistema de tuberías se incline ligeramente para un adecuado drenaje en el momento que se necesite. Mientras tanto, los beneficios ambientales son los más importantes, pues el sistema PEX al permitirse una instalación más fácil y al ser de un material que no genera riesgos, se vuelve la opción más amigable con el medio ambiente, comparándolo con el sistema de cobre. Pero, se encontró que los sistemas PEX tienen entre sus compuestos al petróleo.

**Inconvenientes del uso del sistema PEX:**

No se puede exponer el sistema PEX al sol, por lo tanto no pueden usarse en sistemas expuestos, ya que el material se corroe y se gasta con facilidad. También, antes de instalarlo se debe almacenar en un ambiente al que no le llegue la luz solar y también debe estar protegido después de instalarlo, puesto que si el material del sistema PEX es expuesto al sol por al menos 30 días, la instalación fallará, debido a que el sistema se vuelve frágil con la luz solar.

Los insectos pueden perforar la tubería PEX, debido a que como es un material más flexible y suave que el cobre, los insectos pueden morder el material, siendo que puede desembocar en fugas de agua

Tanto en Estados Unidos, Canadá y continente europeo se reportaron fallos en el sistema PEX, puesto que existe un accesorio específico llamado latón, el cual también es un conector; sin embargo, se reportaron problemas con ese accesorio en especial, pues, cuando se hicieron las instalaciones en Nevada se causó una relación negativa con los minerales de agua dura y el accesorio latón amarillo.

También, el sistema PEX utiliza Zinc, el cual puede lixiviarse del material, debido a una reacción química, lo cual se conoce como la pérdida de Zinc, lo cual ocasiona fugas. Una solución a este problema tiene que ver con cambiar el porcentaje de zinc, por ejemplo, el latón amarillo tiene aproximadamente un 30% de zinc mientras que el herraje de latón tojo solo tiene entre un 5% y 10%. Es por ello que principalmente en California, las autoridades insistieron con el reemplazo del latón amarillo por el rojo, pues no va a causar problemas a largo plazo, pues el latón amarillo fue ampliamente reportado, no solo en California, sino en todos los lugares en donde se aplicó el sistema PEX con el accesorio latón amarillo

Antes del 2000, los sistemas de tuberías PEX no tuvieron éxito debido a que tanto los habitantes como los fontaneros aún no estaban completamente familiarizados con el propio sistema y los accesorios a utilizar, por lo que era usual que se reporten errores por una inadecuada instalación.

Se debe mencionar que el PEX es un material que se utiliza en las tuberías actuales puesto a sus múltiples ventajas, por ejemplo, es mucho más económico, no se utilizan tantos accesorios, por lo que no se cometen tantos errores al instalarlo, además que es muy fácil transportarlo. Como ejemplo se tiene que un rollo de 100 metros de ½” normalmente posee un diámetro de 55cm, altura de 25 cm y 10.5kg como peso total; además, tiene una garantía de 50 años de uso y, también, es reutilizable.

También se debe considerar que la instalación es mucho más sencilla al no tener que soldar o aplicar muchos accesorios, reduciendo la mano de obra y a la vez el costo de instalación, evitando pegamentos y reduciendo los riesgos en la salud de los usuarios. Es así como su flexibilidad reduce ampliamente la probabilidad de ruptura ante un movimiento telúrico, y las pruebas hidráulicas se pueden hacer instantáneamente.

Mas empero, aunque el sistema PEX tenga múltiples ventajas, se encontró que algunos aislamientos de tuberías aplicados en el PEX aceleran su corrosión, pero, por ejemplo, el material como la espuma de envoltura es la más adecuada. En cuanto a los costos de montaje, se tiene en cuenta que los accesorios para el sistema PEX, en especial los de compresión que suelen ser usadas en instalaciones que un habitante puede hacer por sí mismo, puesto que como los accesorios son pocos y las instrucciones muy claras, entonces es más fácil que una persona sin conocimientos en instalación pueda hacerlo.

En cuanto al sistema de calefacción radiante, se sabe que tienen componentes de hierro, por lo que después de un tiempo se oxidan y empieza una formación de moho, ocasionando fugas e infectando el agua potable. La solución a este problema es aplicar una barrera de oxígeno en el sistema PEX, como se hace actualmente.

También se tiene en cuenta el impacto directo en la salud, pues luego de los reportes de fugas en el 2000 en California, apareció la controversia en la que es posible que los químicos del sistema PEX pueda contaminar el agua potabilizada. Las críticas sobre este tipo de tubería mencionan que sus compuestos más peligrosos son el metil éter de butilo terciario y

alcohol butílico terciario. Pero, en los siguientes años se realizaron los estudios pertinentes y un informe del tipo de impacto que tiene en el ambiente y se encontró que el sistema PEX no es un riesgo para la salud pública, por lo que eventualmente se aceptó su uso masivo en diferentes partes del mundo.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Agua:** Denominado así al compuesto químico que se encuentra conformado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, teniendo como fórmula el H<sub>2</sub>O
- **Accesorios:** Son elementos cuidadosamente diseñados para el ensamble de cualquier dispositivo, lo que permite una conexión eficiente y una distribución funcional de los fluidos. Algunas piezas comunes se usan en uniones que forman una “T”, cruces, codos, filtros, expansores y reductores
- **Agua apta para consumo:** Se refiere al líquido que no posee sustancias riesgosas para la salud de las personas
- **Agua potable:** Agua apta para el consumo humano (RNE, 2006).
- **Aislante térmico,** De acuerdo a que PEX es excelente aislante térmico con una conductividad 0,35 W/m o C, tiene beneficios significativos cuando se trata de consideraciones regulatorias relacionadas con el aislamiento en instalaciones mecánicas y la prevención de la condensación en las instalaciones térmicas del edificio (Minayo, 2020).
- **Aislante eléctrico,** PEX tiene excelentes cualidades aislantes. En realidad, el cableado de media y alta tensión se crea utilizando derivados del mismo, como XLPE. Las opciones que brinda para cambiar su marco fundamental se utilizan con frecuencia para aumentar la productividad mientras se produce este tipo de producto (Minayo, 2020).
- **Calidad de agua:** Es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que lo hace idóneo para que el humano pueda

consumirlo sin que represente un riesgo para la salud, lo que incluye aspectos como apariencia, sabor y aroma del agua.

- **PEX - AL - PEX:** Es un material compuesto por capas de polietileno reticulado y aluminio, lo cual permite conducir fluidos.
- **Polietileno:** Es un material de plástico de tipo térmico, que se adquiere a través de la transformación del etileno en la polimerización, aplicando una alta presión y peróxido como catalizador.
- **Polietileno reticulado:** Es una variante estructurada del polietileno, la cual se identifica con las siglas PEX o XLPE. Se usa en la conducción de tuberías y se emplea de manera amplia un sistema de calefacción en donde circula el agua, además es útil en las redes de distribución de agua potabilizada, además que puede cubrir cables eléctricos de alta tensión.
- **Tubería PVC:** Está compuesto por conductos que fueron fabricados con cloruro de polivinilo, que son destinados mayoritariamente a los sistemas de desagüe, refrigeración y la circulación del aire o del agua a presión
- **Inocuo,** Según Minayo (2020), menciona que el polietileno reticulado gracias a sus propiedades se encarga de asegurar la calidad y conservación del agua.
- **Ligero,** Dependiendo de la densidad del material, un rollo de tubo de 16\*1,8 mm de 100 m no pesa más de 10 kg. Por otro lado, para diámetros semejantes, en el caso del cobre el peso es siete veces menor y en el caso del hierro trece veces (Minayo, 2020).
- **Flexible,** El alto grado de flexibilidad de la estructura de polietileno es el resultado de su estructura molecular. Por otro lado, una instalación de PEX expuesta a temperaturas bajo cero tendrá mucho más tiempo hasta el punto de ruptura que una tubería de metal en una situación sellada con la tubería bajo presión, que a menudo es necesaria para evitar un suceso desagradable (Minayo, 2020).

- **Fácil y seguro de instalar,** Las herramientas, tuberías y otros componentes del sistema están fácilmente disponibles en establecimientos certificados, es un sistema ampliamente utilizado, sencillo y seguro. Indirectamente, la flexibilidad de la tubería permite reducir el número de uniones en una instalación, lo que estadísticamente reduce la probabilidad de fugas (Minayo, 2020).
- **Reticulación:** Se trata de un proceso químico en el que las moléculas de un polímero se adhieren a una estructura tridimensional muy similar a una malla. Este tipo de cambio también modifica las características iniciales del material, como por ejemplo con los plásticos que se usan para aislar cables, este proceso le otorga estabilidad térmica.
- **Termoplástico:** Es una sustancia con la capacidad de ablandarse al ser expuesta a altas temperaturas, lo que permite que su moldeo y adaptación se pueda dar en diferentes estructuras. Cabe decir que al enfriarse recupera la fuerza y no pierde sus propiedades
- **Termoestable:** Se trata de un material completamente resistente al calor, por lo cual mantiene su integridad estructural sin deformarse o alterarse significativamente.

### III. MARCO MÉTODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con lo dicho por Landeau (2007) la presente es una investigación no experimental/sustantiva y básica. Este tipo de enfoque se centra en la generación de conocimiento teórico sin tener que hacer la aplicación práctica de forma inmediata. Su objetivo es ampliar el entendimiento acerca de un tema en especial y aborda los problemas generales con amplia validez.

Además, el estudio tiene un diseño comparativo, puesto que establece diversidades entre 2 tipos de materiales, también es transversal, pues se observa el fenómeno en un solo momento.

La profundidad de la investigación es descriptiva-explicativa con un enfoque cuantitativo, puesto que se usarán análisis estadísticos para poder hacer el análisis técnico, evaluar costos y comparar tiempos.

Teniendo en cuenta el propósito, la investigación se enfoca en la investigación de comprobación.

#### 3.2 Diseño de Investigación

Como dijo Jiménez (1988), que cuando un problema surge de una aplicación, es posible que se aplique el estudio directamente en el entorno estudiado. En este caso se eligió un diseño no experimental y aplicado.

Por otro lado, Muñoz Rocha (2015) señaló que los estudios cuantitativos están basados en la recopilación y análisis estadístico de la información, la cual se expresa en números y datos estadísticos, lo cual permite visualizar y dar respuesta al problema inicial. En estos estudios, el autor define sus propios métodos para poder determinar la muestra, la selección o desarrollo de instrumentos que recojan la información, registren y analicen los resultados, así como la validación científica de los datos antes de ser aplicados

## **Metodología del análisis comparativo entre tuberías PEX y PVC**

El estudio se centra en comparar las tuberías PEX y PVC a través de un proceso de inspección y muestreo. Para todo ello, se pueden realizar visitas de campo guiadas para analizar una muestra de las tuberías que fallan principalmente en las conexiones de red de agua fría en las instalaciones de desagüe.

En cuanto se detecta que la tubería o la conexión se rompió se empieza a inspeccionar la zona y se recopila la información sobre el estado del material, el tipo de condiciones del suelo, las características de la instalación. En estas visitas se puede dar una primera evaluación visual y se puede completar con una ficha de campo, la cual contiene los siguientes datos:

- Ubicación geográfica y temporal de la falla
- Características técnicas del sistema de tubería
- Factores ambientales del área de instalación
- Estado del material en el momento del análisis
- Historial de mantenimiento y funcionamiento adecuado de la red

La información que se obtiene sobre estos datos va a permitir identificar los patrones que deterioran el material para poder formular un diagnóstico acerca de la durabilidad de cada tipo de sistema de tubería.

### **Indicadores de deterioro:**

1. Longitud de tubería: Criterio que se usa para conocer el desgaste físico a través de la conducción. La corrosión que puede ser generada por diversas reacciones tanto químicas como electroquímicas, es uno de los factores que importan en el deterioro de los materiales. Esto ocurre cuando el metal entra en contacto con el oxígeno y el agua, lo cual ocasiona la oxidación del hierro y el acero, o se forma moho sobre el cobre
2. Diámetro: Debido al crecimiento de la población, el agua es un recurso que poco a poco tiene más demanda, lo cual puede generar una insuficiencia en las tuberías con el paso del tiempo. Es por ello que los sistemas de abastecimiento son diseñados para tener un funcionamiento adecuado

- durante 15 o 20 años aproximadamente. Pero, cabe decir que el diámetro usado actualmente puede ser insuficiente a largo plazo.
3. Presión: La presión del agua es uno de los factores clave para poder analizar fallas en el diseño, o en la instalación de red, pues se pueden regular las variaciones de las presiones que se emplean en diferentes accesorios del sistema, pero cuando se trata de presiones más elevadas, se recomienda el uso de sistemas de tubería más fuertes como la de hierro dúctil o el polietileno de alta densidad (HDPE), puesto que aunque el costo es elevado, tiene un mayor rendimiento comparándolo con el sistema PVC
  4. Material: La selección del tipo de material para el saneamiento corresponde al criterio técnico específico. Con la ayuda de la tecnología surgieron diversas opciones para poder conducir el agua potable y el alcantarillado, siendo que cada uno tiene propiedades y características que se adhieren a diferentes requisitos.

### **3.3. Métodos o técnicas**

Según lo dicho por Hernández, Fernández y Baptista (2006), el método que se suele usar en una investigación tiene base en el enfrentamiento de teorías que ya existen a través de la formulación de la hipótesis, las que pueden ser revisadas mediante el análisis de las muestras que representan el fenómeno estudiado. Para poder desarrollar un estudio con el enfoque cuantitativo se debe contar con una base teórica sólida, puesto que el enfoque metodológico que se emplea es del tipo deductivo.

En este proyecto se emplea un enfoque cuantitativo, lo cual va a permitir relacionar las variables de estudio y determinar su grado de correlación

#### **Técnica de evaluación**

El análisis incluye medir los parámetros de las tuberías PEX y PVC:

- Diámetro interior de la tubería
- Tiempo requerido para la instalación
- Velocidad de flujo del agua dentro de la conducción
- Presión máxima antes de la ruptura del material

Para poder hacer estas mediciones se utilizará una batería de servicios higiénicos en el Centro de Investigación Tuyu Ruri y se emplearán instrumentos diferentes, entre ellos:

- Manómetro
- Cuaderno de notas
- Fichas de campo
- Fotografías de los materiales analizados

### **3.4 Población y muestra**

#### **Población**

En este estudio se toma como población a las tuberías PVC (según las normativas NTP 399.002 y NTP 399.166) y PEX. El estudio evaluará la resistencia a la presión que las tuberías pueden resistir en una instalación sanitaria común, pero realizada en el Centro de Investigación Tuyu Ruri

#### **Muestra**

En este estudio se seleccionó a la muestra mediante un muestreo de tipo no probabilístico, puesto que este enfoque es adecuado para estudios descriptivos, en los cuales se busca hacer una estimación de las variables en la población. Estas variables se analizarán a través de pruebas numéricas, lo que permite calcular el margen de error en las predicciones.

La muestra se compone por:

- 10 metros lineales de sistema PEX
- 2 unidades de tubería PVC (NTP 399.002)
- 2 unidades de tubería PVC NTP 399.166

Se analizará la resistencia y el desempeño de cada una de las tuberías mencionadas.

## 3.5 Instrumentos validados de recolección de datos

### 3.5.1 Técnicas De Recolección De Datos

Para que este estudio se pueda realizar se aplicará un análisis comparativo, el cual considera tres aspectos fundamentales, los cuales son: La duración de la instalación, costos y calidad del material. Esto se evaluará mediante la observación directa para poder registrar los tiempos requeridos en la instalación del sistema PEX-AL-PEX

**Medición del tiempo de instalación:** Esto será medido presencialmente en el espacio de estudio, lo cual asegura la recopilación completa de los datos. Para ello se tomará en cuenta lo siguiente:

- Tiempo total de instalación: En horas y minutos
- Extensión instalada en metros lineales en un lapso establecido
- Presupuesto detallado basado en la instalación que se realizó en el Centro Experimental Tuyu Ruri de la UNASAM

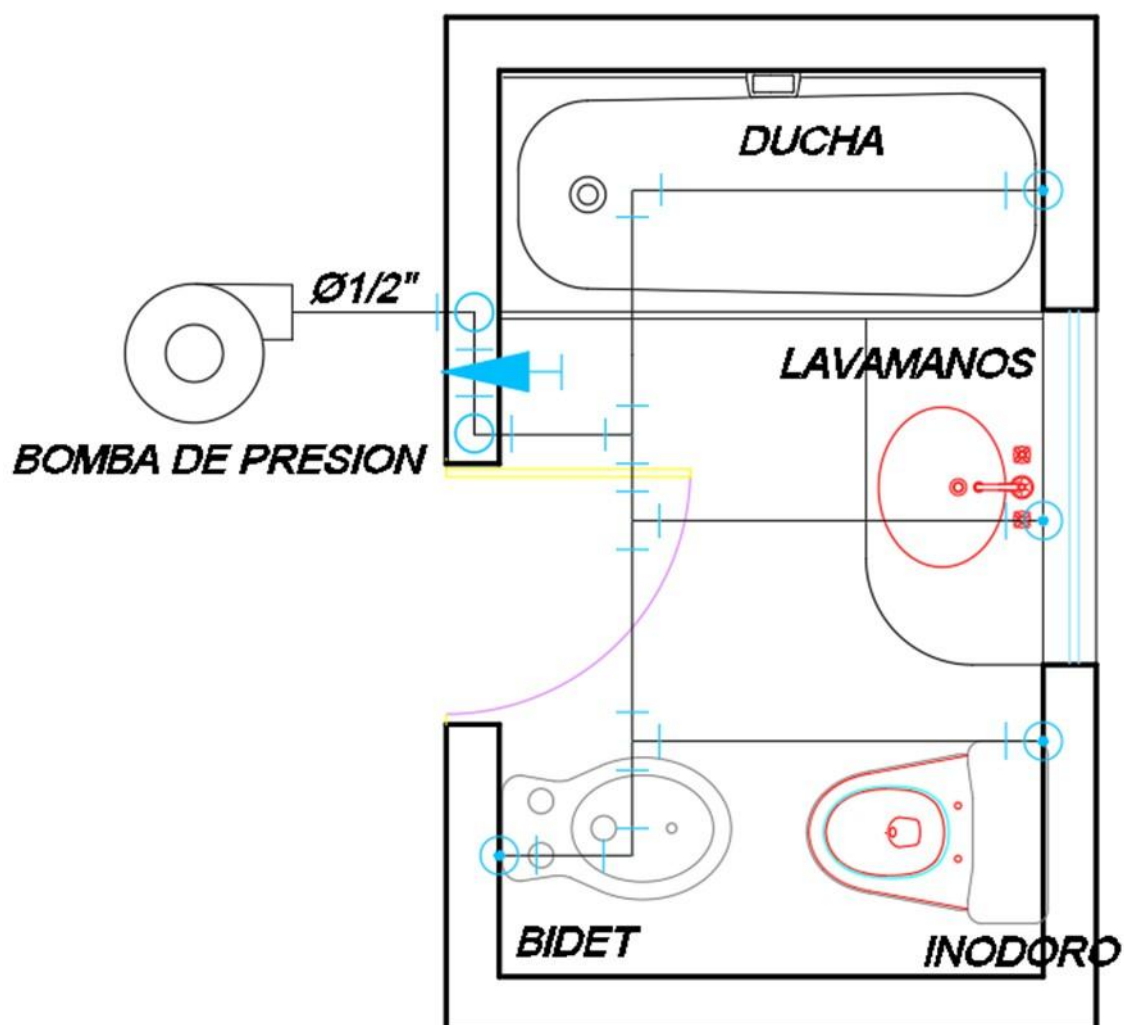
**Cálculo de costos:** Para poder hacer una estimación de los costos, se procede del siguiente modo:

- Obteniendo las mediciones del metrado
- Utilización de los planos de instalación sanitaria, los cuales son diseñados con el programa AutoCAD}
- También se hará la comparación de los costos de instalación entre el sistema PEX y PVC, eligiendo la opción más económica y viable.

#### **Evaluación de la calidad**

- Se hará la revisión detallada de las fichas técnicas que corresponden a cada una de las tuberías
- Se elaborarán cuadros comparativos para poder analizar las diferencias entre el PEX y el PVC en cuanto a la resistencia, durabilidad y desempeño siempre y cuando esté operativo.

Figura N°01: Plano de Instalación de Tubería PVC en un Servicio Higiénico.



Plano en planta de una parte de la instalación de la vivienda de Una Batería de Servicios Higiénicos en el Centro Experimental Tuyu Ruri UNASAM.

### 3.5.1 Análisis de Recolección de Datos

Con relación a la variable tiempo, los datos que se han obtenido en la observación directa del sitio serán utilizados para poder desarrollar un cronograma en MS Project, pues representará las etapas de instalación de los sistemas de drenaje de agua potable. Teniendo esta información, se elaboran cuadros comparativos entre la tubería multicapa PEX AL PEX y la PVC, para analizar las diferencias en cuanto a la eficiencia de la instalación.

Con relación a la variable costo, los datos se procesarán teniendo como referencia los metrados obtenidos, los que serían empleados para el presupuesto y el cálculo del costo unitario, usando los softwares que se mencionaron con anterioridad. Adicional a ello se harán cuadros comparativos a través del uso de Excel, en donde se incorporará la información importante que deriva de los análisis realizados en campo, lo cual permitirá establecer indicadores clave para el adecuado estudio.

En cuanto a la variable calidad, los datos van a ser analizados a través de las fichas técnicas de ambos sistemas de tubería, lo cual permitirá hacer un análisis comparativo de las características. Con este estudio se podrá identificar cual de los elementos de la instalación proporcionan más beneficios y mejores prestaciones para el abastecimiento de agua potable en las viviendas.

También, se establecerán los procesos y las definiciones técnicas e instrumentos que serían usados para esta investigación.

Para evaluar los costos, se tienen en cuenta los componentes usados en la instalación, en donde el metrado y el costo unitario son factores determinantes.

**Tabla 03:** Presupuesto de Instalación de SS.HH con Tubería PVC. NTP 399.002.

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	10	S/2.00	S/20.00
Tee 1/2"	3	S/2.00	S/6.00
Tapón hembra 1/2"	4	S/2.00	S/8.00
Codo de Fierro galvanizado 1/2"	4	S/5.00	S/20.00
Unión universal 1/2"	2	S/20.00	S/40.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/25.00	S/25.00
Tubería PVC C-10 1/2"	2	S/12.00	S/24.00
Adaptador	4	S/2.00	S/8.00
Niple	1	S/2.00	S/2.00
Unión simple	4	S/2.00	S/8.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Hoja de cierra	1	S/5.00	S/5.00
Adex	2	S/5.00	S/10.00
Pegamento mediano azul cemento para PVC Rain-RSHINE	1	S/18.00	S/18.00
El pegamento mediano transparente cemento para PVC	1	S/18.00	S/18.00
Bushin	1	S/5.00	S/5.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Balde de Prueba Hidraulica de alta presión	1	S/480.00	S/480.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
<b>Base Imponible</b>			S/1,058.00
<b>18% IGV</b>			S/190.44
<b>TOTAL</b>			<b>S/1,248.44</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 04:** Presupuesto de Instalación de SS.HH con Tubería PVC. NTP 399.166.

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	10	S/2.00	S/20.00
Tee 1/2"	3	S/2.00	S/6.00
Tapón hembra 1/2"	4	S/2.00	S/8.00
Codo de Fierro galvanizado 1/2"	4	S/5.00	S/20.00
Unión universal 1/2"	2	S/20.00	S/40.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/25.00	S/25.00
Tubería PVC C-10 1/2"	2	S/12.00	S/24.00
Adaptador	4	S/2.00	S/8.00
Niple	1	S/2.00	S/2.00
Unión simple	4	S/2.00	S/8.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Hoja de cierra	1	S/5.00	S/5.00
Adex	2	S/5.00	S/10.00
Pegamento mediano azul cemento para PVC Rain-RSHINE	1	S/18.00	S/18.00
El pegamento mediano transparente cemento para PVC	1	S/18.00	S/18.00
Bushin	1	S/5.00	S/5.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Balde de Prueba Hidraulica de alta presión	1	S/480.00	S/480.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
<b>Base Imponible</b>			S/1,058.00
<b>18% IGV</b>			S/190.44
<b>TOTAL</b>			S/1,248.44

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 05:** Presupuesto de Instalación de SSHH con Tubería PEX al PEX.

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	14	S/23.00	S/322.00
Tee 1/2"	3	S/35.00	S/105.00
Conector de 1/2"	4	S/25.00	S/100.00
Tapon de 1/2"	4	S/4.00	S/16.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/20.00	S/20.00
Tubería PEX AL PEX de 1/2" (16 mm)	15	S/6.00	S/90.00
Adaptador 1/2"	1	S/18.00	S/18.00
Unión Mixto PVC	1	S/2.00	S/2.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Balde de Prueba Hidráulica de alta presión	1	S/480.00	S/480.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
<b>Base Imponible</b>			S/1,514.00
<b>18% IGV</b>			S/272.52
<b>TOTAL</b>			S/1,786.52

**Fuente:** Elaboración propia.

Se especificaron los tratamientos de los datos. Esto se hará a través de tablas de frecuencia y gráficos con sus respectivos análisis e interpretaciones

#### **Trabajos de oficina:**

Consistió en la recopilación de los datos de primer y segundo nivel en todos los materiales bibliográficos de diversas bases de datos y repositorios que se relacionan estrechamente con el tema de investigación, lo cual permite realizar consultas a especialistas en conjunto

#### **Trabajos de campo:**

Empezando con el diagnóstico general, se determinará el diámetro interno de cada una de las tuberías, además del tiempo de instalación, la velocidad y la presión del agua.

#### **Trabajos en Gabinete:**

Es donde se procesará el análisis de los datos que se obtuvieron en el campo. Los resultados se expresarán mediante números, tablas, gráficos y cuadros correspondientes

**Tabla 06: Cronograma de Ejecución en días.**

15 DE FEBRERO DEL 2023		
INSTALACION DE TUBERIA RETICULADO PEX.	10.00 AM	11.00 AM
16 DE FEBRERO DEL 2023		
INSTALACION DE TUBERIA PVC SEGÚN NTP 399.002.	10.00 AM	11.30 AM
17 DE FEBRERO DEL 2023		
INSTALACION DE TUBERIA PVC SEGÚN NTP 399.166.	10.00 AM	11.30 AM

**Tabla 07: Cronograma de Prueba Hidraulica en Tuberia Polietileno Reticulado Pex.**

18 DE FEBRERO DEL 2023						
PRUEBA HIRAUICA EN TUBERIA POLIETILENO RETICULADO PEX						
LINEAS	DIAMETRO	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fria	1/2"	150	10:00	10:30	SI	C
Agua Fria	1/2"	150	10:40	11:10	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	11:20	11:50	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:00	12:30	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:40	13:10	NO	C

**Tabla 08: Cronograma de Prueba Hidraulica en Tuberia PVC Segun NTP 399.002**

19 DE FEBRERO DEL 2023						
PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA PVC SEGÚN NTP 399.002						
LINEAS	DIAMETRO	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fria	1/2"	150	10:00	10:30	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	10:40	11:10	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	11:20	11:50	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:00	12:30	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:40	13:10	NO	C

**Tabla 09: Cronograma de Prueba Hidraulica en Tuberia PVC Segun NTP 399.166**

20 DE FEBRERO DEL 2023						
PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA PVC SEGÚN NTP 399.166						
LINEAS	DIAMETRO	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fria	1/2"	150	10:00	10:30	SI	C
Agua Fria	1/2"	150	10:40	11:10	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	11:20	11:50	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:00	12:30	NO	C
Agua Fria	1/2"	150	12:40	13:10	NO	C

### **Elaboración del Informe Final:**

En el momento final se facilitarán los resultados obtenidos, así como las conclusiones a las que se llegó y las respectivas recomendaciones y finalmente el informe de investigación.

### **3.6 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información**

Para poder hacer un correcto registro de la información se utilizará un cuestionario, puesto que se requiere un registro o evidencia con previa planificación.

El manejo de los instrumentos de datos estadísticos es el medio físico, puesto que permitió registrar si existe alguna característica o atributo adicional que pueda ser medido.

Gonzales (2012) indicó que la cualidad más importante que tiene un instrumento es la contrastación, porque así se asegura el logro de los objetivos, la cual para algunos investigadores se puede resumir en que se mide lo que se debe medir. La contrastación en cambio es valorada una vez que demuestra resultados objetivos y numéricos.

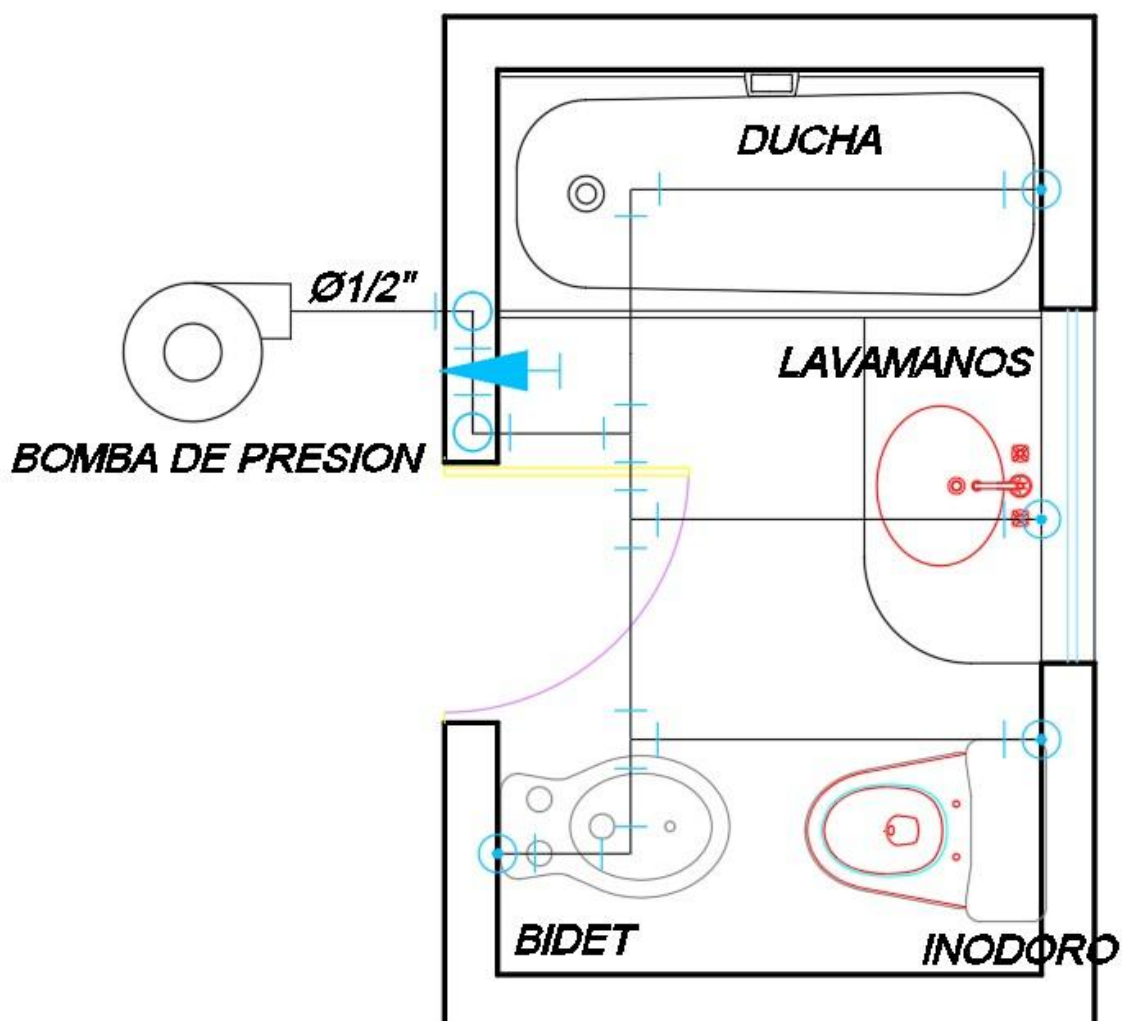
### **Contrastación racional**

Se revisó integral y metódicamente cada una de las fuentes bibliográficas que se relacionan con este proyecto, especialmente los estudios que están relacionados con la calidad del agua y qué tan común es la presencia de infecciones gastrointestinales; lo cual permitió tener una mejor representación de los ítems que se considerarán para la evaluación, integrando teorías y conceptos que se presentan y se encuentran representados por una base teórica y conceptual consistente.

#### IV. RESULTADOS

Para el **objetivo primero** que es realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías de polietileno reticulado PEX. En la siguiente se muestra datos de prueba de Presión (lbs/pulg2) en Tubería Reticulado PEX.

**Figura N°02:** Plano de Instalación de Tubería Reticulado PEX en un Servicio Higiénico.



**Tabla 10:** Prueba de Presión (lbs/pulg2) en Tubería Polietileno Reticulado PEX.

DATOS DE LA PRUEBA						
LINEAS	DIAMETRO (Pulgadas)	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fría	1/2"	150	10:00	10:30	Si	C
Agua Fría	1/2"	150	10:40	11:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:10	11:30	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:40	12:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	12:10	12:30	NO	C
VERIFICACION DE LA INSTALACION: SI <u>X</u> NO <u>   </u>			MATERIAL NO DEFECTUOSO: SI <u>   </u> NO <u>X</u>			
TAPONEAR TERMINALES EXPUESTOS: SI <u>X</u> NO <u>   </u>			FIJACION ADECUADA: SI <u>X</u> NO <u>   </u>			
COLOCACION DE ABRAZADERAS O COLGADORES: SI <u>X</u> NO <u>   </u>						
ESTADO DE CONFORMIDAD: SI <u>X</u> NO <u>   </u>						
Observaciones: NINGUNO						

Se puede visualizar el Cuadro de Datos de la Prueba de Presión en (Lb/pulg2),

Las pruebas se han realizado satisfactoriamente, pasando la presión de prueba respectiva, y en el punto que se indica, de acuerdo al objetivo trazado, dejando el sistema operativo y en funcionamiento. Para ello se ha realizado de la siguiente manera:

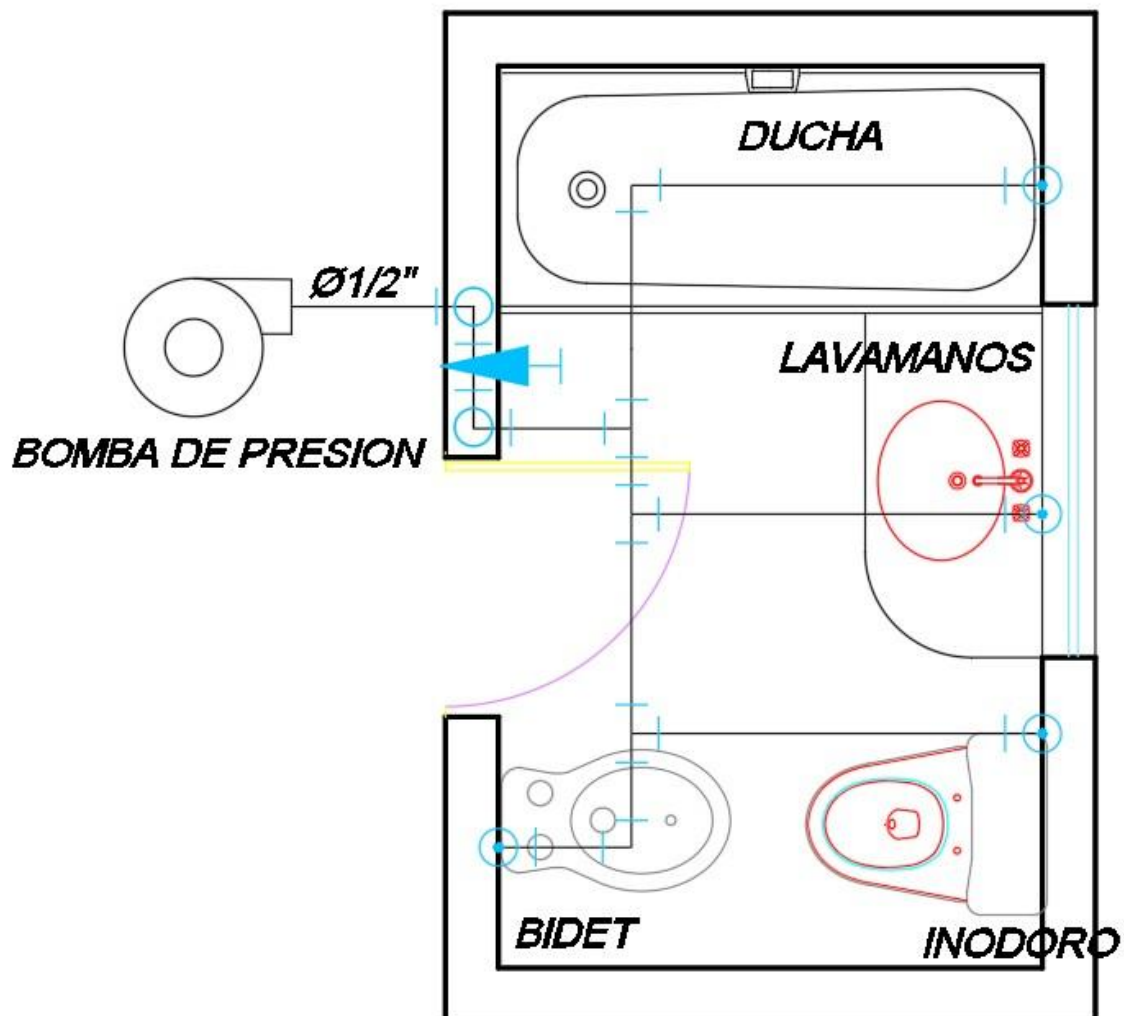
- a) Las pruebas hidráulicas verifican que todas las partes y accesorios en una instalación sanitaria de agua fría queden bien instaladas, se prueban las fugas y las listas para servir a la población.
- b) Todas las pruebas y los resultados fueron tanto dirigidos como analizados por el autor de este proyecto, además del técnico responsable para la evaluación.
- c) .Para la prueba de presión se usó una bomba de prueba que se acciona manualmente.

- d) Previo a la aplicación de las pruebas el autor tuvo que verificar el funcionamiento de los manómetros, indicando conformidad con el estado y su calibración.
- e) Se instaló la bomba en la entrada a la válvula de control del servicio higiénico, en cada caso han sido verificados.
- f) La prueba con la bomba y los elementos que purgan el aire, se conectaron al sistema a través de tapones con niples específicamente para la conexión. No se usaron las abrazaderas.
- g) La presión de prueba ha sido la misma de la presión nominal de la tubería, medida en el punto que se han probado.
- h) El tiempo mínimo de duración de la prueba ha sido de 30 minutos, habiendo permanecido durante este tiempo la tubería a la presión de prueba.
- i) Reparación de fugas: Las fugas presentadas en las tuberías, han sido inmediatamente reparadas sustituyéndolas por material en buen estado, y de la misma clase, realizándose necesariamente de nuevo la prueba hidráulica en dicho tramo del circuito, hasta haber conseguido un resultado satisfactorio.

Se han realizado las pruebas en todo el Sistema de Agua Fría, en los diferentes puntos, según el cuadro adjunto y realizándose las pruebas hidráulicas en todos los tramos de acuerdo a la resistencia de la tubería para la clase en referencia las cuales se han llevado a las presiones indicadas en el la table N°10.

Para el **objetivo segundo** que es realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías PVC según NTP 399.002.

**Figura N°03:** Plano de Instalación de Tubería PVC NTP 399. 002.



**Tabla 11:** Prueba de Presión (lbs/pulg2) en Tubería PVC NTP 399. 002.

DATOS DE LA PRUEBA						
LINEAS	DIAMETRO (Pulgadas)	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fría	1/2"	150	10:00	10:30	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	10:40	11:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:10	11:30	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:40	12:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	12:10	12:30	NO	C
VERIFICACION DE LA INSTALACION: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			MATERIAL NO DEFECTUOSO: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
TAPONEAR TERMINALES EXPUESTOS: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			FIJACION ADECUADA: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
COLOCACION DE ABRAZADERAS O COLGADORES: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
ESTADO DE CONFORMIDAD: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>						
Observaciones: NINGUNA						

Las pruebas se han realizado satisfactoriamente, pasando la presión de prueba respectiva, y en el punto que se indica, de acuerdo al objetivo trazado, dejando el sistema operativo y en funcionamiento. Para ello se ha realizado de la siguiente manera:

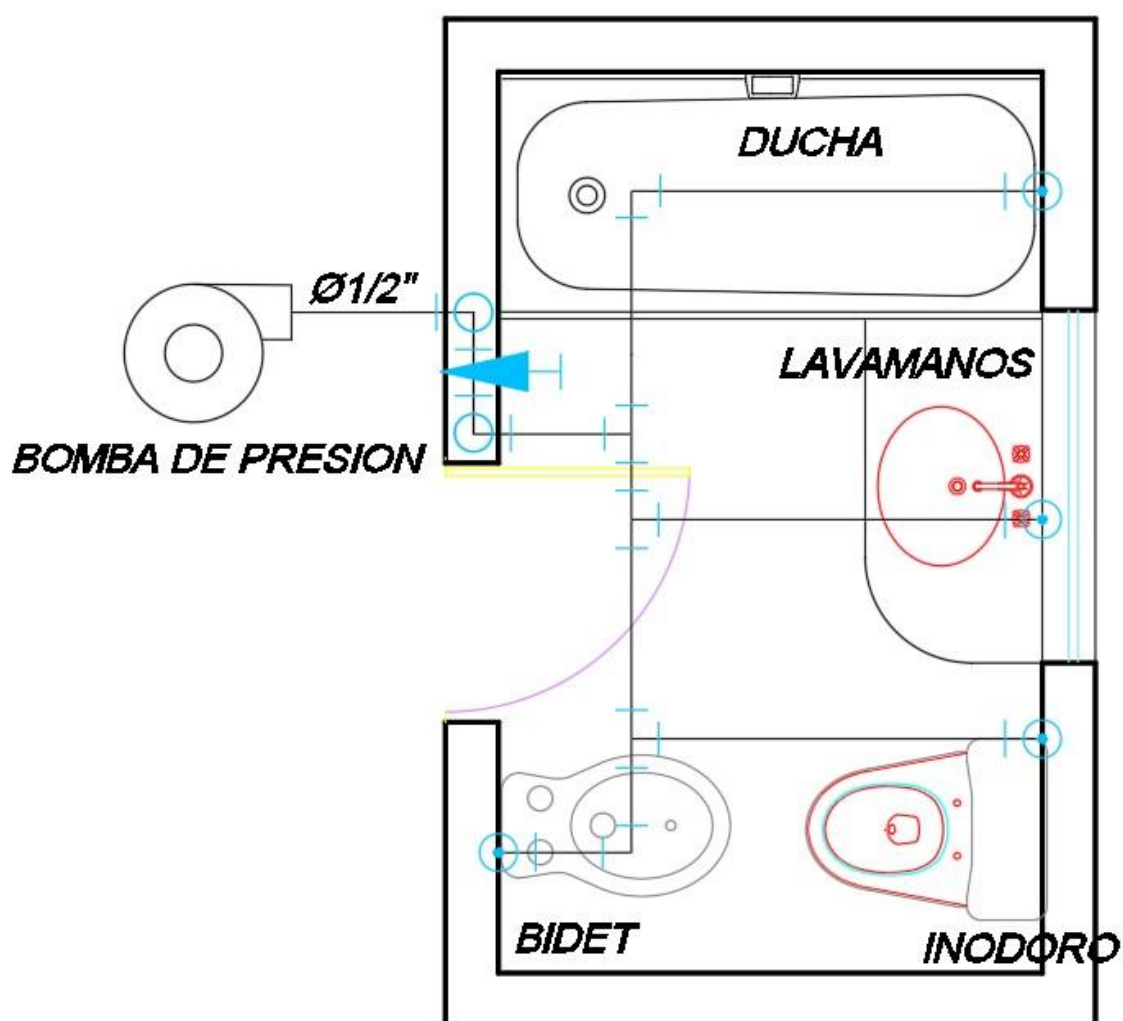
- a) La finalidad de las pruebas hidráulicas, es verificar que todas las partes y accesorios de una instalación sanitaria del sistema de agua fría, hayan quedado correctamente instaladas, probadas contra fugas y listas para prestar servicio a la población beneficiaria.

- b) Tanto el proceso de prueba hidráulica como sus resultados, han sido dirigidos y verificados por el tesista y responsable técnico designado para esto, con la asistencia del asesor.
- c) Para las pruebas realizadas en el sistema y su correspondiente presión de prueba, se ha utilizado una bomba de prueba accionada manualmente.
- d) El tesista previamente al inicio de las pruebas, ha verificado el estado y funcionamiento de los manómetros, dando la conformidad del buen estado y la calibración de este.
- e) La bomba de prueba, se ha instalado en la entrada a la válvula de control del servicio higiénico, en cada caso han sido verificados.
- f) La bomba de prueba y los elementos de purga de aire, se han conectado a la tubería mediante: tapones con nipples especiales de conexión, en las instalaciones sanitarias; no se han utilizado en ninguno de los casos, las abrazaderas.
- g) La presión de prueba ha sido la misma de la presión nominal de la tubería, medida en el punto que se han probado.
- h) El tiempo mínimo de duración de la prueba ha sido de 30 minutos, habiendo permanecido durante este tiempo la tubería a la presión de prueba.
- i) Reparación de fugas: Las fugas presentadas en las tuberías, han sido inmediatamente reparadas sustituyéndolas por material en buen estado, y de la misma clase, realizándose necesariamente de nuevo la prueba hidráulica en dicho tramo del circuito, hasta haber conseguido un resultado satisfactorio.

Se han realizado las pruebas en todo el Sistema de Agua Fría, en los diferentes puntos, según el cuadro adjunto y realizándose las pruebas hidráulicas en todos los tramos de acuerdo a la resistencia de la tubería para la clase en referencia las cuales se han llevado a las presiones indicadas en la tabla N°11.

Para el **objetivo tercero** que es realizar un prototipo de pruebas donde se pueda modelar un análisis hidráulico sobre las tuberías PVC según NTP 399.166.

**Figura N°04:** Plano de Instalación de Tubería PVC NTP 399.166.



**Tabla 12:** Prueba de Presión (lbs/pulg<sup>2</sup>) en Tubería PVC NTP 399.166.

DATOS DE LA PRUEBA						
LINEAS	DIAMETRO (Pulg)	PRESION (PSI)	HORA INICIO	HORA FINAL	FUGAS	CONFORMIDAD
Agua Fría	1/2"	150	10:00	10:30	Si	C
Agua Fría	1/2"	150	10:40	11:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:10	11:30	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	11:40	12:00	NO	C
Agua Fría	1/2"	150	12:10	12:30	NO	C
VERIFICACION DE LA INSTALACION: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			MATERIAL NO DEFECTUOSO: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>			
TAPONEAR TERMINALES EXPUESTOS: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			FIJACION ADECUADA: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
COLOCACION DE ABRAZADERAS O COLGADORES: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>						
ESTADO DE CONFORMIDAD: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>						
Observaciones: NINGUNO						

Las pruebas se han realizado satisfactoriamente, pasando la presión de prueba respectiva, y en el punto que se indica, de acuerdo al objetivo trazado, dejando el sistema operativo y en funcionamiento. Para ello se ha realizado de la siguiente manera:

- a) La finalidad de las pruebas hidráulicas, es verificar que todas las partes y accesorios de una instalación sanitaria del sistema de agua fría, hayan quedado correctamente instaladas, probadas contra fugas y listas para prestar servicio a la población beneficiaria.
- b) Tanto el proceso de prueba hidráulica como sus resultados, han sido dirigidos y verificados por el tesista y responsable técnico designado para esto, con la asistencia del asesor.

- c) Para las pruebas realizadas en el sistema y su correspondiente presión de prueba, se ha utilizado una bomba de prueba accionada manualmente.
- d) El tesista previamente al inicio de las pruebas, ha verificado el estado y funcionamiento de los manómetros, dando la conformidad del buen estado y la calibración de este.
- e) La bomba de prueba, se ha instalado en la entrada a la válvula de control del servicio higiénico, en cada caso han sido verificados.
- f) La bomba de prueba y los elementos de purga de aire, se han conectado a la tubería mediante: tapones con nipples especiales de conexión, en las instalaciones sanitarias; no se han utilizado en ninguno de los casos, las abrazaderas.
- g) La presión de prueba ha sido la misma de la presión nominal de la tubería, medida en el punto que se han probado.
- h) El tiempo mínimo de duración de la prueba ha sido de 30 minutos, habiendo permanecido durante este tiempo la tubería a la presión de prueba.
- i) Reparación de fugas: Las fugas presentadas en las tuberías, han sido inmediatamente reparadas sustituyéndolas por material en buen estado, y de la misma clase, realizándose necesariamente de nuevo la prueba hidráulica en dicho tramo del circuito, hasta haber conseguido un resultado satisfactorio.

Se han realizado las pruebas en todo el Sistema de Agua Fría, en los diferentes puntos, según el cuadro adjunto y realizándose las pruebas hidráulicas en todos los tramos de acuerdo a la resistencia de la tubería para la clase en referencia las cuales se han llevado a las presiones indicadas en la table N°12.

Determinar la viabilidad del empleo de las tuberías de polietileno reticulado PEX y tubería PVC en tiempo costo y calidad.

**Tabla 13:** Presupuesto de la Instalación de Tubería Reticulado PEX.

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	14	S/23.00	S/322.00
Tee 1/2"	3	S/35.00	S/105.00
Conector de 1/2"	4	S/25.00	S/100.00
Tapon de 1/2"	4	S/4.00	S/16.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/20.00	S/20.00
Tubería PEX AL PEX de 1/2" (16 mm)	15	S/6.00	S/90.00
Adaptador 1/2"	1	S/18.00	S/18.00
Unión Mixto PVC	1	S/2.00	S/2.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Balde de Prueba Hidraulica de alta presion	1	S/480.00	S/480.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
<b>Base Imponible</b>			<b>S/1,514.00</b>
<b>18% IGV</b>			<b>S/272.52</b>
<b>TOTAL</b>			<b>S/1,786.52</b>

**Tabla 14:** Presupuesto de la Instalación de Tubería PVC. según NTP 399.002

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	10	S/2.00	S/20.00
Tee 1/2"	3	S/2.00	S/6.00
Tapón hembra 1/2"	4	S/2.00	S/8.00
Codo de Fierro galvanizado 1/2"	4	S/5.00	S/20.00
Unión universal 1/2"	2	S/20.00	S/40.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/25.00	S/25.00
Tubería PVC C-10 1/2"	2	S/12.00	S/24.00
Adaptador	4	S/2.00	S/8.00
Niple	1	S/2.00	S/2.00
Unión simple	4	S/2.00	S/8.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Hoja de cierra	1	S/5.00	S/5.00
Adex	2	S/5.00	S/10.00
Pegamento mediano azul cemento para PVC Rain-RSHINE	1	S/18.00	S/18.00
El pegamento mediano transparente cemento para PVC	1	S/18.00	S/18.00
Bushin	1	S/5.00	S/5.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Balde de Prueba Hidraulica de alta presión	1	S/480.00	S/480.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
		<b>Base Imponible</b>	<b>S/1,058.00</b>
		<b>18% IGV</b>	<b>S/190.44</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>S/1,248.44</b>

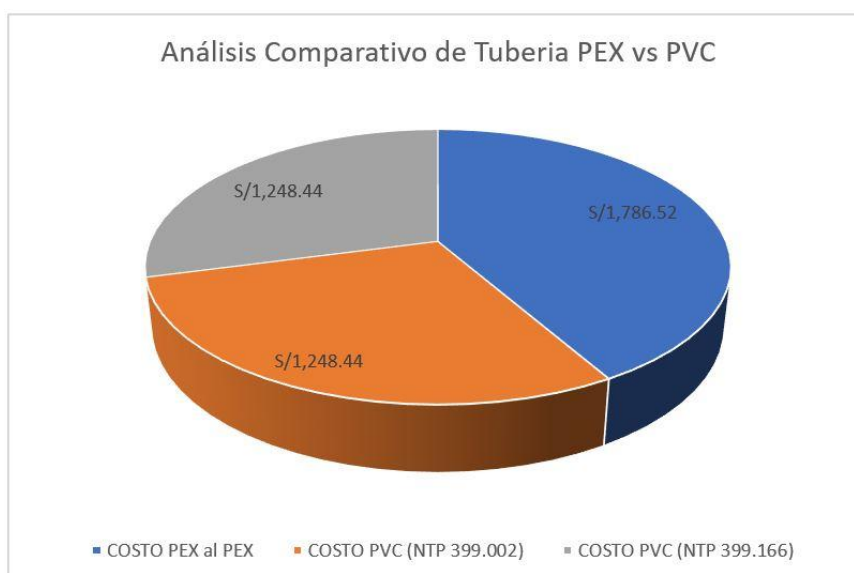
**Tabla 15:** Presupuesto de la Instalación de Tubería PVC. según NTP 399.166

Descripción	Cantidad	Precio/U.	Precio
Codo 90° - PVC 1/2"	10	S/2.00	S/20.00
Tee 1/2"	3	S/2.00	S/6.00
Tapón hembra 1/2"	4	S/2.00	S/8.00
Codo de Fierro galvanizado 1/2"	4	S/5.00	S/20.00
Unión universal 1/2"	2	S/20.00	S/40.00
Válvula de paso de 1/2"	1	S/25.00	S/25.00
Tubería PVC C-10 1/2"	2	S/12.00	S/24.00
Adaptador	4	S/2.00	S/8.00
Niple	1	S/2.00	S/2.00
Unión simple	4	S/2.00	S/8.00
Cinta teflón	3	S/2.00	S/6.00
Hoja de cierra	1	S/5.00	S/5.00
Adex	2	S/5.00	S/10.00
Pegamento mediano azul cemento para PVC Rain-RSHINE	1	S/18.00	S/18.00
El pegamento mediano transparente cemento para PVC	1	S/18.00	S/18.00
Bushin	1	S/5.00	S/5.00
Manómetros calibrados	1	S/220.00	S/220.00
Balde de Prueba Hidraulica de alta presión	1	S/480.00	S/480.00
Abosinador	1	S/25.00	S/25.00
Tijera	1	S/30.00	S/30.00
Operario Gasfitero	1	S/80.00	S/80.00
		<b>Base Imponible</b>	<b>S/1,058.00</b>
		<b>18% IGV</b>	<b>S/190.44</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>S/1,248.44</b>

### Análisis Comparativo de Costo

Las variables de asesoría, soporte técnico y capacitación suman al momento de la elección del material y esto implica en la elección del costo de los materiales. Al realizar la cotización de los materiales tanto de la Tubería Multicapa PEX resultó la Suma de S/ 1,786.52 soles (Incluido IGV) y S/ 1,248.44 soles para la Tubería PVC según (NTP 399.002 y 399.166), para realizar una instalación Piloto en el Centro experimental Tuyu Ruri se llegó a determinar la diferencia de S/ 538.08 soles a favor de la Tubería PVC. Este es un Ahorro a favor de las tuberías PVC.

**Figura N°05:** Análisis Comparativo de Costo de Tubería PEX vs PVC.



### Análisis Comparativo de Calidad

Este objetivo es con la finalidad de determinar las características técnicas de la tubería PEX y PVC (según NTP 399.002 y 399.166) al someterse a presiones y temperaturas tanto para agua caliente y fría.

Para ello se tomó en cuenta los parámetros de cantidad de accesorios, reusó, resistencia, propiedades físicas y mecánicas, formas de instalaciones, entre otras. Esta prueba se realizó en Instalaciones Sanitarias a iguales dimensiones y características a modelo.

## **Propiedades y Características**

Tabla comparativa muestra algunas propiedades y características de los sistemas de tubería PVC según (NTP 399.002 y 399.166) y PEX AL PEX fabricados con la finalidad de distribución de fluidos bajo presión y temperatura.

**Tabla 16:** Propiedades y características del PVC (Segun NTP 399.002 y 399.166) y PEX al PEX.

*Propiedades y Características del PVC y PEX AL PEX*

PROPIEDADES	PVC – CPVC	PEX AL PEX
Campos de Aplicación	Agua Fría y Caliente	Agua Fría y Caliente
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	1.41 (gr/cm <sup>3</sup> )	0.926 – 0.959 (gr/cm <sup>3</sup> )
Conductividad Térmica (W/m.k)	0.16 (W/m.k)	0.45 (W/m.k)
Coefficiente Dilatación Térmica (mm/m <sup>°</sup> k)	0.080 (mm/m <sup>°</sup> k)	0.025 (mm/m <sup>°</sup> k)
Coefficiente de Rugosidad (mm)	0.020 (mm)	0.007 (mm)
Presión máxima de trabajo garantizado	145 (PSI)	150 (PSI)
Temperatura de Trabajo	-20°C / +80°C	-40°C / +110°C
Temperatura de Blandecimiento	>80°C	>120°C
Tipo de Unión	Con Pegamento	Sistema Pensable
Tiempo de vida garantizado con uso continuo agua caliente a 70°C	10 Años	25 - 50 Años
Prueba hidráulica inmediata	No	Si
Tiempo de secado/enfriamiento	15 min	No necesita tiempo de secado
Herramientas para la Instalación	Hoja de sierra, pegamento, lija, teflón	Pinza de prensado, cortador para tubería, avellanador para tubería, dobladores de tubos
Accesorios	Codo, Reducciones, Tee, Uniones, etc.	Tee y Reducciones

De la tabla se puede interpretar que las propiedades que brinda un sistema de tuberías multicapa (PEX AL PEX) otorgan mejores propiedades y características que un sistema de tuberías PVC, como son:

- No requiere tiempo de secado para unir las tuberías, ya que el sistema multicapa PEX AL PEX utiliza un sistema de accesorios prensables.

- Permite una inmediata realización de la prueba hidráulica una vez terminada la instalación completa del circuito.
- Tiene una mejor conductividad térmica y soporta temperaturas de hasta +110°C.
- En las mejores condiciones puede tener una vida útil cuatro veces mayor que una tubería de PVC.

**Tabla 17:** Diámetro De Tuberías PEX AL PEX.

*Diámetro Tuberías PEX AL PEX*

Tubería	1014	1216	1418	1620	2025	2632
D. Ext (mm)	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm	25 mm	32 mm
D. Int (mm)	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	20 mm	26 mm
Capa Aluminio	0.2 mm	0.2 mm	0.2 mm	0.2 mm	0.3 mm	0.4 mm
Espesor Tubería	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2.5 mm	3 mm
Rollos	100 m	100 m	100 m	100 m	50 m	50 m

Para la simulación se usó tubería PVC (segun NTP 399.002 y 399.166) y Polietileno Reticulado PEX de ½" para ambos casos y para servicio de Agua Fría.

**Tabla 18:** Diámetro De Tuberías de Vinilo PVC.*Diámetro Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC)*

Diámetro Exterior		Espesor (mm)		Diámetro Interior (mm)	
Nominal	Real (mm)	Clase 10	Clase 15	Clase 10	Clase 15
½"	21	1.8	1.8	17.4	17.4
¾"	26.5	1.8	1.8	22.9	22.9
1"	33	1.8	2.3	29.4	28.4
1 ¼"	42	2	2.9	38	36.2
1 ½"	48	2.3	3.3	43.4	41.4
2"	60	2.9	4.2	54.2	51.6
2 ½"	73	3.5	5.1	66	62.8
3"	88.5	4.2	6.2	80.1	76.1
4"	114	5.4	8	103.2	98
6"	168	8	11.7	152	144.6

**Tabla 19:** Diámetro De Tuberías PEX vs PVC.*Diámetro de tubería PEX AL PEX vs PVC*

Diámetro Externo		Diámetro Interno		Diferencia de Diámetros PVC/PEX	% de Diferencia respecto al PVC
PEX AL PEX (mm)	PVC (mm)	PEX AL PEX (mm)	PVC (mm)		
16	21	12	17.4	5.4	31.03
20	26.5	16	22.9	6.9	30.13
25	33	20	29.4	9.4	31.97
32	42	26	38	12	31.58

Para realizar el análisis de los diámetros internos de cada instalación sanitaria, las tuberías más comunes en PVC (½", ¾" y 1") y PEX (1216, 1620 y 2025).

## Ventajas PEX frente al PVC

Como hemos podido observar anteriormente la tubería multicapa PEX AL PEX presenta ciertas características y propiedades que lo colocan como una mejor opción para instalaciones sanitarias, en el siguiente cuadro intentaremos ver las ventajas de la tubería PEX al PEX frente al PVC. (Según NTP 399.002 y 399.166)

**Tabla 20:** Ventajas de tubería multicapa PEX vs PVC.

*Ventajas tubería multicapa vs PVC*

	PEX AL PEX	PVC
Combina resistencia y dureza del metal y la durabilidad del plástico.	✓	✗
El núcleo de aluminio proporciona una barrera de oxígeno y capaz de soportar rayos UV.	✓	✗
No se corroe ni se oxida.	✓	✓
Pared lisa asegura una menor pérdida de presión.	✓	✓
Vida útil hasta 50 años.	✓	✗
Flexible y memoria elástica. Mayor sismo-resistencia.	✓	✗
Viene en rollos de 100 y 200 metros	✓	✗
Menor merma. Mayor eficiencia. Más ahorro.	✓	✗
Instalación al 50% más rápido.	✓	✗
No Teflón / Pegamentos / Máquinas de fusión / Soldaduras	✓	✗
Menor riesgo de fugas.	✓	✗
No caída de Presión	✓	✗
Menor uso de accesorios.	✓	✗

Según lo analizado anteriormente se demuestra que la Tubería multicapa presenta mayores ventajas en comparación con la tubería PVC, ya que no se tiene pérdida de presión como el PVC, ya que al no haber fugas en los accesorios, el riesgo se reduce de manera segura.

El sistema de instalación es rápido, ya que la Tubería PEX no necesita de fusión o pegamento y por lo general necesita 40 segundos para colocar un accesorio.

Para su traslado es fácil ya que se enrolla y viene en presentaciones de 100 metros y 200 metros; además un rollo puede ser trasladado por una sola persona.

En contraste la Tubería Reticulado PEX al PEX supera a la tubería PVC según la NTP 399.002 y NTP 399.166.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente análisis comparativo entre las variables de tiempo, costo y calidad en el siguiente proyecto de Tesis, se realizó en el centro experimental Tuyu Ruri de la UNASAM.

Al término de la tesis, se demostró que una instalación interna con tubería multicapa PEX al PEX es más costosa que una instalación con tubería PVC, el sistema multicapa brinda muchos beneficios técnicos y de tiempo; con respecto a un sistema tradicional como se puede ver en la table 19 y 20, ya que el sistema PEX al PEX presenta mejores prestaciones de servicios, mayor vida útil, así mismo este material tiene una mejor relación post venta, ya que gracias a sus sistemas de accesorios “Press Fitting” evita que haya fugas y estos ocasionen reparaciones.

El sistema Pex al PEX y la de PVC (segun NTP 399.002 y 399.166), sirven para el transporte de fluidos, en especial del Agua en instalaciones sanitarias bajo presión del agua para consumo humano.

Al evaluarse se tomó en cuenta los aspectos técnicos de los materiales y como también el valor económico, el tiempo de instalación y por último la calidad de la tubería de ambos.

La tubería PEX al PEX es más común utilizado en Europa ya desde el año 1970 y en los EEUU desde ya 1980. Su instalación se dio en algunas empresas extranjeras, su implicancia en el Perú se usa en especial en la Capital Lima. Hoy es utilizado en casi de manera muy poca o casi nula en Provincias del Perú.

En cuanto al análisis comparativo del tiempo de ejecución de la instalación del sistema con Tubería PEX tiene gran ventaja a comparación del PVC, es más fácil y la única consideración es el personal operario especializado, pero se reduce de gran manera el tiempo en el sistema PEX al PEX.

Al realizar la instalación en ambos tipos de instalación se procedió a realizar un cronograma de ejecución de las pruebas, además de eso se toma énfasis en la instalación de las tuberías y accesorios. Lo que primeramente se hizo una lista de requerimientos de materiales, luego se determino en tiempo de instalación, los costos, la calidad y otros.

## VI. CONCLUSIONES

### Conclusión General

De los análisis y resultados obtenidos nos menciona que la Tubería Reticulado PEX es superior a la tubería PVC en costos, parámetros técnicos y en tiempo, sin embargo si bien en nuestra investigación pudimos demostrar que la tubería Reticulado PEX, brinda mejores parámetros técnicos que una tubería PVC, ya que este tiene mejores propiedades, así mismo demanda menos tiempo de instalación y en el análisis de presupuesto se pudo constatar una diferencia de S/ 538.08 soles a favor de la Tubería PVC (segun NTP 399.002 y 399.166) , se puede suplir al acortar tiempo de instalación, fugas, traslado, cálida y soporte de mayores presiones por lo que se comprobó que un sistema de red de distribución interna con un sistema multicapa PEX AL PEX es mejor que un sistema de tubería PVC (segun NTP 399.002 y 399.166).

Concluimos con la instalacion del prototipo para el analisis hidraulico a las tuberia, en especial la toma de presion en la Red, con un Balde de Prueba Hidraulica de Alta Presion; cuya presion de prueba fue de 150 PSI, todo esto se llevo acabo en el Centro Experimental Tuyu Ruri y el Presupuesto comparativo y las pruebas de Presión con el Balde Hidráulico, afirmamos que la tubería PEX al PEX es más favorable que el PVC, ejerciendo así mejoría y rapidez en la instalación. Logrando demostrar que la hipótesis es correcta y la mejor alternativa en costo y tiempo de instalación es el sistema de tuberías PEX al PEX.

Se determino las diferencias entre ambos sistemas en cuestión de costos y tiempos de instalación, debido a que se realizó el metrado de la instalación sanitaria y se pudo constatar que el Sistema PEX al PEX utiliza menos accesorios que la instalación con PVC (segun NTP 399.002 y 399.166), obteniéndose un ahorro en el presupuesto a favor del PVC según (NTP 399.002 y 399.166). Se obtuvo una diferencia de costos de 18% de ahorro en el presupuesto.

## RECOMENDACIONES

Se debería de usar en la actualidad tubería de PEX al PEX en toda construcción, sea esta en instalaciones de Agua Fría y Caliente.

Se debería de realizar capacitación a técnicos operarios en instalaciones de PEX al PEX en instalaciones de Agua Potable en edificios.

Invitar a las tiendas comerciales a fin de capacitar y propalar los beneficios de este material.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Andía W (2012) *Los estudios de impacto ambiental y su Implicancia en las Inversiones de los Proyectos Industrial Data*, vol. 15, núm. 2, junio-diciembre, 2012, pp. 17-20 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú.

Development, U. D. (s.f.). Water Piping in the Home. PD&R Edge Home. Obtenido de <https://www.huduser.gov/portal/pdredge/pdr-edge-trending-091018.html>.

Journal, C. abril de (2020). Multilayer composite polymer-al-polymer pipes for effective water services systems. Cibse Journal. Obtenido de <https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2020-05-mlc/>.

Jimeno Blasco, E (2008): instalaciones sanitarias en Edificaciones” – CIP – CDL – CIS – 1995.

Bruce, Ch. (2017). Estudio comparativo técnico – económico entre el sistema Tricapa Flex (pex-al- pex) y el sistema convencional (tuberías pvc) para las instalaciones de la red de interiores de agua fría en una vivienda unifamiliar (Tesis de pregrado). Cámara Peruana de la Construcción.

Merrick Gay, Charles, de Van Faucett Charles, mc Guinness, William: “instalaciones en los edificios”, editorial Gustavo Gil S. A. – Barcelona.

Gallizio, Angelo instalaciones sanitarias editor: holpli – editorial científico – Barcelona – España.


Rodríguez Avia, Mariano instalaciones en los edificios, fontanería y saneamiento” ediciones DOSSAT S.A.

Jesús Ramos Salazar 2005 obras de instalaciones sanitarias en la construcción.  
ediciones Miano, lima.

Oscar Vásquez Bustamante (2010) metrados en edificaciones especialidad  
instalaciones sanitarias Perú.

## ANEXO

### ANEXO 1: Certificado de Calibración de Presión.



Tecnología, Precisión y Calidad

---

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

#### LFP - C011 - 2023

Expediente : E0625 Página : 1 de 3

**1. SOLICITANTE : MESIAS ISAAC CLEMENTE JAVIER**

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MANÓMETRO**

MARCA : NO INDICA  
MODELO : NO INDICA  
NÚMERO DE SERIE : NO INDICA  
ALCANCE DE ESCALA : 0 PSI a 300 PSI  
0 Bar a 20 Bar  
DIVISIÓN DE ESCALA : 5 PSI  
0,5 bar  
POSICIÓN DE TRABAJO : VERTICAL  
DIÁMETRO DE ROSCA : 1/4" NPT  
DIÁMETRO DE CAJA : 2 1/2 "  
PROCEDENCIA : NO INDICA  
IDENTIFICACIÓN : NO INDICA  
UBICACIÓN : VARIAS  
CLASE DE EXACTITUD : 1,67  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023 - 02 - 08


**3. LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Laboratorio de Calibraciones de PESAS Y BALANZAS S.A.C.


**4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**  
La calibración se realizó por comparación directa, tomando como referencia el PC-004 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05 % f.s. 2ed. Octubre - 2017" de SNM - INDECOPI.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	20,3 °C	21 °C
HUMEDAD RELATIVA	65 %H.R.	65 %H.R.

**Fecha de Emisión**  
2023 - 02 - 08





---

Jorge Luis Broncano Aguilar  
Responsable de Laboratorio

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PESAS Y BALANZAS S.A.C.**

---

Jr. Luis Agurto N° 249 - Urb. Elío - Cercado Lima - Teléfonos: 564 6891 / 999753131 / 943090903 / 967791832  
Correos: comercial1@pesabalsac.com / comercial@pesabalsac.com / web: www.pesabalsac.com

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI) .

INSTRUMENTO	ALCANCE	CERTIFICADO Y/O INFORME	ENTIDAD
Manómetro	0 bar a 50 bar	E006-L-020B-2023-1a	LO JUSTO S.A.C
Termohigrómetro	-10 °C a 50 °C / 25 % H.R. a 99 % H.R.	1AT-2570-2022	METROIL S.A.C.

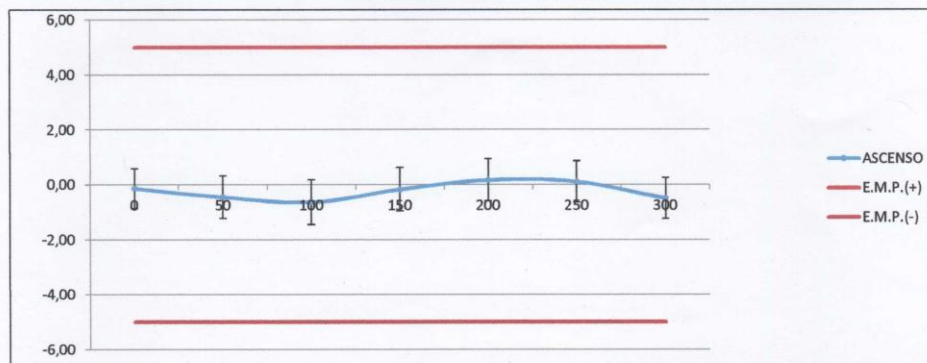
**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN**

PRESIÓN INDICADA MANÓMETRO A CALIBRAR ( PSI )	PRESIÓN INDICADA MANÓMETRO PATRÓN				ERROR			INCERTIDUMBRES EXPANDIDAS PSI
	ASCENSO		DESCENSO		DE INDICACIÓN		DE HISTÉRESIS	
	( bar )	PSI	( bar )	PSI	PSI	PSI		
0	0,01	0,14	0,01	0,14	-0,14	-0,14	0,00	0,72
50	3,48	50,45	3,45	49,99	-0,45	0,01	0,47	0,78
100	6,94	100,63	6,90	100,06	-0,63	-0,06	0,58	0,82
150	10,35	150,17	10,34	149,96	-0,17	0,04	0,22	0,79
200	13,78	199,83	13,78	199,80	0,17	0,20	0,03	0,76
250	17,23	249,89	17,21	249,65	0,11	0,35	0,25	0,75
300	20,72	300,50	20,70	300,28	-0,50	-0,28	0,22	0,74

MÁXIMO ERROR ABSOLUTO DE INDICACIÓN:	0,63	PSI
MÁXIMO ERROR ABSOLUTO DE HISTÉRESIS:	0,58	PSI
La incertidumbre de la medición es de	0,82	PSI

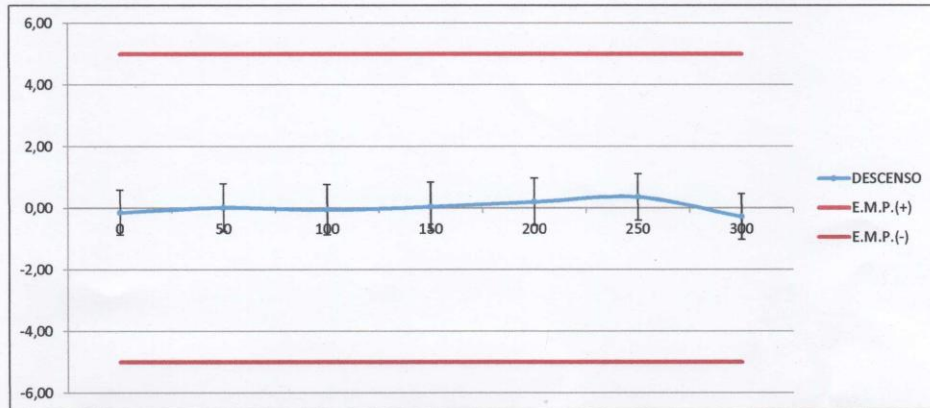


**INTERPRETACION GRAFICA**



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PESAS Y BALANZAS S.A.C.

Jr. Luis Agurto N° 249 - Urb. Elio - Cercado Lima - Teléfonos: 564 6891 / 999753131 / 943090903 / 967791832  
Correos: comercial1@pesabalsac.com / comercial@pesabalsac.com / web: www.pesabalsac.com



El error máximo permitido para manómetros de 0 PSI a 300 PSI de clase de exactitud 1,67 es de  $\pm 5,00$  PSI

**7. OBSERVACIONES**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con indicación "CALIBRADO".  
La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

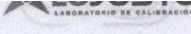


FIN DEL DOCUMENTO

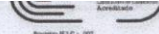
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PESAS Y BALANZAS S.A.C.

Jr. Luis Agurto N° 249 - Urb. Elio - Cercado Lima - Teléfonos: 564 6891 / 999753131 / 943090903 / 967791832  
Correos: comercial1@pesabalsac.com / comercial@pesabalsac.com / web: www.pesabalsac.com

**ANEXO 2: Certificado de Indicador de Presión de Manómetro.**



ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LC - 002



## Certificado de Calibración

CALIBRATION CERTIFICATE


<b>Laboratorio</b> <i>Laboratory</i>	PRESIÓN PRESSURE	<b>Código N°</b> <i>Code N°</i>	E006-L-020B-2023-1a
---	---------------------	------------------------------------	---------------------


Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado. [These results are only related to the item described in this certificate.]

Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibración de su instrumento, de acuerdo a sus propios usos y exigencias. [It is the customer's responsibility to establish the calibration frequency of their instrument, according to their own uses and requirements.]

LO JUSTO SAC, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado del instrumento aquí o de este documento. [LO JUSTO S.A.C. is not responsible for any damage that may be caused by the incorrect or inappropriate use of the instrument described here or of this document.]

Este certificado se emite de manera electrónica. Si existe alguna duda, en la veracidad del presente certificado podrá consultarlo directamente a través de su dispositivo electrónico con el código QR. También puede consultar en el E-mail [lojusto@lojusto.com](mailto:lojusto@lojusto.com). This certificate is issued electronically. If there is any doubt, the veracity of this certificate can be consulted directly through your electronic device with the QR code. You can also consult in the E-mail [lojusto@lojusto.com](mailto:lojusto@lojusto.com).

<b>a. Solicitante:</b> <i>Applicant</i>	PESAS Y BALANZAS S.A.C.
<b>b. Dirección solicitante:</b> <i>Applicant address</i>	Jr. Luis Agurto Nro. 249 Urb. Elio - Cercado de Lima
<b>c. Instrumento de medida:</b> <i>Measuring instrument</i>	Manómetro con Indicación Digital
<b>d. Marca:</b> <i>Manufacturer / Brand</i>	AEP TRANSDUCERS
<b>e. Modelo:</b> <i>Model:</i>	Lab DMM
<b>f. Número de serie:</b> <i>Serial Number:</i>	923774
<b>g. Identificación:</b> <i>Internal code</i>	LP-003
<b>h. Lugar de calibración:</b> <i>Calibration Place</i>	Laboratorio de Presión de LO JUSTO S.A.C.
<b>i. Fecha de calibración:</b> <i>Calibration Date</i>	2023-01-19
<b>j. Supervisor de Laboratorio:</b> <i>Laboratory Supervisor</i>	Acosta Rueda, José Carlos Supervisor de Laboratorio Laboratory Supervisor
<b>k. Signatario autorizado:</b> <i>Authorized signatory</i>	 Jose Luis Rosales Saavedra CONTROL OPERACIONES Fecha: 2023/01/21 09:52



Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C. Certificados sin firma digital carecen de validez.

FT00-INRE-Edicion digital 00

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú
www.lojusto.com
Página 1 de 3

ISO / IEC 17025



Laboratorio PRESIÓN Código N° E006-L-020B-2023-1a  
 Laboratory PRESSURE Code N° E006-L-020B-2023-1a

**1 Información del instrumento:**

*Instrument Information:*

Intervalo de indicación:	0 bar a 50 bar	Diámetro de caja:	90 mm
Resolución:	0,001 bar	Conexión / Rosca:	Inferior de 1/2"
Clase de exactitud:	0,05% F.S	Fluido de ensayo:	Agua
Procedencia:	Italia	Glicerina:	No aplica

**2 Trazabilidad :**

*Traceability :*

Patrón empleado	Alcance	Certificado	Trazabilidad
Indicador de Presión LP-I-105	70 bar	LFP-190-2022	DM-INACAL

**3 Instrumentos auxiliares :**

*Instruments auxiliary :*

- Medidor Condiciones Ambientales Temperatura y Humedad de Aire certificado de calibración EPI-2023-1-1.
- Instrumento de Medición de Presión Absoluta con Certificado de Calibración 1AP-4226-2022.
- Comparador de presión.

**4 Procedimiento de calibración:**

*Calibration procedure:*

- Procedimiento ME-003. Edición Digital 3, para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros del CEM-España - Método de medición por comparación directa utilizando un manómetro patrón.

**5 Condiciones Ambientales:**

*Environmental conditions:*

- Temperatura Ambiente promedio : 21,2 °C ± 0,4 °C
- Humedad Relativa promedio : 47,1 % ± 1,8 %
- Presión Atmosférica promedio : 774,2 mbar ± 1,2 mbar

ISO / IEC 17025

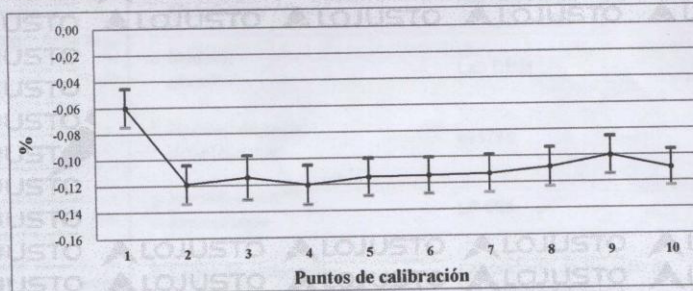
Laboratorio PRESIÓN  
Laboratory PRESSURE

Código N° E006-L-020B-2023-1a  
Code N°

**6 Resultados de Calibración:**  
Results of Calibration:

	PRESIÓN DE EQUIPO		INDICACIÓN DEL PATRON		CORRECCIÓN bar	Factor cobertura k	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN U bar
	Pa	bar	bar	---			
1	500000	5,000	5,0300	---	0,0300	2,01	0,0073
2	1000000	10,000	10,0594	---	0,0594	2,01	0,0074
3	1500000	15,000	15,0570	---	0,0570	2,03	0,0084
4	2000000	20,000	20,0600	---	0,0600	2,01	0,0075
5	2500000	25,000	25,0573	---	0,0573	2,00	0,0072
6	3000000	30,000	30,0570	---	0,0570	2,00	0,0069
7	3500000	35,000	35,0565	---	0,0565	2,00	0,0072
8	4000000	40,000	40,0543	---	0,0543	2,01	0,0075
9	4500000	45,000	45,0499	---	0,0499	2,00	0,0072
10	5000000	50,000	50,0548	---	0,0548	2,00	0,0069

Diagrama de Resultados:  
Results Diagram



**7 Notas y aclaraciones:**  
Notes and clarifications:

- La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde a un nivel de confianza del 95,45 %. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.
- La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. la incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.
- El periodo de validez de este certificado de calibración dependerá del uso y cuidado que se de a este instrumento.
- Se colocó etiquetas de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. identificadas con el N° 104653 y N°021637 en señal de su calibración.
- La Unidad de presión en el Sistema Internacional de Unidades es el Pascal.
- Los valores reportados son el promedio de cuatro mediciones realizadas.
- La calibración se realizó con el instrumento en posición VERTICAL.

**8 Observaciones y comentarios:**  
Observations and comments:

- El presente certificado reemplaza en su totalidad al certificado E006-L-020B-2023-1.

\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*

**ANEXO 3: Certificado de calibración de Medidor y Temperatura (Termohigrómetro).**



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001**



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado

Registro N° LC - 001

---

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AT-2570-2022**



Fecha de emisión: 2022-09-07

Expediente N° 1A07444  
Página 1 de 2

1. **Solicitante** : PESAS Y BALANZAS S.A.C.
2. **Dirección** : Jr. Luis Agurto N° 249 Urb. Elio - Cercado de Lima - Lima - Lima
3. **Instrumento calibrado** : MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD (TERMOHIGRÓMETRO)
 

<b>Marca / Fabricante</b>	: BOECO
<b>Identificación</b>	: LT-015 (*)
<b>Serie</b>	: No indica
<b>Modelo</b>	: SH-110
<b>Intervalo de indicación</b>	: IN: -10 °C a 50 °C / OUT: -50 °C a 70 °C 20 % H.R. a 99 % H.R.
<b>Resolución</b>	: IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C 1 % H.R.
<b>Procedencia</b>	: Alemania
<b>Ubicación</b>	: No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2022-09-06 al 2022-09-07
6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 00 "Procedimiento para Calibración de Medidores de Humedad y/o Temperatura" de METROIL S.A.C.
7. **Trazabilidad**  
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-479	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,7 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-051-2022 / INACAL - DM
IT-480	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-052-2022 / INACAL - DM
IT-481	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 0,5 %H.R. a 1,5 %H.R.	LH-048-2022 / INACAL - DM
IT-567	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,017 °C a 0,038 °C	LT-328-2021 / INACAL - DM
IT-568	Termómetro digital con incertidumbre del Orden desde 0,017 °C a 0,038 °C	LT-330-2021 / INACAL - DM
IT-595	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0197-2022 / METROIL S.A.C.
IT-596	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,06 °C	1AT-0198-2022 / METROIL S.A.C.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como el certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.




**LUIS D. CAJAVILCA CUTIMANCO**  
Laboratorio de Calibración

---

**METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.**

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739  
Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: sedemovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181  
Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 607-843  
Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 Consulta Técnica: 975 432 445 / 985 403 256 Web: www.metroil.com.pe

**8. Condiciones de calibración**

Tiempo de estabilización no menor a	10 min	
Profundidad de inmersión del sensor tipo OUT	14 cm	
Temperatura ambiental :	Inicial : 19,5 °C	Final : 21,8 °C
Humedad relativa :	Inicial : 61,6 % H.R.	Final : 69,4 % H.R.

**9. Resultados**

**PARA EL TERMÓMETRO INTERNO (Tipo IN)**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
15,2	-0,2	15,0	0,2
20,0	0,0	20,0	0,2
29,7	0,3	30,0	0,2

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

**PARA EL TERMÓMETRO EXTERNO (Tipo OUT)**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
15,3	-0,30	15,00	0,06
20,3	-0,30	20,00	0,06
29,8	0,20	30,00	0,06

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

**PARA EL HIGRÓMETRO**

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
36	-1,0	35,0	2,8
58	2,0	60,0	2,8
87	3,0	90,0	2,9

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

**10. Observaciones**

- Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", con identificación N° 1AMA-10624-22.
- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

**FIN DEL DOCUMENTO**

Identificación	Descripción	Unidad
TI-206	Termómetro digital con incertidumbre del 0,08 °C	°C
TI-207	Termómetro digital con incertidumbre del 0,07 °C a 0,08 °C	°C
TI-208	Termómetro digital con incertidumbre del 0,07 °C a 0,08 °C	°C
TI-209	Termómetro digital con incertidumbre del 0,08 °C	°C
TI-210	Termómetro digital con incertidumbre del 0,08 °C	°C

**METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C. TBM**

Lima: Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú E-mail: ventas@metroil.pe Atención al Cliente: 975 193 739  
 Trujillo: Unidad móvil 1 E-mail: sedemovil1@metroil.com.pe Atención al Cliente: 999 048 181  
 Arequipa: Urb. Transportistas Mz. B Lote 3, Paucarpata, Arequipa E-mail: ventasarequipa@metroil.pe Atención al Cliente: 975 432 290 / (054) 607-843  
 Central: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 Consulta Técnica: 975 432 445 / 965 403 256 Web: www.metroil.com.pe

## ANEXO 4: Ficha Técnica de Tubería Multicapa PEX al PEX

	<h3>FICHA TÉCNICA DE TUBERÍA MULTICAPA PEX ALPEX</h3> <p>Última Revisión: 02/2021</p>
<b>NOMBRE DEL PRODUCTO:</b>	TUBERÍA MULTICAPA PEALPE PARA INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE Y FRIA
<b>MARCA COMERCIAL:</b>	INUNSUR
<b>DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES:</b>	<p>Esta tubería consta de una doble capa interior y exterior de polietileno reticulado PE-xB (método del silano - B) unida por un adhesivo a una capa intermedia de aleación de aluminio soldada longitudinalmente. Esta estructura es altamente moldeable, proporciona una barrera completa al oxígeno, garantiza una higiene total y una alta corrosión resistencia ya que los fluidos entran en contacto solo con la capa interior de PE-xB.</p> <p><b>Capa interna de PE-xB:</b> Pared interior lisa que evita acumulación de óxidos y minerales. Mantiene fluidez constante y evita pérdida de presión.</p> <p><b>Capa media de aluminio:</b> Impermeable, no permite el ingreso de elementos contaminantes.</p> <p><b>Adhesivo sintético:</b> Adhiere a base de calor las tres capas.</p> <p><b>Capa externa de PE-xB:</b> Adhiere a base de calor la capa interna, media y externa para dar estructura a la tubería.</p>  <p>Temperatura máxima de funcionamiento: 95 ° C.</p>
<b>NORMA APLICABLE:</b>	UNI EN ISO 21003 y ASTM F 1282
<b>CERTIFICACIONES:</b>	SAI Global - Watermark Certificate of Conformity (Nº WMK26418)
<b>ALCANCE:</b>	Instalaciones de agua caliente para temperatura máxima de 95°C
<b>DIMENSIONES:</b>	1216

## TUBERÍA PEALPE PARA GAS NATURAL - INUNSUR

Tamaño	Diámetro Nominal (mm)	Espesor de Pared (mm)	Diámetro Externo (mm)	Diámetro Interno (mm)	Temp. Max. de Trabajo (°C)
1216	16	2,0	16	12	95

### ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:

#### **CARACTERÍSTICAS:**

- Mucho más fácil de instalar. Rápida, limpia y segura.
- Buena flexibilidad, fácil de doblar (radio de curvatura 5 veces el diámetro exterior).
- Temperatura máxima de 95°C.

#### **COLOR:**

- Capa interna: Transparente.
- Capa externa: Blanco.

#### **MARCADO Y ROTULADO:**

Rotulado con letra legible con una altura mínima de 3mm repetible en intervalos longitudinal, en tramos no mayor a 1 metro y deberá indicar lo siguiente:

- Longitud de tubería (Metros)
- Marca del producto: LOGO – INUNSUR
- Diámetro nominal (DN): Ejm: 1216.
- Tipo del material: PEXALPEX
- Flujo interno: Agua Caliente
- Condiciones de operación: Máxima presión y Máxima temperatura.
- Fecha de fabricación: dd/mm/yyyy

#### **COMPATIBILIDAD:**

Las tuberías de PEXALPEX de marca INUNSUR son compatibles con los accesorios, válvulas y herramientas de la misma marca.

#### **EMBALAJE:**

Las tuberías cumplen con el marcado según se indica en la presente ficha técnica y en las normas UNI EN ISO 21003 y ASTM F 1282.

PEALPE 1216 – AGUA CALIENTE, blanco o naranja, es suministrada en rollos de 100 m.

#### **ALMACENAMIENTO:**

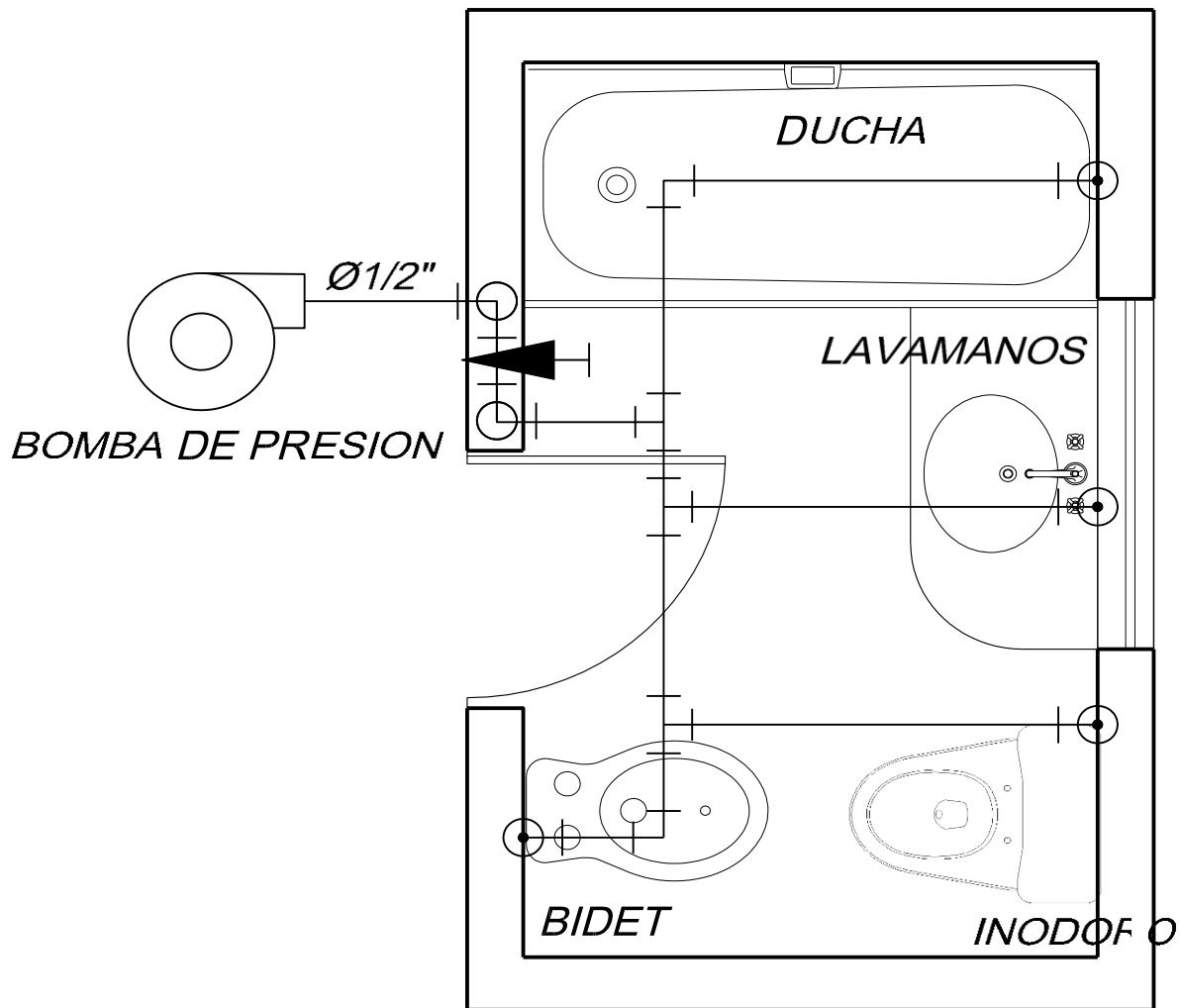
La tubería no debe ser expuesta a condiciones de intemperie:

- Acción directa de la luz solar (rayos UV), lluvia, polvo, durante su almacenamiento, transporte o instalación.
- Las operaciones de almacenamiento, movilización, e instalación del producto deben realizarse de modo que no comprometa el estado de las tuberías.

- Se debe evitar rayar la capa exterior de Polietileno de la tubería durante el almacenamiento, movilización o instalación.
- Se debe evitar la perforación parcial o total de la tubería con objetos punzantes.
- La tubería no debe ser expuesta a temperaturas superiores a los 95°C.
- No se debe aplicar esfuerzos de torsión sobre la tubería.
- Se debe evitar el contacto de la tubería con disolventes u otras sustancias extrañas que produzcan efectos adversos sobre la misma.

**ANEXO 5:** Plano Tubería Multicapa PEX.





**TUBERIA POLIETILENO RETICULADO PEX**

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”</b>			
<b>ANÁLISIS DE CONTRASTE ENTRE TUBERÍA POLIETILENO RETICULADO PEX Y TUBERÍA PVC (SEGÚN NTP399.002 Y NTP399.166) EN INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA FRÍA HUARAZ - 2022</b>			
	<b>UBICACION:</b> TUYU RURI MARCARA ANCASH	<b>TUBERIA POLIETILENO O RETICULADO PEX</b>	<b>LAMINA:</b> <b>T-01</b>
	<b>TESISTA:</b> Br. MESIAS ISAAC CLEMENTE JAVIER	<b>FECHA:</b> <b>JULIO DEL 2023</b>	<b>ESCALA:</b> <b>S/E</b>

**ANEXO 6: Fotos.**



Foto N° 01 Accesorios, Herramientas y Materiales.

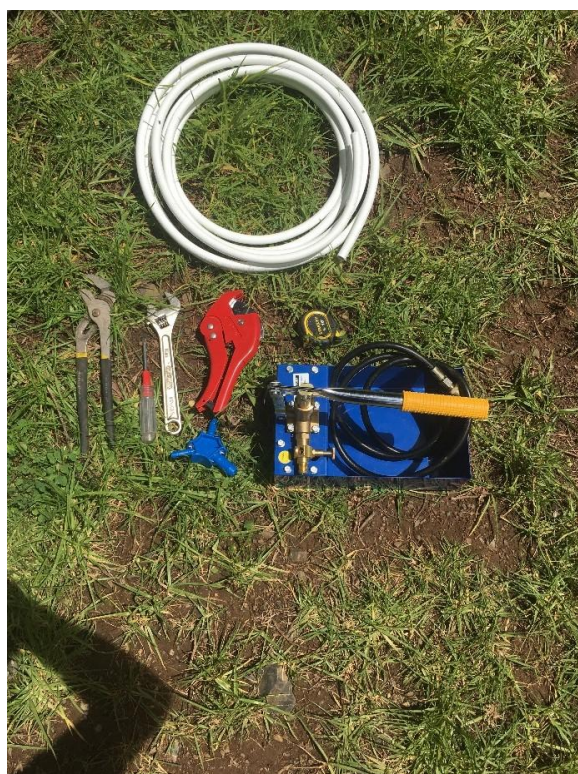


Foto N° 02: Accesorios, Herramientas y Materiales.



Foto N° 03: Abrazaderas y accesorios PEX.

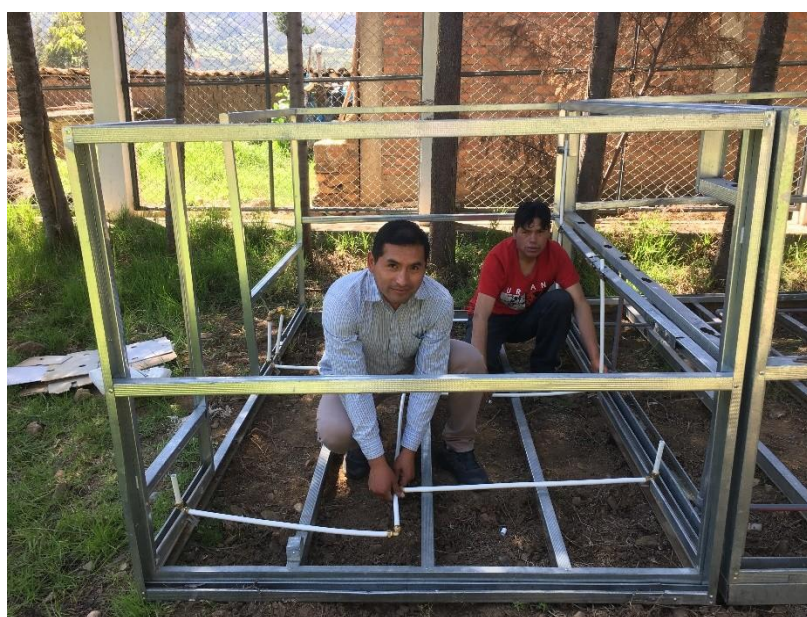


Foto N° 04 Instalación de Accesorios en la Tubería Reticulado PEX.



Foto N° 05: Abocardando para la instalación de accesorios en la Tubería Reticulado PEX.



Foto N° 06: Vista de la Instalación de tubería PVC ½" C-10.



Foto N° 07: Vista de la Instalación de la tubería Reticulado Pex y Tubería PVC ½” C-10.



Foto N° 08: Vista del Balde de Prueba Hidráulica de Alta Presión.



Foto N° 09: Vista del abocardado para la colocación del tapón en la tubería Reticulado PEX.



Foto N° 10: Vista de la colocación del tapón en la Tubería Reticulado PEX de ½”



Foto N° 11: Vista de la colocación del tapón en la tubería Reticulado PEX de ½"



Foto N° 12: Vista del abocardado para la colocación del tapón en la tubería Reticulado PEX ½"



Foto N° 13: Vista de la colocación del tapón en la Tubería Reticulado PEX de ½”



Foto N°14: Vista de la instalación de la tubería PVC C-10 de ½”



Foto N° 15: Vista de la instalación de la tubería Reticulado PEX y tubería PVC C-10 de 1/2"



Foto N° 16: Vista de falla en la tubería PVC C-10 de 1/2" al momento de realizar la Prueba Hidráulica.



Foto N° 17: Vista de la reparación de la tubería PVC C-10 de ½”



Foto N° 18: Vista del Armado del Balde de Prueba Hidráulica de alta presión.



Foto N° 19: Conexión al ingreso de la llave de control para realizar la prueba. Hidráulica



Foto N° 20: Vista del llenado de agua para realizar la Prueba hidráulica



Foto N° 21: Realizando la prueba hidráulica en la Tubería Reticulado PEX.



Foto N° 22 Realizando la prueba hidráulica en la Tubería Reticulado PEX.



Foto N° 23: Vista del Manómetro a 200 psi (lbs/pulg2).



Foto N° 24: Vista de la instalacion para realizar la prueba hidraulica en la tuberia PVC C-10 DE ½"



Foto N° 25: Vista de la prueba hidráulica en la tubería PVC C-10 de ½"




Foto N° 26: Vista del Manómetro a 150 PSI.



Foto N° 27: Vista del armado e instalación de la tubería reticulado PEX y tubería PVC C-10 de 1/2"

ANEXO 7: Cotización de materiales.

# FERRETERIA



VENTA DE HERRAMIENTAS, CLAVOS, PINTURAS,  
TUBERIAS, PERNOS, ACCESORIOS DE ELECTRICIDAD  
PRODUCTOS DE LIMPIEZA, CORREDORES DE MUEBLES  
CORTINAS, PEGAMENTOS, BRONCE CARBORO, MANGUERAS

R.U.C. 10314850675

**BOLETA DE VENTA**

0001- N° 00101

DIA	MES	AÑO
	ALEX	

Señor(es): .....

Dirección: ..... D.N.I. 934879556

CANT.	DESCRIPCION	P. Unit.	IMPORTE
X 15	TUBO PEAL 12-16' PEX	6.00	60.00
X 12	CODOS 1/2	23.00	322.00
X 03	<del>HTD</del> TUB 1/2	35.	105.00
X 01	WAVE 1/2	20	20.00
X 01	ADAP 1/2 x	18.0	18.00
X 01	UNION TUBO PEX	2.00	2.00
X 01	TISERA		30
X 01	ABOSINADO		25.00
			582.

PRINT MULT SHADES SAC  
R.U.C. 20603357699  
Serie 0001 del 1001 al 2000  
Aut. N° 14666899023 FI.: 07-10-2021

TOTAL S/

**BOLETA DE VENTA**

**41106**

SEÑOR: \_\_\_\_\_ R.U.C. \_\_\_\_\_  
 DIRECCION: \_\_\_\_\_ FECHA: 1 1

Entiéndase a todos en buenas condiciones lo siguiente:

CANT.	ARTICULOS	UNITARIO	TOTAL
01	VALDE DE PRUEBA ALTA.	480	1180
	VAJA.	380	
	MANOMETRO CALIBRADO		770
01	300		
	MANOMETRO		50
	TAXY A LA AGENSIA		30.00
04	CONECTOR 7/2 x	25.	100.
04	TAPON 7/2	4.00	16.
			846

EMPAQUETADO POR: \_\_\_\_\_ TRANSPORTADO POR: \_\_\_\_\_  
 NUMERO DE BULTOS: \_\_\_\_\_ PESO TOTAL: \_\_\_\_\_  
 RECIBI CONFORME

