

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**“PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS LÍNEAS DE AGUA
POTABLE Y ALCANTARILLADO CON TUBERÍAS DE
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD”**

Tesis presentada por el Bachiller:
Condori Apaza Eduardo Joshua
para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Asesor:
Ing. Fernández Barriga Camilo
Grimaldo

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 13 de Enero del 2023

Dictamen: 007153-C-EPIMMEM-2023

Visto el borrador del expediente 007153, presentado por:

2013700401 - CONDORI APAZA EDUARDO JOSHUA

Titulado:

**PROPUESTAS DE MEJORA EN LAS LÍNEAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO CON
TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**1893 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



**3040 - VALDEZ LOAIZA JUAN CARLOS
DICTAMINADOR**





DEDICATORIA

A MI FAMILIA por su apoyo, confianza y haberme forjado como la persona que soy, este como muchos de mis logros se los dedico a ustedes como mi mayor fuente de inspiración y fortaleza.

A MIS AMIGOS por su amistad incondicional, y no dejarme desistir antes, durante y después de culminar mi vida universitaria.

“Hay que trabajar, hay que aprender, hay que descansar y también hay que divertirse, son las bases para tener una excelente condición”

Resumen

La investigación que se realizó tiene como objetivo emplear el conocimiento teórico y práctico para emprender acciones que permitan sustentar la eficiencia de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en los sistemas de agua potable y alcantarillado acorde con la tendencia en países primer mundistas con un alto grado de confiabilidad, económicamente viable, beneficioso para el sector público y privado, ante desastres naturales o errores humanos. Se tomó como base de estudio el expediente del proyecto del 2016 en la asociación de vivienda Santa Catalina en Arequipa Metropolitana con el fin de realizar comparaciones económicas y tiempo de ejecución en la instalación, reparación y sustitución de los sistemas con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Se explicó la programación de los equipos para las uniones y se aplicó los diferentes controles de calidad que fueron realizados en la máquina de tracción de polímeros de desplazamiento vertical en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica de Santa María de las probetas extraídas de la tubería y accesorios de 110 mm de diámetro SDR 11. Los resultados de los diferentes ensayos bajo las normas ASTM fueron de: 16.5 a 23 MPa para ensayo de tracción en uniones por termofusión y extrusión, 2.3 a 3.9 MPa para ensayos de peel test de uniones por electrofusión de la copla, 1.1 a 4.2 MPa para ensayos de peel test de uniones por electrofusión del tapping tee, 286 psi durante más de 12 horas para el ensayo hidráulico, presión máxima de 600 psi para ensayo hidráulico máximo y una diferencia de 23,119.34 soles en el plazo de 53 días hábiles, se utilizaron software como Microsoft Excel, Microsoft Project, Microsoft Vicio, Autodesk Inventor, Data Logger 6 y McElroy DL6c.

Palabras claves: Tuberías de HDPE, Termofusión, Electrofusión, Control de calidad

Abstract

The research carried out aims to use theoretical and practical knowledge to undertake actions that allow sustaining the efficiency of High Density Polyethylene (HDPE) pipes in drinking water and sewerage systems in accordance with the trend in first world countries with a high degree of reliability, economically viable, beneficial for the public and private sectors, in the event of natural disasters or human errors. The file of the 2016 project in the Santa Catalina housing association in Metropolitan Arequipa was taken as the basis of study in order to make economic comparisons and execution time in the installation, repair and replacement of systems with Polyvinyl Chloride (PVC) pipes.) by High Density Polyethylene (HDPE) pipe. The programming of the equipment for the joints was explained and the different quality controls that were carried out in the vertical displacement polymer traction machine in the materials laboratory of the Catholic University of Santa María of the specimens extracted from the pipe were applied. and accessories with a diameter of 110 mm SDR 11. The results of the different tests under ASTM standards were: 16.5 to 23 MPa for tensile tests on joints by thermofusion and extrusion, 2.3 to 3.9 MPa for peel tests on joints by electrofusion of the coupler, 1.1 to 4.2 MPa for peel tests of joints by electrofusion of the tapping tee, 286 psi for more than 12 hours for the hydraulic test, maximum pressure of 600 psi for maximum hydraulic test and a difference of 23,119.34 soles in within 53 business days, software such as Microsoft Excel, Microsoft Project, Microsoft Vice, Autodesk Inventor, Data Logger 6 and McElroy DL6c were used.

Keywords: HDPE pipes, Thermofusion, Electrofusion, Quality control

Tabla de contenido

Dedicatoria	3
Resumen	4
Abstract	5
Lista de Figuras	13
Lista de Tablas.....	23
Lista de Símbolos y Acrónimos	25
Capitulo I. Introducción.....	26
1.1 Problema de investigación	26
1.1.1 Enunciado del problema.	26
1.1.2 Descripción del problema.	26
1.1.3 Justificación del problema.	27
1.2 Objetivos.....	28
1.2.1 Objetivo general.....	28
1.2.2 Objetivos específicos.....	28
1.3 Alcances	28
Capitulo II. Marco conceptual	29
2.1 Antecedentes de la investigación	29
2.2 Líneas de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el Arequipa Metropolitana	31
2.2.1 Entorno legal en la calidad del producto.....	33
2.3 Fabricación de tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	34
2.4 Características y aplicaciones de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	37
2.5 Tipos de unión de la tubería y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	39
2.5.1 Para sistemas no desmontables	39
2.5.1.1 Por termofusión	39
2.5.1.1.1 Parámetros de soldadura por termofusión.....	40
2.5.1.1.2 Procedimiento para la unión por termofusión	42

2.5.1.1.3	<i>Ventajas de la unión por termofusión</i>	43
2.5.1.2	<i>Por electrofusión</i>	44
2.5.1.2.1	<i>Procedimiento para la unión por electrofusión</i>	44
2.5.1.2.2	<i>Ventajas de unión por electrofusión</i>	45
2.5.2	Para sistemas desmontables	45
2.5.2.1	<i>Accesorios de compresión</i>	45
2.5.2.2	<i>Accesorios tipo victaulic</i>	46
2.5.2.3	<i>Uniones roscadas</i>	46
2.5.2.4	<i>Backup ring o brida</i>	46
2.6	Cambio de tuberías por Cracking o explosión de tubería	47
2.7	Control de calidad en tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	49
2.7.1	Control de calidad para uniones por termofusión	49
2.7.1.1	<i>Inspección visual (END)</i>	50
2.7.1.2	<i>Prueba de Ultrasonido (END)</i>	51
2.7.1.3	<i>Ensayo de tracción (ED)</i>	51
2.7.1.4	<i>Ensayo de flexión (ED)</i>	52
2.7.2	Control de calidad para uniones por electrofusión	52
2.7.2.1	<i>Inspección visual (END)</i>	53
2.7.2.2	<i>Ensayo de peel test (ED)</i>	54
2.7.2.3	<i>Ensayo de crunching test (ED)</i>	54
2.7.3	Ensayo de resistencia a la presión interior en uniones por termofusión y electrofusión (END)	55
2.8	Transporte, descarga y almacenamiento de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	55
2.9	Tubería de Concreto Simple Normalizado (CSN)	56
2.9.1	Fabricación de los tubos y accesorios de Concreto Simple Normalizado (CSN)	56
2.9.2	Aplicaciones y unión de las tuberías de Concreto Simple Normalizado (CSN)	57
2.9.3	Control de calidad en tuberías de Concreto Simple Normalizado (CSN)	58
2.10	Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC)	58

2.10.1	Fabricación de los tubos y accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC)	58
2.10.2	Aplicaciones y unión de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)	58
2.10.3	Control de calidad en tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).....	59
Capítulo III.	Sistema existente de agua potable y alcantarillado	60
3.1	Situación actual del agua potable en Arequipa Metropolitana.....	60
3.1.1	Fuentes de agua potable en Arequipa Metropolitana	60
3.1.2	Sistema de agua potable en Arequipa Metropolitana	60
3.2	Situación actual del alcantarillado en Arequipa Metropolitana.....	60
3.2.1	Colectores	60
3.2.2	Tratamiento de aguas servidas.....	61
3.3	Cobertura del agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana	61
3.4	Principales problemas	61
Capítulo IV.	Ingeniería de proyecto.....	63
4.1	Ubicación y extensión territorial.....	63
4.2	Población	63
4.3	Peligros	63
4.4	Estado de los servicios de agua potable y alcantarillado	64
4.5	Plan de acción	64
4.5.1	Sistema de agua potable	65
4.5.2	Sistema de alcantarillado	66
4.6	Comparación de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	67
Capítulo V.	Simulación de aplicación.....	72
5.1	Aplicación para la red de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	72
5.1.1	Suministro de tuberías y preparación de probetas.....	73
5.1.2	Preparación de gajos de tubería para la fabricación de codos.....	73
5.1.3	Preparación de bridas ciegas o tapas para la prueba hidrostática ..	76
5.1.4	Calibración de la máquina de termofusión	77

5.1.5	Termofusión de codo, tuberías y flange adapter	81
5.1.5.1	<i>Unión por termofusión de la prueba del día o probeta inicial.....</i>	83
5.1.5.2	<i>Unión por termofusión de gajos para la fabricación de codo de 90°89</i>	
5.1.5.3	<i>Unión por termofusión de la línea de prueba, flange adapter y codo de 90°</i>	91
5.1.5.4	<i>Unión por termofusión de la línea de tubería principal y tubería domiciliaria.</i>	93
5.1.6	Calibración de la máquina de electrofusión.....	93
5.1.7	Electrofusión de copla y tapping tee	94
5.1.7.1	<i>Unión por electrofusión de tapping tee.....</i>	95
5.1.7.2	<i>Unión por electrofusión de copla.....</i>	97
5.1.8	Calibración de la máquina de extrusión.....	98
5.1.9	Unión por extrusión de las tuberías	99
5.1.10	Control de calidad	100
5.1.10.1	<i>Ensayo hidrostático</i>	100
5.1.10.2	<i>Control de calidad para uniones por termofusión</i>	104
5.1.10.2.1	<i>Inspección visual.....</i>	104
5.1.10.2.2	<i>Ensayo de flexión</i>	105
5.1.10.2.3	<i>Ensayo de tracción.....</i>	106
5.1.10.3	<i>Control de calidad para uniones por electrofusión.....</i>	108
5.1.10.3.1	<i>Inspección visual.....</i>	108
5.1.10.3.2	<i>Ensayo de crunching test</i>	108
5.1.10.3.3	<i>Ensayo de peel test.....</i>	110
5.1.10.4	<i>Control de calidad en probeta contaminada.....</i>	113
5.1.10.4.1	<i>Inspección visual.....</i>	113
5.1.10.4.2	<i>Ensayo de flexión</i>	114
5.1.10.4.3	<i>Ensayo de tracción.....</i>	114
5.2	Buzón de desagüe.....	116
Capitulo VI. Impacto del Medio Ambiente		118
6.1	Análisis del impacto ambiental con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	118
6.1.1	Impactos ambientales positivos	123
6.1.2	Impactos ambientales negativos	124

Capitulo VII. Presupuestos y Programación	125
7.1 Presupuesto para la instalación de la red de agua potable y alcantarillado	125
7.1.1 Presupuesto para el sistema de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	125
7.1.2 Presupuesto para la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	127
7.1.3 Presupuesto para pruebas de campo para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	129
7.2 Presupuesto para la reparación de la red de agua potable y alcantarillado	130
7.2.1 Presupuesto para la reparación del sistema de agua potable con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).....	130
7.2.2 Presupuesto para la reparación de la red de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	131
7.3 Presupuesto para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado	131
7.3.1 Presupuesto para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	131
7.3.2 Presupuesto para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	132
7.4 Programación para la instalación de la red de agua potable y alcantarillado	133
7.4.1 Programación para red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	133
7.4.2 Programación para red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	134
7.4.3 Programación para pruebas de campo.....	135
7.5 Programación para la reparación de la red de agua potable y alcantarillado	136
7.6 Programación para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado	136

7.6.1 Programación para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	137
7.6.2 Programación para el remplazo de la red de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad	137
Análisis.....	139
Conclusiones.....	142
Recomendaciones.....	144
Referencias Bibliográficas	145
Anexos.....	150
Anexo 1: Diagrama de flujo para la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	150
Anexo 2: Diagrama de flujo para la electrofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	151
Anexo 3: Plano de tendido de tubería Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro para agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	152
Anexo 4: Plano de tendido de tubería Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro para agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	152
Anexo 5: Plano del diseño de la línea de prueba con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.....	153
Anexo 6: Gráficas Presión [psi] vs Tiempo [min] de las uniones por termofusión de la tubería de 110 milímetros de diámetro SDR 11.....	154
Anexo 7: Formatos de control de calidad de la línea de prueba con tubería de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.....	155
Anexo 8: Plano del diseño del buzón de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1200 mm de diámetro SDR 41.....	157
Anexo 9: Presupuesto general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).....	158
Anexo 10: Presupuesto general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	

EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	158
Anexo 11: Cotizaciones	159
Anexo 12: Presupuesto para reparación en el sistema de agua potable.....	161
Anexo 13: Presupuesto para reparación en la red de alcantarillado.....	162
Anexo 14: Presupuesto para remplazo de la red agua potable	163
Anexo 15: Presupuesto para remplazo de la red de alcantarillado	165
Anexo 16: Programación general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).....	167
Anexo 17: Programación general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	168
Anexo 18: Programación del remplazo de la red de agua potable antigua con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	169
Anexo 19: Programación del remplazo de la red de agua potable antigua con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.....	170
Anexo 20: Programación del remplazo de la red de alcantarillado antigua con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	171
Anexo 21: Programación del remplazo de la red de alcantarillado antigua con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.....	172

Lista de Figuras

Figura 1 – Tubería de 16” de diámetro de hormigón agrietada.	32
Figura 2 – Instalación de tubería de 16” de diámetro SDR 41 finalizada.....	32
Figura 3 – Termofusión de tubería de 16” de diámetro SDR 41 en zanja.	33
Figura 4 - Pellets de Polietileno.	34
Figura 5 – Composición del Polietileno.....	34
Figura 6 – Proceso de fabricación de una tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	35
Figura 7 – Tubos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con franjas de colores para diferentes aplicaciones.	35
Figura 8 – Máquina de moldeado por inyección.....	36
Figura 9 – Accesorios moldeados por secciones.	37
Figura 10 – Fabricación de un codo de Polietileno de Alta Densidad con una máquina de termofusión.....	39
Figura 11 – Formación de labios en el interior y exterior de la unión de tuberías por termofusión.....	40
Figura 12 – Corta-labios o debeader para limpieza de labios en la parte interna de tubería.	40
Figura 13 – Tiempos para la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	40
Figura 14 – Unión de tuberías de 8” de diámetros con una máquina de electrofusión.....	44
Figura 15 – Diferentes accesorios de compresión para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Fuente: HC Suministros, 2022.....	46
Figura 16 – Partes de un accesorio de compresión.	46
Figura 17 – Acople Victaulic.	46
Figura 18 – Componentes del acople Victaulic.	46
Figura 19 – Backup rings de diferentes diámetros.....	47
Figura 20 – Flange adapter de 4” con backup ring.	47
Figura 21 – Unión de válvulas de paso de fierro fundido con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con backup rings y flange adapters. Fuente: Tubería Moreno, 2015	47

Figura 22 – Cabezal tipo bala para la explosión de tubería antigua.	48
Figura 23 – Martillo neumático para la explosión de tubería antigua. Fuente: García Cisneros, 2014.....	48
Figura 24 – cabezal tipo bala sujeta a cable para realizar la explosión estática de la tubería antigua.....	49
Figura 25 – Bala con aleta para realizar el corte longitudinal de la tubería antigua. Fuente: Donayre, 2014.....	49
Figura 26 – Configuración de la probeta extraída de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para realizar el ensayo de tracción.....	52
Figura 27 – Medidas del corte longitudinal de las probetas para el ensayo de flexión.....	52
Figura 28 – Testigos de fin de electrofusión.....	53
Figura 29 – Dimensiones del espécimen para el ensayo de Peel test.	54
Figura 30 – Resultado aceptable en prueba de Peel test en probetas por electrofusión.....	54
Figura 31 – Ensayo de crunching test para un accesorio tipo copla.	55
Figura 32 – Ensayo de crunching test para un accesorio tipo silleta.	55
Figura 33 – Transporte en camión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	56
Figura 34 – Descarga de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	56
Figura 35 – Almacenamiento de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	56
Figura 36 – Transporte de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	56
Figura 37 – instalación de aro elástico en tubos de Concreto Simple Normalizado (CSN).....	58
Figura 38 – Esquema existente de agua potable en Arequipa Metropolitana.	60
Figura 39 - Esquema existente de alcantarillado en Arequipa Metropolitana. ...	61
Figura 40 – Población Censada ente los años 1940 y 2019 por ENEI.....	63
Figura 41 – Ubicación satelital de la Asociación de Vivienda Santa Catalina. ..	65
Figura 42 – Bloque de anclaje para la unión de accesorios y tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y hormigón.	66

Figura 43 - Características de la tubería de 110 mm de diámetro C-10 NTP – ISO 1452 de Policloruro de Vinilo (PVC).	68
Figura 44 – Características de la tubería de 110 mm de diámetro SDR 11 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	68
Figura 45 – Características de la tubería de ½ in de diámetro C-10 NTP 399.166 de Policloruro de Vinilo (PVC).	68
Figura 46 – Características de la tubería de ½ in de diámetro SDR 11 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	68
Figura 47 – Características de la tubería de 200 mm de diámetro S-20 NTP – ISO 4435 de Policloruro de Vinilo (PVC).	69
Figura 48 – Características de la tubería de 200 mm de diámetro SDR 17 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	69
Figura 49 – Características de la tubería de 160 mm de diámetro S-25 NTP – ISO 4435 de Policloruro de Vinilo (PVC).	70
Figura 50 – Características de la tubería de 160 mm de diámetro SDR 17 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	70
Figura 51 – Detalles de construcción del buzón de hormigón (CSN) para alcantarillad.....	71
Figura 52 – Características de la tubería de 1200 mm de diámetro SDR 41 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	71
Figura 53 – Vista 3D de la línea de pruebas que se fabricara con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Fuente: Elaboración Propia en Autodesk Inventor.	73
Figura 54 – Variables para la fabricación de codos de 0 a 180°	74
Figura 55 – Longitud de línea 1 a línea 7 para la fabricación de codo de 90° con 5 gajos.	75
Figura 56 – Dibujo final para la fabricación de un codo de 90° con 5 gajos de 110 mm de diámetro.	75
Figura 57 – Plantilla de geomembrana para realizar el trazo en la tubería de 110 mm.	76
Figura 58 – Gajos para la fabricación del codo de 90° de 110 mm.	76
Figura 59 – Bridas ciegas para realizar la prueba hidrostática.	76

Figura 60 – Tee inox de 3/4 in para la conexión de bomba y Data Logger 6.	76
Figura 61 – Tubería para la conexión del Data Logger 6. Fuente: Registro fotográfico personal.	77
Figura 62 – Brida ciega conectada a tee para instalar bomba y Data Logger6... ..	77
Figura 63 – Aplicación para celulares para determinar los parámetros de termofusión en cualquier tubería. Fuente: McElroy Inc, 2020.	78
Figura 64 – Parámetros necesarios para la termofusión a tope de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.	78
Figura 65 – Máquina de termofusión McElroy Rolling 28.....	82
Figura 66 – Mordazas para tubería de 110 mm de diámetro.	82
Figura 67 – Sujeción de mordaza de 110 mm en la mordaza madre.	82
Figura 68 – Bloque de manifold hidráulico del McElroy Rolling 28.	82
Figura 69 – Composición del manifold hidráulico del McElroy Rolling 28.	82
Figura 70 – Segmentos de la tubería de 110 mm para realizar la probeta del día.	83
Figura 71 – Sujeción de segmentos con las mordazas para tubería de 110 mm.	83
Figura 72 – Alineación de los segmentos de la tubería de 110 mm.....	84
Figura 73 – Viruta de HDPE luego del refrentado de las áreas transversales. ...	84
Figura 74 – Alineación después del refrentado de las áreas transversales de la tubería.	84
Figura 75 – Medición de temperatura del plato calefactor con pirómetro.....	84
Figura 76 – Inserción del plato calefactor entre las áreas transversales para su calentamiento.	85
Figura 77 – Labio indicador para el cambio de posición de la palanca de control de dirección (A) y palanca selectora (C).	85
Figura 78 – Labio no menor a 2.5 milímetros formado entre las superficies transversales.....	85
Figura 79 – Probeta fusionada y rotulada con fecha y diámetro.....	85
Figura 80 – Registro en vivo de las presiones aplicadas en un determinado tiempo durante la termofusión.	86
Figura 81 – Registro de la gráfica de la unión por termofusión de la probeta inicial.	86

Figura 82 – Curva Presión [psi]vs Tiempo [min] para la termofusión de la probeta inicial.	86
Figura 83 – (A) Corte 1 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.	87
Figura 84 – (A) Corte 2 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.	87
Figura 85 – (A) Corte 3 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.	88
Figura 86 – (A) Corte 4 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.	88
Figura 87 – (A) Corte 5 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.	89
Figura 88 – Sujeción de los gajos con cierta inclinación para mantener las superficies transversales lo más paralelo posible.	90
Figura 89 – Tercera termofusión para la fabricación de codo de 90°.	90
Figura 90 – Fabricación de codo de 90° terminada a partir de gajos.	90
Figura 91 – Enumeración de las uniones por termofusión para la fabricación de un codo de 90°.	90
Figura 92 – Curva de Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 1.....	91
Figura 93 – Unión por termofusión de flange adapter y tubería.	91
Figura 94 – Unión por termofusión de un tubo con el codo de 90° con su flange adapter al extremo.....	91
Figura 95 – Línea de prueba del sistema de agua potable finalizada.....	91
Figura 96 – Enumeración de las uniones por termofusión de la línea de prueba.	92
Figura 97 – Curva de Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 1 flange adapter – codo de 90° de 110 milímetros de diámetro SDR 11.....	92
Figura 98 – Viruta de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) producida durante el refrentado de las áreas transversales.	92
Figura 99 – Termofusor Tuboplus para unión de tuberías de 20 mm hasta 90 mm.	93
Figura 100 – Parámetros de unión por termofusión de la tubería de 20 mm.	93
Figura 101 – Calentamiento de las áreas transversales de las tuberías de 20 mm.	93
Figura 102 – Tubería domiciliar unida al tapping tee de la línea de prueba.	93
Figura 103 – Etiqueta con el código de barras del tapping tee de 110 mm a 20 mm.	94

Figura 104 – Etiqueta con el código de barras de la copla de 110 mm.	94
Figura 105 – Máquina de electrofusión Elektra 400.....	95
Figura 106 – Dimensiones del tapping tee de 110 mm a 20 mm.....	95
Figura 107 – Raspado de la área seleccionada y marcada.	96
Figura 108 – Sujeción del tapping tee a la tubería principal con su abrazadera. 96	
Figura 109 – Conexión de los empalmes de la máquina de electrofusión a los bornes del tapping tee.	96
Figura 110 – Scaneo del código de barras del tapping tee para el registro de datos para la electrofusión.....	96
Figura 111 – Parámetros de voltaje y tiempo para la electrofusión de tapping tee.	96
Figura 112 – Porcentaje de ejecución de la electrofusión del tapping tee.	96
Figura 113 – Dimensiones del de copla de 110 mm.	97
Figura 114 – Prensa para tuberías de 110 mm de diámetro o menores.	97
Figura 115 – Estrangulamiento de la tubería de 110 mm de diámetro con prensa.	97
Figura 116 – Limpieza interna de la copla con alcohol.	98
Figura 117 – Tuberías y copla alineadas entre sí.	98
Figura 118 – Parámetros de voltaje y tiempo para la electrofusión de la copla. 98	
Figura 119 – Deformación en la tubería de 110 mm de diámetro por estrangulamiento.....	98
Figura 120 – Extrusora Weldplast S1 -Leister.....	99
Figura 121 – Alambre de HDPE de 5 mm.	99
Figura 122 – Biselado de los bordes del área transversal de la tubería de 110 mm.	99
Figura 123 – Tuberías alineadas y unión de áreas transversales. Fuente: Registro fotográfico personal.	99
Figura 124 – Unión por extrusión de las tuberías de 110 mm SDR 11. Fuente: Registro fotográfico personal.....	100
Figura 125 – Extrusión completada alrededor de la tubería de 110 mm SDR 11. Fuente: Registro fotográfico personal.....	100

Figura 126 – Extremos unidos con las bridas ciegas, conexión para el Data Logger 6 y bomba DSY-60. Fuente: Registro fotográfico personal.	100
Figura 127 – Trazado y corte de gebe para altas presiones para la prueba hidrostática. Fuente: Registro fotográfico personal.	101
Figura 128 – Bomba DSY-60 para realizar prueba hidrostática.	101
Figura 129 – Gráfica de la primera prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 505 psi. (03/10/2022, 16:50) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	101
Figura 130 – Tubería de 20 mm reventada a 505 psi. Fuente: Registro fotográfico personal.	101
Figura 131 – Segunda prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 458 psi. (06/10/2022, 10:09) Fuente: Screenshot Data Logger 6	102
Figura 132 – Tercer incremento de presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 485 psi. (07/10/2022, 07:57) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	102
Figura 133 – Primera revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 269 psi. (07/10/2022, 16:17) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	103
Figura 134 – Segunda revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 277 psi. (07/10/2022, 20:46) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	103
Figura 135 – Tercera revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 286 psi. (08/10/2022, 06:34) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	103
Figura 136 – Cuarta revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 286 psi. (08/10/2022, 09:49) Fuente: Screenshot Data Logger 6..	103
Figura 137 – Tercera prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 597 psi. (08/10/2022, 13:56) Fuente: Screenshot Data Logger 6	104
Figura 138 – Tubería de 110 mm reventada a 597 psi. Fuente: Registro fotográfico personal.	104
Figura 139 – Cuarta prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 601 psi. (08/10/2022, 14:42) Fuente: Screenshot Data Logger 6	104
Figura 140 – Labio formado de 4.5 mm luego de aplicar la presión de fusión de las superficies transversales de las tuberías. Fuente: Registro fotográfico personal. ..	104
Figura 141 – Ubicación de los cortes longitudinales para la prueba de flexión para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	105

Figura 142 – (A) Probeta inicial del día, (B) Probetas de la fabricación del codo (C) Probetas de la unión del flange adapter – codo de 90° (D) Probetas de la unión tubo – tubo (E) Probetas de la unión tubo – tubo por extrusión. Fuente: Registro fotográfico personal.....	105
Figura 143 – Máquina de desplazamiento vertical para polímeros en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica de Santa María.	106
Figura 144 – Resistencia a la tracción de cada ensayo en la máquina de tracción, (PI) probeta inicial, (U2) unión 2, (U5) unión 5, (U8) unión 8 y (U11) unión 11. Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.	106
Figura 145 – Probeta inicial con fractura dúctil en el material base Fuente: Registro fotográfico personal.....	107
Figura 146 – Unión de la fabricación del codo de 90° con fractura dúctil en el material base. Fuente: Registro fotográfico personal.	107
Figura 147 – Unión tubo – tubo con fractura dúctil en el material base. Fuente: Registro fotográfico personal.....	107
Figura 148 – Unión del flange adapter – codo de 90° sufre fractura frágil justo en la unión. Fuente: Registro fotográfico personal.....	108
Figura 149 – Unión tubo – tubo por extrusión sufre fractura frágil justo en la unión. Fuente: Registro fotográfico personal.....	108
Figura 150 – (A) testigo antes y durante el proceso de electrofusión, (B) testigo al finalizar la electrofusión en copla para tubo de 110 mm de diámetro SDR 11.	108
Figura 151 – (A) testigo antes y durante el proceso de electrofusión, (B) testigo al finalizar la electrofusión en tapping tee para tubo de 110 mm a tubo de 20 mm de diámetro SDR 11.....	108
Figura 152 – Tapping tee, electrofusión tipo silleta en tubería de 110 mm.....	109
Figura 153 – Zona de calor del tapping tee.....	109
Figura 154 – Crunching test de tapping tee para tubería de 110 mm a 20 mm de diámetro.	109
Figura 155 – Elongación del material base al terminar el crunching test del tapping tee.....	109
Figura 156 – Corte longitudinal de la copla.....	110
Figura 157 - Crunching test de la copla.	110

Figura 158 – Zona de calor de la copla para tubería de 110 milímetros de diámetro. Fuente: Registro fotográfico personal.....	110
Figura 159 – (A) probetas de la zona transversal del tapping tee, (B) probetas de la zona longitudinal del tapping tee, (C) probetas de la zona longitudinal de la copla.	110
Figura 160 – Ensayo de peel test de las probetas (U12 - A) unión 12 probeta A, (U12 - B) unión 12 probeta B, (U12 - C) unión 12 probeta C. Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.....	111
Figura 161 – (A) Vista lateral de la probeta C de la copla de(B) Vista interior de la probeta C, sometida a peel test. Fuente: Registro fotográfico personal.....	111
Figura 162 - Ensayo de peel test de las probetas (U10 - A) unión 10 probeta A, (U10 - B) unión 10 probeta B, (U10 - C) unión 10 probeta C, (U10 - D) unión 10 probeta D. Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.	112
Figura 163 – (A)Probeta A de la zona longitudinal, (B)Probeta C de la zona longitudinal, (C)Probeta B de la zona transversal, (D)Probeta D de la zona transversal, sometidas a peel test. Fuente: Registro fotográfico personal.....	112
Figura 164 – Agentes contaminantes (grasa – viruta de HDPE – polvo - humedad)	113
Figura 165 – Parámetros para la termofusión a tope de la tubería de 200 mm SDR 11.	113
Figura 166 – Tubería de 200 mm SDR 17 contaminadas con: (A)grasa, (B) viruta de HDPE, (C) polvo, (D) humedad. Fuente: Registro fotográfico personal.....	114
Figura 167 – Ensayo de flexión de las probetas contaminadas con: (A)grasa, (B) viruta de HDPE, (C) polvo, (D) humedad. Fuente: Registro fotográfico personal.	114
Figura 168 – Ensayo de tracción de las probetas contaminadas con grasa, viruta de HDPE, humedad y polvo. Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.....	115
Figura 169 – Probetas sometidas a tracción contaminadas con: (A) grasa, (B) húmeda. Fuente: Registro fotográfico personal.....	115
Figura 170 – Probeta contaminada con polvo sometida a tracción, (A) vista longitudinal, (B) vista transversal. Fuente: Registro fotográfico personal.	116
Figura 171 – Probeta contaminada con viruta de HDPE sometida a tracción, (A) vista longitudinal, (B) vista transversal. Fuente: Registro fotográfico personal.	116

Figura 172 – Diseño de buzón para alcantarillado a partir de una tubería de Polietileno de Alta Densidad de 1200 mm SDR 41.....	117
Figura 173 – Unión de las tuberías de 200 mm SDR 17 por extrusión con las tuberías de 1200 mm SDR 41 para fabricación del buzón.	117
Figura 174 – Angulo de la tapa para evitar la sedimentación de los residuos. .	117
Figura 175 – Transición de la instalación de tuberías de PVC para la red de agua potable.....	133
Figura 176 – Transición de la instalación de tuberías de HDPE para la red de agua potable.....	133
Figura 177 – Transición de la instalación de tuberías PVC para la red de alcantarillado.....	134
Figura 178 – Transición de la instalación de tuberías de HDPE para la red de alcantarillado.....	134
Figura 179 – Transición de la instalación de buzones de concreto para la red de alcantarillado.....	134
Figura 180 – Transición de la instalación de buzones con tubería HDPE para la red de alcantarillado.....	134
Figura 181 – Tiempos de trabajo de cada prueba de campo para la red de alcantarillado y agua potable con tuberías de PVC. Fuente: Teves Esquivel, 2015.....	135
Figura 182 – Tiempos de trabajo de cada prueba de campo para la red de alcantarillado y agua potable con tuberías de HDPE. Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.....	135
Figura 183 – Tiempo de trabajo para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).....	137
Figura 184 – Tiempos de trabajo para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).....	137
Figura 185 – Tiempo de trabajo para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).....	138
Figura 186 – Tiempos de trabajo para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).....	138

Lista de Tablas

Tabla 1 - Uso de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) según el color de franja.	35
Tabla 2 – Métodos para el Cracking de tuberías.....	48
Tabla 3 – Labios más comunes en uniones por termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).	50
Tabla 4 – Suministros para la red de agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	65
Tabla 5 - Suministros para la red de alcantarillado en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	66
Tabla 6 – Comparación de las características de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para las línea principales y secundarias del sistema de agua potable y alcantarillado.....	67
Tabla 7 – Lista de herramientas o equipos.....	72
Tabla 8 – Valores de las longitudes para realizar los gajos.	75
Tabla 9 – Configuración de Data Logger 6.....	78
Tabla 10 – Descripción e interpretación de cada parte de la curva Presión vs Tiempo de la termofusión de la probeta inicial.	87
Tabla 11 – Métodos de calibración la máquina de electrofusión.....	94
Tabla 12 – Análisis del impacto ambiental que tienen las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.	118
Tabla 13 – Presupuesto para red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).....	127
Tabla 14 – Presupuesto para red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).....	128
Tabla 15 – Costo directo total del proyecto en la Asociación de Vivienda Santa Catalina con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).....	129
Tabla 16 – Costo directo de una sola reparación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) del sistema de agua potable.....	130
Tabla 17 – Costo directo de una sola reparación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de alcantarillado.	131

Tabla 18 – Costo directo del remplazo de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de agua potable 132

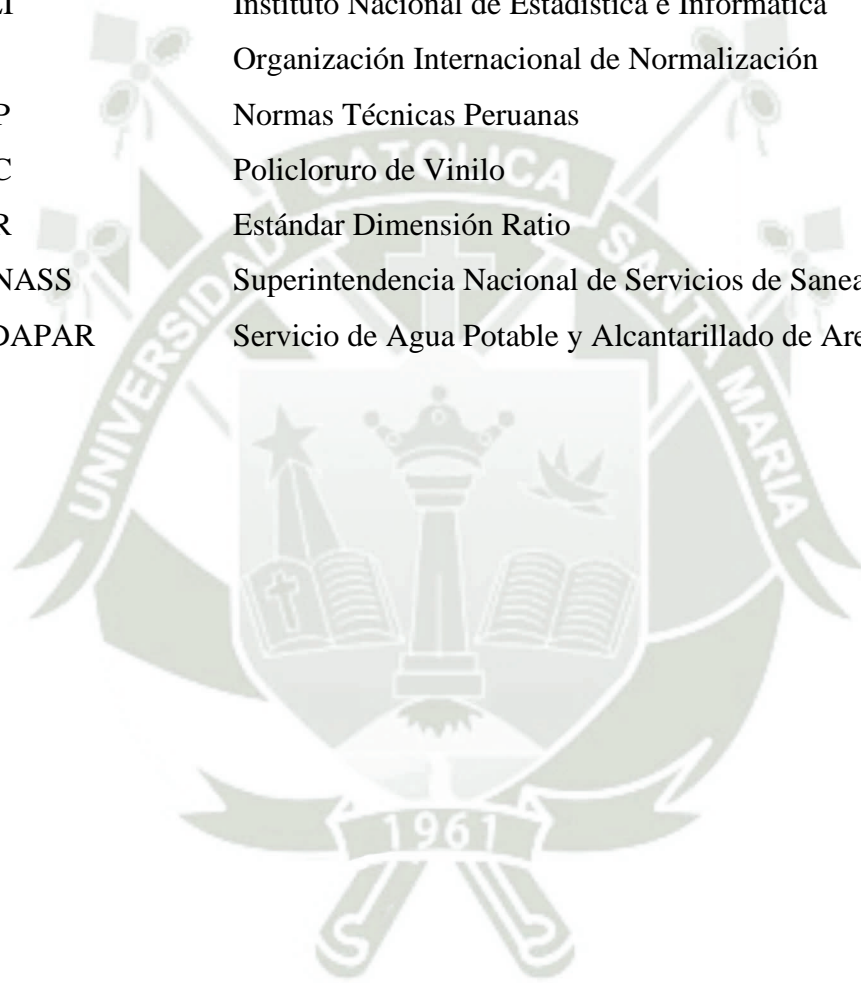
Tabla 19 – Costo directo del remplazo de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de alcantarillado..... 132

Tabla 20 – Programación para el proyecto en la Asociación de Vivienda Santa Catalina con tuberías de Polietileno de Alta Densidad y Policloruro de Vinilo (PVC) 136



Lista de Símbolos y Acrónimos

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
CSN	Concreto Simple Normalizado
DVS	Sociedad Alemana de Soldadura
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISO	Organización Internacional de Normalización
NTP	Normas Técnicas Peruanas
PVC	Policloruro de Vinilo
SDR	Estándar Dimensión Ratio
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
SEDAPAR	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa



Capítulo I. Introducción

1.1 Problema de investigación

1.1.1 Enunciado del problema.

¿De qué manera las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) mejorarán el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado en Arequipa metropolitana?

1.1.2 Descripción del problema.

En la actualidad la Región de Arequipa tiene 1,382,730 habitantes representando el 4.7% de la población total del Perú, según censo del 2017. Por ende, la Región de Arequipa es una de las regiones más pobladas después de Lima. (VICEMINISTERIO DE GOBERNANZA TERRITORIAL, 2017). De 2007 a 2017 la población de la Región de Arequipa registro una tasa de crecimiento de 1.8%. (BCRP, 2022)

Debido al incremento de habitantes en los últimos años es más que claro que el consumo de agua potable, residuos líquidos y sólidos viene aumentando, esto conlleva a la instalación de nuevas y amplias líneas de agua potable y alcantarillado para satisfacer la demanda, tanto como primarias y secundarias.

El Plan Nacional de Saneamiento tiene como objetivo general “Contribuir a ampliar la cobertura y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas servidas y disposición de excretas”. Entonces para cumplir con el objetivo del Plan Nacional de Saneamiento es importante la modernización que incremente la sostenibilidad de los servicios, con una alta calidad y económicamente viable.

Actualmente se sabe que existen 2680 km de tubería para redes primarias de 4” a 8” de diámetro y secundarias de 3” a 4” de diámetro para agua potable para la distribución de 115,590 m³ de agua de 84 reservorios. Mientras que para el sistema de alcantarillado existen 2,369.6 km de tubería para colectores primarios de 8” a 30” de diámetro y colectores secundarios de 4” a 20” de diámetro. (Cueva López, 2021)

Las redes de tuberías son de diversos materiales, las más antiguas son de Concreto Simple Normalizado (CSN) o llamadas también tuberías de Hormigón, asbesto, hierro y las más recientes son de Policloruro de Vinilo (PVC), uno de los principales problemas que se tiene es que las redes de distribución de agua potable y las redes de recolección tienen una antigüedad mayor a los 20 años, los cuales están propensos a sufrir fisuras y/o roturas lo cual provoca aniegos, cortes de agua imprevistos, deterioro de pistas, riesgo de

epidemias, contaminación y desperdicio del agua como fuente de primera necesidad para el público, las industrias, la agricultura y ganadería en Arequipa Metropolitana.

Por lo antes expuesto, es necesario y oportuno emprender el uso de una nueva tecnología de tuberías para el cambio oportuno de las líneas ya existentes tanto en agua potable fría o caliente como en el alcantarillado, acorde a la modernización que ya existe en algunas regiones de Europa y América del Norte, mejorando el transporte, manteniendo la calidad, disminuyendo los costos por reparación e instalación y disminuyendo la posibilidad de sufrir fisuras o roturas en diferentes puntos de las líneas primarias y secundarias.

1.1.3 Justificación del problema.

La presente investigación, tiene como propósito principal: “demostrar porque es necesario un cambio tecnológico de la línea de tuberías de agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana”, obteniendo un nuevo servicio eficiente cumpliendo con todas las normas y parámetros de las instalaciones de línea de tubería para agua potable y alcantarillado.

En el entorno social, contribuirá a la disminución de fracturas y/o fisuras de las líneas de tubería evitando aniegos, epidemias, cortes imprevistos y una de las principales razones del crecimiento en el uso de la tubería de plástico es el ahorro de costos en instalación, mano de obra y equipo en comparación con los materiales de tubería tradicionales, agregue a esto el potencial de menores costos de mantenimiento y una mayor vida útil demostrando ser un producto muy competitivo, lo cual permitirá que más personas confíen y usen esta tecnología en la construcción de viviendas, industrias, sector agrario y ganadero.

Y en el entorno académico, hacer de conocimiento una tecnología muy utilizada en sector minero, pero no fomentada en los estudiantes de ingeniería, ya que por medio de este estudio se fomentará la forma en la que se realiza la instalación, montaje, tipos de unión, control de calidad en las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de forma teórica y práctica. Y demostrar que no solamente puede ser aplicada en sector minero, sino también en el sector público.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para la modernización del sistema de agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer las ventajas de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) frente a las tuberías existentes en los sistemas de agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana.
- Estructurar la información adquirida para tener conocimientos claros sobre la implementación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el sector público.
- Realizar el control de calidad de las diferentes uniones para la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
- Realizar la comparación económica y cronograma de instalación, reparación y remplazo de un proyecto con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

1.3 Alcances

Esta propuesta de tesis tiene como caso de estudio la ciudad de Arequipa Metropolitana.

Los costos estarán sujetos a cambios dependiendo de cuantos metros lineales de tubería de PVC se desearía cambiar por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Los costos estarán sujetos a cambios dependiendo del valor del material como la tubería de Polietileno de Alta Densidad, accesorios entre otros en el mercado.

La instalación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad que se describen en esta tesis solo es para el remplazo de líneas de agua potable y alcantarillado respetando los diámetros ya utilizados para estas líneas.

La tubería de Polietileno de Alta Densidad remplazara a las tuberías de PVC u Hormigón que hayan cumplido su vida útil, tengan algún daño estructural, más estas falencias no limitan a que se pueda cambiar todo el sistema de agua potable y alcantarillado.

Capítulo II. Marco conceptual

2.1 Antecedentes de la investigación

En el año 2020, en Lima se realizó el análisis comparativo a nivel de costo, tiempo y calidad de ejecución de instalación de tuberías de PVC y de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para conexiones domiciliarias en la asociación Santa María del Gramal, ya que dicha asociación no cuenta con los servicios básicos de agua potable ni alcantarillado, también se tocaron temas como la nueva tecnología en maquinaria y equipos para el rubro de instalación sanitarias en el Perú. Se determinó que el presupuesto para instalación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es igual a la del presupuesto para instalación de tuberías de PVC, el tiempo de ejecución es mucho más corto satisfaciendo al cliente y por último en cuanto a calidad se dio a conocer que sobrepasa a las tuberías de PVC. (Fernández Aucapuella Asesor & Mg Gerson Vega Rivera, 2020)

En el año 2020, en Lima se realizó un planteamiento técnico, estudio de fuentes y estudio de calidad de agua en los sistemas hidráulicos de: Sistema Nuevo Mundo, Sistema Selva Verde I y Sistema Selva Verde II para la población de la comunidad nativa Nuevo Mundo. El Sistema Nuevo Mundo por medio de una estructura de captación transporte agua por una tubería de impulsión de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 90 mm de diámetro a un reservorio de 30 m³, y a su vez bombeo agua a través de una tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 75 mm de diámetro a un reservorio de 15 m³. El Sistema Selva Verde I por medio de una estructura de captación transporte agua por una tubería de impulsión de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 50 mm de diámetro a un reservorio de 8 m³. El Sistema Selva Verde II por medio de una estructura de captación que a su vez hará función de reservorio de donde por gravedad el agua será distribuida. Se concluyó que cuando el sistema empiece a operar las enfermedades de origen hídrico presentes en la comunidad disminuirán considerablemente gracias a las propiedades de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), teniendo como efecto la mejora de la calidad de vida y asegurarán el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento proyectados, así también las necesidades hídricas de la población. (Zavala Delgadillo & Zavala Delgadillo, 2020)

En el año 2020, en Lima el análisis en costo y tiempo en la suplantación de tuberías de PVC por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el Sector J. Bernardo Alcedo de la localidad de Villa María del Triunfo, donde su sistema de alcantarillado sufre de desmoronamiento o de contener asbesto. Se determinó que la suplantación de tuberías de PVC por tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se obtiene muchas más ventajas tanto en tiempo como en costos, ya que el tiempo que se necesita para reemplazar las tuberías es mucho más corto al no tener que realizar una gran cantidad de movimiento de tierras lo cual afecta directamente a los costos por ejecución de obra, y el impacto social en los negocios y cierre de calles, y finalmente el remplazo tendrá una mayor resistencia a la tracción y flexión. (Tamay Vílchez, 2020)

En el año 2018, en Lima se diseñó una línea de conducción de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en los poblados anexos de San Francisco de Cayrán – Huánuco mediante pases aéreos, manteniendo el factor de seguridad sin sobre dimensionar las estructuras y accesible a la población económicamente, al realizar el levantamiento topográfico se determinaron quebradas profundas y un camino irregular, y para adaptarse a dicha geografía se empleará el uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) usando la electrofusión como método de unión entre tuberías. Se determinó que las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) brinda una adaptación a la geografía de la zona permitiendo atravesar las quebradas con profundidades de 80 a 100 metros además de presentar la practicidad y facilidad para reparación en el futuro. (Figueroa Huaco, 2018)

En el año 2012, en Texas se realizó una comparación de rendimiento de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en aplicación de aguas municipales donde el principal desafío de las empresas de servicios de agua es entregar agua potable de manera eficiente. La Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas (AWWA) estimó que costará más de 250 millones de dólares en reemplazar y renovar las tuberías de agua en el lapso de 20 años y la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) de 2009 estimó que se pierde 7 mil millones de galones de agua todos los días. Se determinó que el rendimiento de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) son mejores que las tuberías de PVC dado que la tasa de falla cada 100 millas es menor. (Venkatesh, 2012)

En el año 2014, en Texas se realizó una investigación enfocada en la confiabilidad y durabilidad de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 16” de diámetro a más para transporte de agua potable en América Del Norte. Ya que durante el ciclo de vida de una tubería ocurren fallas por edad, condiciones de carga, condiciones ambientales, calidad de instalación, procedimientos de fabricación, estrategias de operación y mantenimiento, por ello se realizó una prueba de rendimiento en una tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) DR 17 de 16” de diámetro y 15ft de largo con una unión fusionada en el medio, los resultados de las pruebas arrojaron que la muestra de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) soportó cargas cíclicas de 2M entre 125 psi y 188 psi. (Divyashree, 2014)

2.2 Líneas de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el Arequipa Metropolitana

A continuación, se presentará algunos proyectos concretados en Arequipa, implementado tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

En el año 2016 en el distrito de Chiguata ubicado a 20 km del centro de Arequipa se realizó el proyecto “**CAMBIO DE TODA LA LINEA DEL ACUEDUCTO LA TOMILLA**” por la empresa **J&E CORPORATION** dicho proyecto consistía en el remplazo de tubería de hormigón por tubería de Polietileno de Alta Densidad para el pase de agua por gravedad al pueblo de Chiguata, la tubería de hormigón existente de 16” de diámetro se encontraba sobre un puente colgante sujeto con abrazaderas, los tubos de hormigón se encontraban fisurados casi en todo el largo de la instalación (60 metros), como se muestra en la Figura 1, según los pobladores de la zona las grietas se produjeron por el movimiento del puente por los fuertes vientos.

La tubería antigua fue remplazada por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 16” de diámetro SDR 41 a lo largo de los 60 m, el método de unión de las tuberías fue por termofusión, al finalizar el cambio total de la tubería disminuyó considerablemente el peso que soportaba el puente ya que la línea de tubería de hormigón pesaba aproximadamente 3 toneladas y como se puede observar en la Figura 2 la actual línea de tubería pesa 700 kg, el flujo de agua es constante ya que no existe pérdida alguna. El proyecto fue culminado en 5 días por 4 personas especializadas, una máquina de termofusión McElroy modelo 618 y herramientas.



Figura 1 – Tubería de 16” de diámetro de hormigón agrietada.

Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 2 – Instalación de tubería de 16” de diámetro SDR 41 finalizada.

Fuente: Registro fotográfico personal.

En el año 2016 en el Anexo de Arenales de Chiguata ubicado a 30 km del centro de Arequipa se realizó el proyecto **“INSTALACION DE INFRAESTRUCTURA DE RIEGO DEL ARENAL Y EL ARENAL – CHIGUATA”** por la empresa **J&E CORPORATION** dicho proyecto consistía en la instalación de tubería de Polietileno de Alta Densidad de 16” de diámetro SDR 41 en un trayecto de 1 200 metro, la unión de las tuberías se realizó por termofusión, y se instaló válvulas de paso tipo mariposa cada 400 metros, la unión de la línea de tubería con las válvulas se realizó mecánicamente por medio de backup rings. Por la geografía complicada del terreno y el poco presupuesto que la comunidad, se tomó la decisión de realizar 200 manguerotes de 6 tuberías de 36 metros de largo en un área espaciosa para luego ser transportadas manualmente con sogas y tubos de diámetros más pequeños cumpliendo la función de ruedas al costado de las zanjás donde tenían que ser enterradas, al encontrarse al costado de las zanjás en un terreno muy complicado y de difícil acceso se utilizó una máquina de termofusión especial para trabajo en espacios pequeños (zanjas) como se muestra en la Figura 3, al finalizar todas las pegas e instalación de la tubería se logró concretar el objetivo de trasladar el agua proveniente de posas naturales sin ninguna fuga al reservorio de Chiguata para su distribución al pueblo para distintas finalidades. El proyecto fue culminado en 30 días por 6 personas especializadas, 1 máquina de termofusión McElroy modelo 618, 1 máquina de termofusión TM250 (trabajo en zanjás) y herramientas.



*Figura 3 – Termofusión de tubería de 16" de diámetro SDR 41 en zanja.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

2.2.1 Entorno legal en la calidad del producto

- **ASTM 2657:** Práctica estándar para la unión por termofusión de tuberías y accesorios de poliolefina.
- **ASTM D 2321:** Práctica Estándar para La Instalación de Tubos Termoplásticos para Aplicaciones de Drenaje y Otras Aplicaciones por Flujo a Gravedad.
- **ASTM D 3350:** Especificaciones Estándar para los materiales de las Tuberías y Accesorios de Polietileno.
- **ASTM F 714:** Especificaciones Estándar para tuberías Plásticas de Polietileno, basadas en el Diámetro Exterior.
- **ASTM F 1055:** Especificación estándar para accesorios de polietileno de tipo electrofusión para tuberías y tuberías de polietileno de diámetro exterior controlado y polietileno reticulado.
- **ASTM F 2620:** Práctica estándar para la unión por termofusión de tuberías y accesorios de polietileno.
- **ASTM F 2634:** Método de prueba estándar para pruebas de laboratorio de juntas de fusión a tope de polietileno (PE) mediante el método de tracción – impacto.
- **NTP – ISO 21138 – 2010:** Sistemas de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión. Tubos y conexiones de pared estructurada de policloruro de vinilo (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE).

- **NTP – ISO – 8772 – 2009:** Sistema de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión. Polietileno (PE).
- **NTP – ISO 1452 – 2017:** Tubos y conexiones de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) para el abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado, enterrado o aéreo con presión.
- **NTP – ISO 4427 – 2008:** Sistemas de tuberías plásticas. Tubos de polietileno (PE) y conexiones para abastecimiento de agua.

2.3 Fabricación de tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

La tubería y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se fabrican a partir de la materia prima virgen de pellets de resina de HDPE PE 100 como se observa en la Figura 4, los pellets de polietileno son generados a partir de la polimerización de unidades moleculares pequeñas que se repiten, y la unidad de partida es el etileno que es un gas incoloro que este compuesto por cuatro átomos de hidrogeno y dos átomos de carbono que se puede apreciar en la Figura 5.



Figura 4 - Pellets de Polietileno.
Fuente: Made in China, 2022

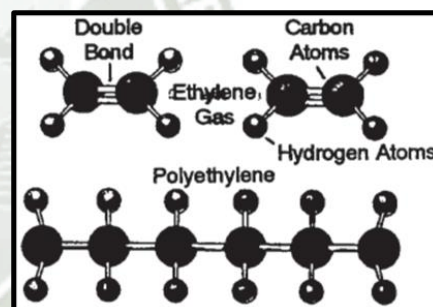


Figura 5 – Composición del Polietileno.
Fuente: Plastics Pipe Institute, 2021

Según ISO 4427 que al ser combinado con pellets de negro de humo obtiene la protección contra rayos UV que permite la instalación de forma expuesta y ya no necesariamente enterrada en zanjas o recubiertas por alguna protección, luego pasa a la extrusora para fabricar desde los 20 a 2000 mm de 4 a 25 bar y en diferentes espesores.

Para la fabricación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y accesorios se tiene que cumplir con los siguientes pasos esenciales; selección de materia prima, calentar, fundir, extruir, mezclar, enfriar, extraer, cortar y empaquetar, finalmente transportar como se muestra en la Figura 6. El punto más importante de la fabricación es el enfriamiento para que no pierda su forma, ya que esto permitirá que las tuberías tengan

el espesor y textura de las paredes internas y externas requeridas. (Plastics Pipe Institute, 2021)

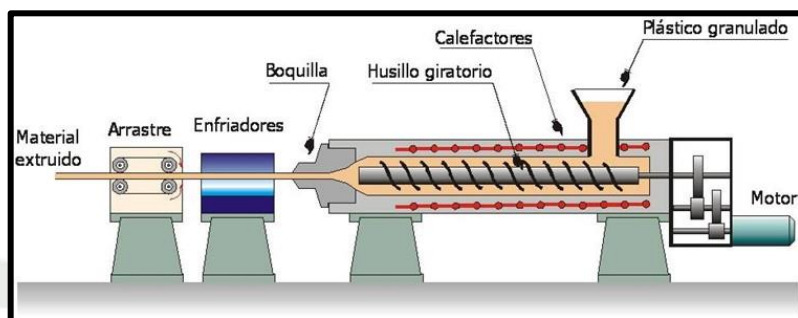


Figura 6 – Proceso de fabricación de una tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Sanchez, 2022.

Las tuberías de 1/2" a 63" de diámetro se extruyen o son moldeados por inyección a través de una matriz anular, mientras que las superiores a 63" hasta 120" de diámetro se enrollan sobre un mandril y se sella por fusión térmica a lo largo de la costura, al ser fabricadas tiene que cumplir con los estándares y especificaciones de la ASTM. (Plastics Pipe Institute, 2021)

Al finalizar la fabricación de las tuberías se les otorga franjas de colores para determinar su uso, los más comunes son el negro para uso de agua potable, de alcantarillado y sobre el suelo, como se puede observar en la Figura 7 también existen tubos con franjas de colores y sirve para identificar sus aplicaciones como se describe en la Tabla 1



Figura 7 – Tubos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con franjas de colores para diferentes aplicaciones.
Fuente: Espinoza Álvarez, 2014.

Tabla 1 - Uso de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) según el color de franja.

Color de franja	Uso
-----------------	-----

Tubería con franja amarilla	Para gas natural
Tubería con franja azul	Para agua potable
Tubería con franja roja	Para conductos eléctricos y contra incendios
Tubería con franja verde	Para alcantarillado y las aguas residuales
Tubería con franja morada	Para aguas tratadas
Tubería con franja naranja	Especial para ductos de comunicación
Tubería con franjas negras	Para distintas líneas de proceso

Fuente: QuimiNet, 2011.

La fabricación de los accesorios es a partir del moldeo por inyección o compresión hasta 12” de diámetro, y aquellos accesorios de más de 12” de diámetro se fabrican a partir de secciones de tubería y al igual que las tuberías deben cumplir con los estándares y especificaciones de la ASTM. (Plastics Pipe Institute, 2021)

- **Accesorios moldeados por inyección:** Los accesorios moldeados por inyección son fabricados hasta 12” de diámetro nominal, los más comunes son; tes, codos de 45 y 90, reductores, acoplamientos, tapas, adaptadores de bridas etc.

Para el moldeo de los accesorios se usa un bloque de metal mecanizado con una cavidad en forma del accesorio requerido como en la Figura 8, para luego llenarlo con una extrusora, finalmente el accesorio es enfriado con agua que circula a través del molde. El control de calidad que se realiza a los accesorios es visual y realizando exploraciones con rayos X. (Schmidt et al., 2011)

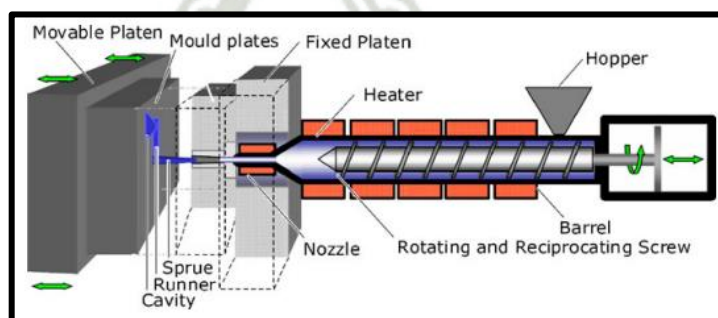


Figura 8 – Máquina de moldeo por inyección.

Fuente: Schmidt et al., 2011.

- **Accesorios moldeados por fabricación:** Como se observa en la Figura 9 los accesorios son fabricados a partir de secciones de tuberías, las secciones se pueden unir mediante técnicas de fusión por calor a tope.



*Figura 9 – Accesorios moldeados por secciones.
Fuente: Technipol Tecnología en Piping, 2012.*

2.4 Características y aplicaciones de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

La gran versatilidad de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) ha brindado soluciones a muchos campos ya que tiene una amplia gama de aplicaciones como; distribución de agua y gas natural, alcantarillado, aplicaciones industriales, marinas, mineras, conductos eléctricos y telecomunicaciones, ya que son efectivas sobre el suelo, enterradas, flotantes, y sus principales características son:

- **Resistencia a bajas y altas temperaturas:** Las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) pueden trabajar de -18°C a 60°C para servicios de presión, pero si solo son aplicados en servicios por gravedad pueden trabajar a temperaturas de -40°C , por lo que estas tuberías se pueden utilizar en varias aplicaciones con un rango de temperatura muy amplio. (Plastics Pipe Institute, 2021)
- **Resistencia química:** La gran resistencia química permite la instalación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en cualquier tipo de suelo, ya que no se perforará, pudrirá, corroerá, oxidará ni favorecerá al crecimiento biológico.
- **Resistencia a la fatiga y flexibilidad:** Gracias a su flexibilidad el radio de dobles es aproximadamente 30 veces el diámetro nominal de la tubería lo cual es muy ventajoso ya que permite cambiar de dirección la línea de tuberías sin

usar accesorios facilitando su instalación, absorbiendo cargas de impacto como los golpes de ariete y debido a su resistencia a la fatiga puede soportar el doble de su presión operativa intermitentemente.

- **Resistencia a sismos:** Debido a sus propiedades de flexibilidad, su dureza y que las uniones son fusionadas, permiten que puedan resistir los movimientos telúricos.
- **Durabilidad:** Debido a su gran resistencia contra productos químicos y exposición al sol, el tiempo de vida de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es de 50 a 100 años.
- **Eficiencia Hidráulica:** Debido a que sus paredes son lisas el factor de Hazen Williams es de 150 el cual no varía con el tiempo, en comparación con las tuberías de hormigón, PVC y hierro que sufren de corrosión el factor de Hazen William incrementa. (Plastics Pipe Institute, 2021)
- **Alta resistencia a la tensión, compresión y tracción:** Las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tiene una gran resistencia a la deformación ya sea por encima o debajo del suelo, soportando la compresión causada por piedras, tierra, raíces de árboles que crecen y el peso del asfalto o piso.
- **Aislante eléctrico:** Debido a la mala conducción de electricidad buenos aislantes eléctricos por lo cual también son usados en aplicaciones eléctricas
- **Baja densidad:** Estas tuberías son más livianas que la mayoría en el mercado, pesando entre el 70 al 90% menos que las tuberías de hormigón o hierro, permitiendo hacer instalaciones para empresas pesqueras ya que flotan en el agua, sin olvidar que permite una fácil instalación.
- **Permeabilidad:** El uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) nos ofrece una permeabilidad segura ya que no permite que entre o salga ningún fluido o gas, obteniendo un transporte libre de contaminación.
- **Resistencia a los rayos ultravioleta:** Ya que la tubería contiene negro de humo la degradación por exposición a los rayos ultravioleta es mínima o nula, por lo cual permite almacenar, o instalar a la intemperie sin sufrir ningún daño o pérdida de sus propiedades físicas.

Gracias a las características antes mencionadas y su fácil instalación algunos campos de instalación más populares de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) son: instalaciones de agua potable, conducción de aguas residuales, líneas de gas, sistemas de riego, ducto de transportes sólidos, conducción subacuática, rociado de pilas de lixiviación, transporte de soluciones acidas y alcalinas, transporte de concentrados y relaves, transporte de aire comprimido y ventilación, protección de cables eléctricos, sistema de combate contra incendios, sistemas tuneleros, etc.

2.5 Tipos de unión de la tubería y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

2.5.1 Para sistemas no desmontables

2.5.1.1 Por termofusión

Es uno de los métodos más confiables para la unión de tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) a partir de los 20 mm de diámetro y espesores de 3 mm, es ideal para transporte de gas, aguas potables, desechos y cualquier otro líquido, el equipo que realiza la unión es la máquina de soldadura por termofusión como se observa en la Figura 10, que tiene como partes principales un plato calefactor, plato refrentador y mordazas.



*Figura 10 – Fabricación de un codo de Polietileno de Alta Densidad con una máquina de termofusión.
Fuente: Registro fotográfico personal*

La unión por termofusión consiste en calentar un extremo de la tubería o accesorios hasta alcanzar su punto de fusión entre los 200 y 250°C según el medio ambiente donde se trabaja y la unión se logra al ejercer una presión controlada previamente calculada según el diámetro, SDR y peso de arrastre de la tubería, es importante que ambos extremos a unir sean del mismo SDR, estas uniones a tope por termofusión son más resistentes que el mismo accesorio o tubería.

Debido a la formación de labios en las uniones como se muestra en la Figura 11 en algunas condiciones debido a que el flujo que se transporta es muy denso, se requiere la extracción del labio formado durante el proceso de fusión dentro de la unión, esta limpieza mecánica se realiza con la herramienta corta-labios o llamado también debeader como se muestra en la Figura 12.

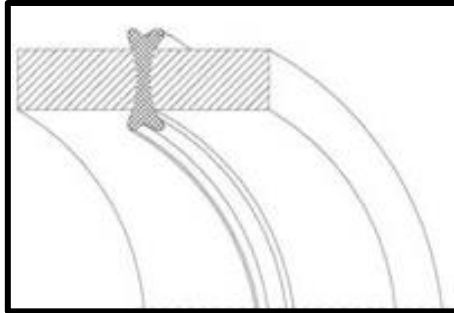


Figura 11 – Formación de labios en el interior y exterior de la unión de tuberías por termofusión.
Fuente: AM Group, 2022.



Figura 12 – Corta-labios o debeader para limpieza de labios en la parte interna de tubería.
Fuente: .Ritmo - Plastic Welding Technology, 2022.

2.5.1.1.1 Parámetros de soldadura por termofusión

Como se muestra en la Figura 13 los parámetros de tiempo para cada paso en el proceso de termofusión son de vital importancia para obtener una soldadura confiable y que cumpla sin ningún problema los controles de calidad.

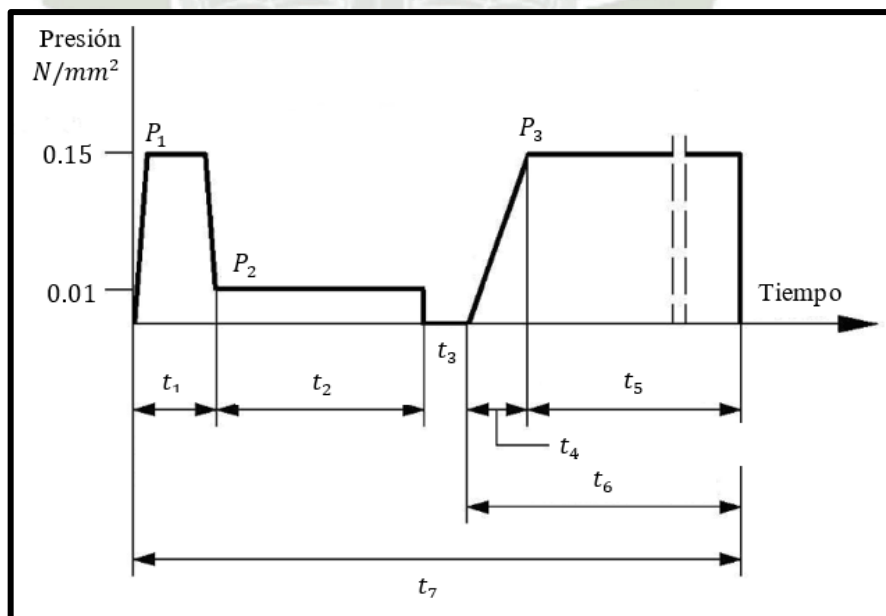


Figura 13 – Tiempos para la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: “DVS 2207-1,” 2017

Siendo:

P_1 : Presión del sistema hidráulico [psi]

P_2 : Presión de calentamiento, $P_2 = 10\% \cdot P_1$ [psi]

P_3 : Presión de fusión [psi]

t_1 : Tiempo de alineación de las tuberías [s]

t_2 : Tiempo de calentamiento [s]

t_3 : Tiempo de retiro del plato calefactor [s]

t_4 : Tiempo de fusión [s]

t_5 : Tiempo de enfriamiento [min]

t_6 : Tiempo total de unión

t_7 : Tiempo total de soldadura

A continuación, se describirá cada parámetro para la termofusión de tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

- **Presión del sistema hidráulico (P_1):** es la presión requerida para sujetar los tubos y alinear los extremos, ya sea tubería – accesorio o tubería – tubería, en esta última, la presión suele ser muy grande ya que se requiere sujetar un manguerote de más de 6 metros de lineales debido a la unión de más tuberías, el cual tiene ya un peso considerable, esta presión es proporcionada por la experiencia del operador.
- **Presión de calentamiento (P_2):** es la presión que se aplicara para el calentamiento de los extremos contra el plato calefactor, esta presión relativamente es casi 0 ya que los bordes solo tienen que estar en contacto con el plato calefactor que estará entre 200 a 220° C por un determinado tiempo (t_2), la presión es calculada según las dimensiones de las tuberías.
- **Presión de fusión (P_3):** es la presión donde se unirá los extremos de tubería – tubería o tubería – accesorio que se encuentran la temperatura necesaria para su fusión molecular, la presión se calcula según las dimensiones de las tuberías.
- **Tiempo de alineación de las tuberías (t_1):** es el tiempo que se demora el operador en alinear correctamente los extremos de la unión entre tubería – tubería o tubería – accesorio.

- **Tiempo de calentamiento (t_2):** es el tiempo en el cual los extremos de las tuberías o accesorios estarán en contacto con el plato calefactor hasta lograr un labio característico, el tiempo es calculado según las dimensiones de las tuberías y temperatura ambiental.
- **Tiempo de retiro del plato calefactor (t_3):** es el tiempo en el cual el operador retira el plato calefactor, el tiempo que se debe tomar para retirar el plato calefactor debe ser menos a 10 segundos.
- **Tiempo de fusión (t_4):** es el tiempo que se demora la máquina en juntar los extremos de las tuberías previamente calentadas para una fusión molecular a una determinada presión, el tiempo es calculado según las dimensiones de las tuberías y temperatura ambiental.
- **Tiempo de enfriamiento (t_5):** es el tiempo en el que los extremos de las tuberías permanecen juntos hasta su enfriamiento y obtener una fusión satisfactoria, el tiempo es calculado según las dimensiones de las tuberías y temperatura ambiental.
- **Tiempo total de unión (t_6):** es el tiempo necesario para la unión de las tuberías, el cual está conformado por el tiempo de fusión (t_4) y el tiempo de enfriamiento (t_5).
- **Tiempo total de soldadura (t_7):** es el tiempo que se toma el operador calificado en realizar la unión correcta y satisfactoria de las tuberías de este SDR y diámetro.

2.5.1.1.2 Procedimiento para la unión por termofusión

Los procedimientos para realizar la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta densidad (HDPE) son los siguientes:

1. Ubicar el equipo de termofusión en un terreno estable y con un área lo suficientemente amplio para realizar maniobras, en caso de ser necesario montar una tienda para la protección contra lluvia, viento y frío.
2. Recepción e identificación de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para determinar los parámetros necesarios para su termofusión.
3. Colocar, alinear y sujetar con las mordazas los tubos o accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la máquina de termofusión.

4. Colocar el plato refrentador para nivelar las superficies transversales de los extremos de las tuberías hasta obtener una superficie lisa y limpia de impurezas como polvo, piedras, grasas etc.
5. Retirar el plato refrentador y retirar las virutas sin tocar las superficies transversales de los extremos.
6. Comprobar el paralelismo de las superficies transversales con una tolerancia máxima de 0.5mm y la alineación de las tuberías donde tendremos una tolerancia máxima del 10% del espesor de la tubería.
7. Limpiar las caras del plato calefactor con alcohol, luego comprobar con un pirómetro la temperatura de las dos caras.
8. Ya calculado la presión de calentamiento (P_2), colocar el plato calefactor entre las dos tuberías por un determinado tiempo (t_2).
9. Al terminar el tiempo de fusión (t_2) se retirará el plato calefactor en un lapso menor de 10s (t_3) para unir rápidamente los extremos a una presión de fusión (P_3) por un determinado tiempo (t_4).
10. Dejar enfriar en esta posición con la presión de fusión (P_3) el tiempo necesario (t_5).
11. Terminado el tiempo de enfriamiento (t_5) se retirarán las abrazaderas de la tubería y luego el tubo de la máquina, y nuevamente empezaremos el proceso de unión.

En el diagrama de flujo del Anexo 1 se detalla el procedimiento antes explicado.

2.5.1.1.3 Ventajas de la unión por termofusión

Las ventajas de la unión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) por termofusión son:

- La fusión de tubo – tubo y/o tubo – accesorio es molecular, por lo que la confiabilidad es alta.
- Se obtiene información continua durante el proceso.
- Al cumplir el procedimiento de fusión correctamente obtendremos una soldadura mucho más fuerte que el producto base.

2.5.1.2 *Por electrofusión*

Es un proceso de unión de alta confiabilidad, donde en el interior de los accesorios existen resistencias eléctricas que se encuentran conectadas al exterior mediante dos terminales de cables, la resistencia transforma la corriente en calor de manera que funde el polietileno del accesorio como de la tubería, como se muestra en la Figura 14 el accesorio es conectada a una máquina que suministra tensión, la cual genera una corriente eléctrica en la resistencia.



*Figura 14 – Unión de tuberías de 8" de diámetros con una máquina de electrofusión.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

Este método de fusión se aplica en aquellos espacios donde no se puede realizar un gran movimiento longitudinal de las piezas como en zanjas, los accesorios son suministrados con un código de barra donde aparece toda la información necesaria para realizar la electrofusión.

2.5.1.2.1 *Procedimiento para la unión por electrofusión*

Los procedimientos para realizar la electrofusión de tuberías de Polietileno de Alta densidad (HDPE) son los siguientes:

1. Realizar un corte perpendicular y limpieza de los extremos que se van a unir.
2. Sin sacar el accesorio de su bolsa marcar la longitud del tubo que se raspa para cada extremo.
3. Verificar si se raspó correctamente la zona delimitada sin tocarla o contaminarla.
4. Antes de retirar el accesorio de su bolsa, verificar que sea la medida correcta para la unión de los extremos.

5. Colocar el accesorio en uno de los extremos hasta cubrir toda la zona raspada previamente, luego alinear el otro extremo del tubo a unir con el accesorio para unirlo hasta la zona raspada.
6. Quitar los tapones que protegen los terminales del accesorio para posteriormente conectar los cables.
7. Pasar el lápiz óptico por la tarjeta del accesorio para determinar los parámetros de fusión y apretar el botón START.
8. Sin mover el accesorio retirar los cables de los terminales y dejarlo enfriar por el tiempo indicado en su tarjeta, y realizar una inspección visual.

En el diagrama de flujo del Anexo 2 se detalla el procedimiento antes explicado.

2.5.1.2.2 Ventajas de unión por electrofusión

Las ventajas de la unión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) por electrofusión son:

- Perfecto para unión de tubos de diámetros pequeños
- Ideal para lugares con difícil maniobrabilidad de equipos.
- Corto tiempo y facilidad de instalación.
- Excelente sistema para realizar reparaciones.
- La posibilidad de unir tubos de diferentes SDR.
- Las máquinas automáticas minimizan error al momento de realizar la fusión.

2.5.2 Para sistemas desmontables

2.5.2.1 Accesorios de compresión

Los accesorios que se pueden ver en la Figura 15 son complementos para la instalación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), donde la unión es mecánica justo en los extremos de la tubería de igual o distinto diámetro. La unión es posible gracias a la compresión de un sello de caucho o conocido también como empaque, una garra que actúa como sujeción de la tubería y un cono con rosca para el apriete de la garra como se puede ver en la Figura 16.



Figura 15 – Diferentes accesorios de compresión para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Fuente: HC Suministros, 2022

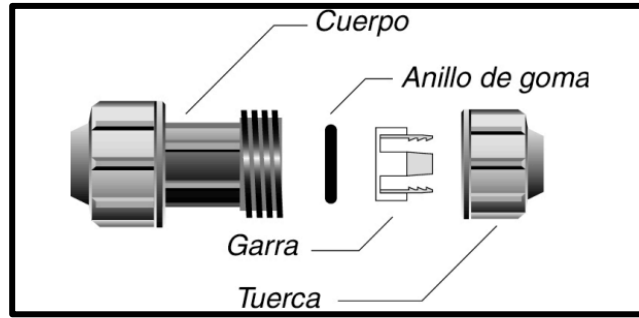


Figura 16 – Partes de un accesorio de compresión. Fuente: Plastiforte, 2022.

2.5.2.2 Accesorios tipo victaulic

En la Figura 17 observamos un acople victaulic diseñado para acoplar mecánicamente tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) el cual posee una fila de dientes a cada lado para la sujeción de las tuberías como se muestra en la Figura 18.



Figura 17 – Acople Victaulic. Fuente: Plastiforte, 2022.

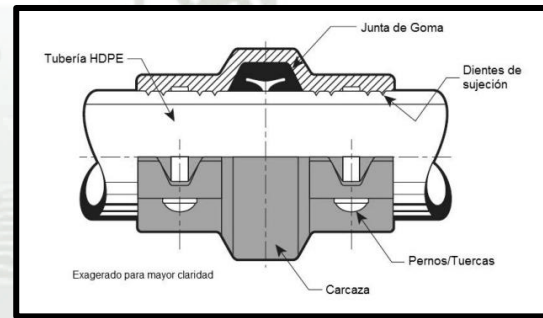


Figura 18 – Componentes del acople Victaulic. Fuente: Plastiforte, 2022.

2.5.2.3 Uniones roscadas

Este tipo de unión permite la fácil instalación y remplazo de tuberías, válvulas y conexiones, son utilizadas con frecuencia cuando se considera un desmontaje a futuro, este tipo de unión es común en tuberías de 1/8” a 6” de diámetro.

2.5.2.4 Backup ring o brida

Los backup rings de la Figura 19 son accesorios que se emplean con frecuencia para unir líneas de tuberías Polietileno de Alta Densidad (HDPE), válvulas o líneas de hierro fundido como se puede observar en la Figura 21. Para realizar esta unión es necesario que la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tenga en su extremo un flange adapter con su respectivo backup ring como en la Figura 20, para unirlos mediante

stub bolts (espárragos o pernos), es necesario el uso de un empaque entre la unión de las dos tuberías.



Figura 19 – Backup rings de diferentes diámetros.

Fuente: Breyca S.A.C, 2022.



Figura 20 – Flange adapter de 4'' con backup ring.

Fuente: HDPE Supply, 2022



Figura 21 – Unión de válvulas de paso de hierro fundido con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) con backup rings y flange adapters.

Fuente: Tubería Moreno, 2015

2.6 Cambio de tuberías por Cracking o explosión de tubería


Es un método de cambio de tubería sin necesidad de realizar alguna excavación para la sustitución de tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC), hormigón (CSN), hierro, etc. por una nueva tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) del mismo o mayor diámetro (dos tamaños más grandes respecto a la existente) este procedimiento economiza la instalación, reduce los tiempos y las molestias al sector público y ambiental. La explosión de la tubería se realiza mediante la inserción de un cabezal tipo bala a la tubería antigua como se muestra en la Figura N 22.





*Figura 22 – Cabezal tipo bala para la explosión de tubería antigua.
Fuente: Lavel Ingeniería Limitada, 2020*

La bala es sujeta con la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el extremo posterior, según Plastics Pipe Institute, (2021) a medida que la bala recorre la línea de la tubería antigua, esta crea una cavidad suficientemente grande para que la nueva tubería ingrese con la mínima fricción con las paredes de la antigua red, según las condiciones del suelo, el grado de ampliación requerido, el tipo de tubería existente, la profundidad y experiencia se podrá elegir entre los siguientes métodos de la Tabla 2:

Tabla 2 – Métodos para el Cracking de tuberías.

Método	Descripción
<p>Sistema de explosión neumática</p>	<p>Para este sistema se utiliza un martillo de desplazamiento por aire comprimido como se muestra en la Figura 23 a una velocidad de 180 a 580 golpes por minuto.</p> <div data-bbox="655 1308 1203 1487" data-label="Image">  </div> <p><i>Figura 23 – Martillo neumático para la explosión de tubería antigua. Fuente: García Cisneros, 2014.</i></p>
<p>Sistema de explosión estática:</p>	<p>En este método se aplica una fuerza de tracción al cabezal de expansión por medio de cables o varillas como se muestra en la Figura 24.</p>

	 <p><i>Figura 24 – cabezal tipo bala sujeta a cable para realizar la explosión estática de la tubería antigua.</i> <i>Fuente: Constructora MPM, 2015.</i></p>
<p>División de tubería</p>	<p>Consiste en realizar un corte longitudinal al mismo tiempo que se inserta la nueva tubería a partir de una bala con una aleta afilada como se muestra en la Figura 25, usualmente es aplicado en tuberías antiguas de material dúctil.</p>  <p><i>Figura 25 – Bala con aleta para realizar el corte longitudinal de la tubería antigua.</i> <i>Fuente: Donayre, 2014.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

Ningún otro tipo de tubería se puede ensamblar de tal manera que en la operación de ruptura esta red nueva no se separe, fracture, se adapte a las pequeñas curvas existentes y se adecue al terreno.

2.7 Control de calidad en tuberías y accesorios de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Para realizar el control de calidad en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) unidas por termofusión y/o electrofusión se aplican ensayos no destructivos (END) y ensayos destructivos (ED). La importancia del control de calidad en la unión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tiene la finalidad de garantizar que el proceso de unión cumpla las necesidades del cliente de forma útil y correcta, avalando que cumplan los estándares a las que se encuentran sometidas.

2.7.1 Control de calidad para uniones por termofusión

Antes de mencionar los diferentes tipos de control de calidad para uniones por termofusión, mencionaremos los principales factores que influyen en la calidad de la soldadura, los cuales son:




- **Condiciones de trabajo:** el viento y la exposición al polvo pueden afectar considerablemente la resistencia y/o calidad de la pega, por eso se recomienda el uso de una tienda en el lugar de trabajo.
- **Alineación:** la desalineación entre los extremos de los tubos causa la reducción de la vida útil de la unión por termofusión, esta desalineación no debe exceder del 10% del espesor del tubo.
- **Parámetros de soldadura:** los parámetros como la temperatura, presión y tiempo son importantes que se cumplan para tener una unión confiable.
- **Diferencia de espesores:** es importante que la unión de tuberías por termofusión los tubos sean del mismo diámetro y SDR, para una fusión correcta y homogénea.

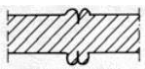



A continuación, se nombrarán los diferentes tipos de control de calidad que se aplican a uniones por termofusión.

2.7.1.1 Inspección visual (END)

Durante esta prueba se verificará el acabado de la soldadura la cual no deberá presentar ninguna fisura, desalineación o poros en los labios, deberán tener el ancho y alto comprendidos dentro sus valores según su diámetro y espesor característico de la tubería según norma ASTM 2657. Cabe resaltar que este control no es suficiente garantía de buenas propiedades mecánicas ya que solo es control realizado en obra por personal con experiencia, en el caso de que la unión presente algún defecto, se procederá a cortar los extremos y soldar nuevamente, a continuación, en la Tabla 3 se muestra las fallas más comunes para uniones por termofusión.

Tabla 3 – Labios más comunes en uniones por termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

	Imagen	Definición	Causa
Correcto		Labios redondeados.	Soldadura correcta.
Incorrecto		Los labios son muy estrechos y altos.	Exceso de presión.
		Los labios son muy pequeños.	Presión insuficiente.

		Existencia de una hendidura profunda en el centro de los labios.	Temperatura insuficiente o tiempo de fusión muy prolongado.
		Desalineamiento de los tubos.	Mala alineación de los tubos en el proceso de fusión excediendo el 10% permitido del espesor de la tubería.
		Unión de tuberías de diferente diámetro	Diferentes espesores del área transversal de los tubos.
		Unión de tuberías de diferentes características	Los materiales tienen diferentes temperaturas de fusión.

Fuente: DVS-2202-1, 1989.

2.7.1.2 Prueba de Ultrasonido (END)

Se usa ultrasonido por contacto directo por la técnica de trayectoria por zig – zag, su propósito es verificar la heterogeneidad transversal de la sección soldada a tope, para determinar la existencia de deformaciones en la sección soldada.

2.7.1.3 Ensayo de tracción (ED)

Este ensayo consiste en someter una probeta a tracción para evaluar su ductilidad en una máquina con mordazas de desplazamiento lineal, las probetas deberán tener un ancho de 25 mm y la configuración de la Figura 26, la prueba se tendrá que realizar entre los 20 y 25°C finalmente para espesores menores a 32 mm la prueba se realizará a 150 mm/s y para espesores mayores a 32 mm la velocidad de prueba será de 100 mm/s. la prueba se realiza bajo la norma ASTM F2634, la falla debe de ser dúctil sin existencia de una falla frágil en la interfaz de la unión. (ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015)

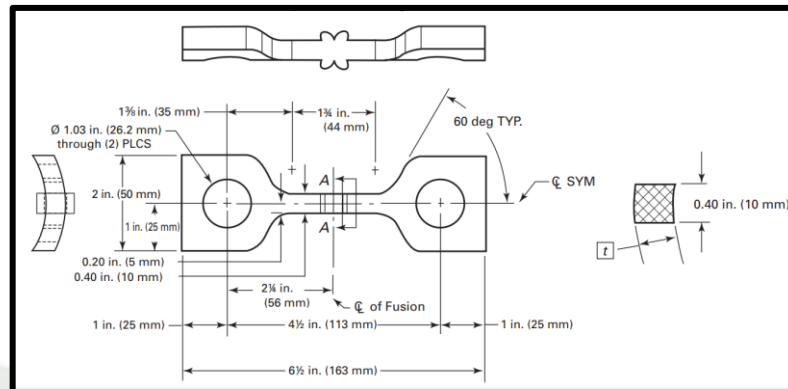


Figura 26 – Configuración de la probeta extraída de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para realizar el ensayo de tracción.

Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

2.7.1.4 Ensayo de flexión (ED)

El ensayo de flexión se realiza para probetas de tuberías de espesores menores a 25 mm y se deberá cortar según la configuración de la Figura 27, la flexión se debe realizar hasta que los extremos entren en contacto entre sí, en un rango de temperatura de 16 a 27°C, la prueba se realiza bajo la norma ASTM F2620, el espécimen no debe presentar grietas o fracturarse en la interfaz de la unión. (ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015)

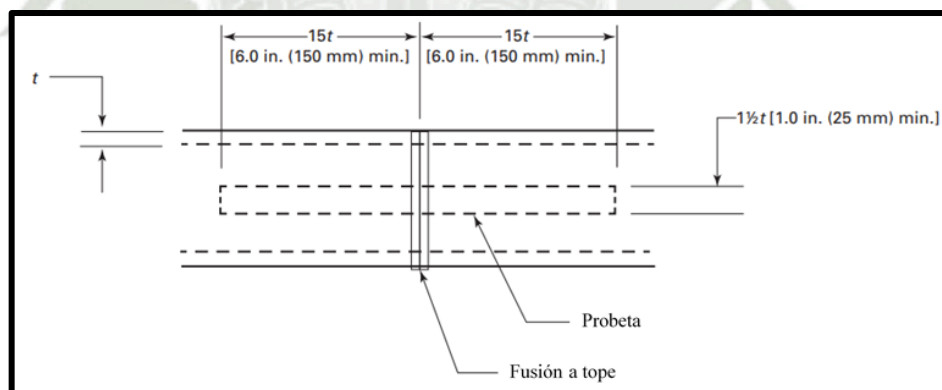


Figura 27 – Medidas del corte longitudinal de las probetas para el ensayo de flexión.

Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

2.7.2 Control de calidad para uniones por electrofusión

Antes de mencionar los diferentes tipos de control de calidad para uniones por electrofusión, mencionaremos los principales factores que influyen en la calidad de la soldadura, los cuales son:

- **Preparación y raspado:** la limpieza y raspado de la tubería es primordial para obtener una fusión correcta, pero exceder el raspado podría crear holgura entre el accesorio y tubo, causando una mala unión.
- **Manejo de los accesorios:** conservar la limpieza de los accesorios es primordial para obtener una soldadura de alta calidad, por eso no se debe sacar el accesorio de su embalaje hasta que se vaya a realizar la soldadura.
- **Delimitación del área de unión:** la delimitación de la longitud que ingresara al accesorio es importante ya que determinara el área de unión con el accesorio.
- **Unión:** durante el proceso de fusión y enfriamiento es importante evitar cualquier tipo de tensión, movimiento o flexión de la tubería.
- **Interrupción por fallo eléctrico:** si se corta la corriente eléctrica se podrá volver a fundir, pero no se deberá mover en absoluto el accesorio o los tubos, se deberá esperar a que enfríe en su totalidad, y proteger la unión de suciedad y humedad.

A continuación, se nombrarán los diferentes tipos de control de calidad que se aplican a uniones por electrofusión.

2.7.2.1 Inspección visual (END)

No existirá evidencia de un sobrecalentamiento de la tubería o el accesorio, la tubería deberá mantener su redondez y el alineamiento, la máquina de electrofusión no debe sufrir alguna modificación de los parámetros durante el proceso de electrofusión, finalmente se harán visibles los testigos como se muestra en la Figura 28.



Figura 28 – Testigos de fin de electrofusión.
Fuente: Registro fotográfico personal

2.7.2.2 Ensayo de peel test (ED)

La configuración del espécimen deberá tener la configuración de la Figura 29, en para luego ser sometida a una fuerza axial a una velocidad de 5mm/min en un rango de temperatura de 20 a 25°C, para especímenes menores a 8 in o 200 mm de diámetro posiblemente se separe en la unión, según la Figura 30 está permitido el desgarre en la tubería o el accesorio hasta un 15% de la zona de calor, todo el procedimiento se encuentra bajo la norma ASTM F1055. (ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015)

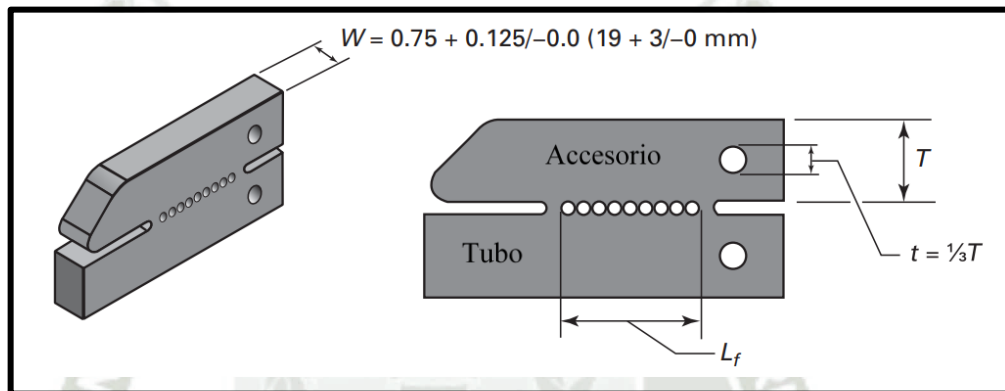


Figura 29 – Dimensiones del espécimen para el ensayo de Peel test.
Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

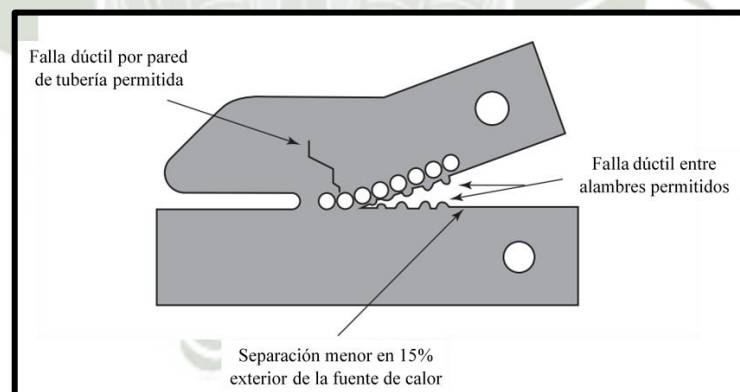


Figura 30 – Resultado aceptable en prueba de Peel test en probetas por electrofusión.
Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

2.7.2.3 Ensayo de crunching test (ED)

El ensayo dependerá del tipo de accesorio que se unió y será realizado a una temperatura de 20 a 25°C, en el caso de ser un accesorio tipo copla esta se cortara a la mitad longitudinalmente y se aplastará en el tubo hasta que sus externos se toquen, en la Figura 31 observaremos la configuración del ensayo y para accesorios tipo silleta el

ensayo tendrá la configuración de la Figura 32 donde las paredes también tendrán que estar en contacto para terminar el ensayo, está permitido la separación del accesorio de la tubería en un 15% de la zona de calor, el procedimiento de estos ensayos está bajo la norma ASTM F1055. (ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015)

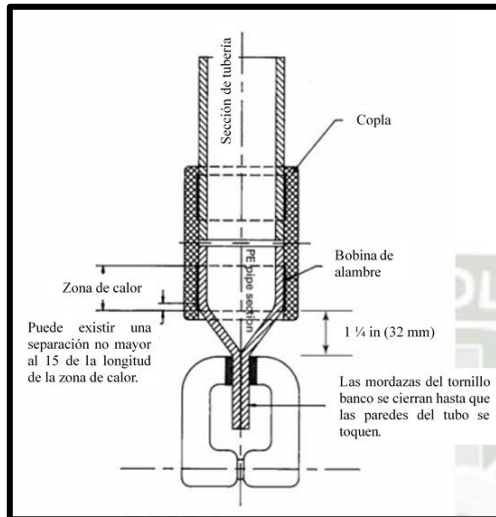


Figura 31 – Ensayo de crunching test para un accesorio tipo copla.

Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

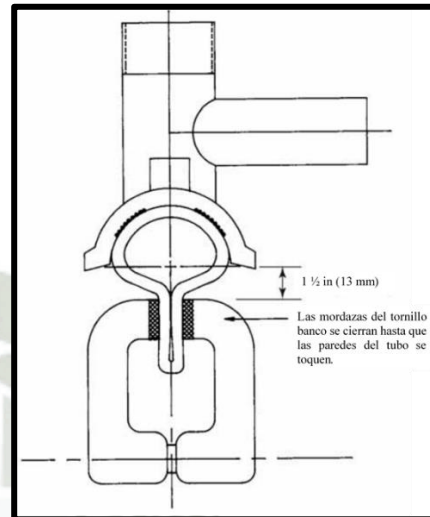


Figura 32 – Ensayo de crunching test para un accesorio tipo silleta.

Fuente: ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, 2015.

2.7.3 Ensayo de resistencia a la presión interior en uniones por termofusión y electrofusión (END)

Este método de ensayo se encuentra bajo la norma ASME B31.1 y consiste en someter una línea de tuberías unidas por termofusión y/o electrofusión a presión hidráulica, sobrepasando sus presiones nominales (PN), por lo que, si esta probeta no sufre ninguna fisura o fuga, la unión se encuentra en perfecto estado.

2.8 Transporte, descarga y almacenamiento de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Para realizar un correcto transporte es importante que el vehículo cuente con una tolva donde la tubería no sobrepase el largo y ancho de esta, usando eslingas de lona para su sujeción a la tolva como se puede mostrar en la Figura 33 tanto para la carga y descarga de tuberías de más de 6" de diámetro de 12 m de largo y los rollos de tuberías menores de 6" de diámetro de 100 m a 150 m de largo es necesario el uso de un camión grúa como en la Figura 34 equipado con una pluma lo suficientemente alta, es importante no golpear

ni tirar las tuberías para no dañar los extremos y así evitar daños que puedan dificultar la soldadura de tuberías.



*Figura 33 – Transporte en camión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Solmax, 2022.*



*Figura 34 – Descarga de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: AM Group, 2022.*

Después de realizar la descarga, el área de almacenamiento debe estar demarcada, las tuberías se apilarán una sobre otra no mayor a 2 m de altura como se observa en la Figura 35, y para rollos de tubería se recomienda almacenar en columnas no más de 3 m de altura, es importante contar con el personal calificado y máquinas en perfectas condiciones para su transporte, descarga y almacenamiento. El transporte de las tuberías para su posterior uso puede ser por maquinaria como excavadora, tractor o montacarga para tuberías de gran tamaño como se muestra en la Figura 36 y para tuberías pequeñas por un grupo de personas.



*Figura 35 – Almacenamiento de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: SGE, 2022.*



*Figura 36 – Transporte de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Cidelsa, 2022.*

2.9 Tubería de Concreto Simple Normalizado (CSN)

2.9.1 Fabricación de los tubos y accesorios de Concreto Simple Normalizado (CSN)

Según PRECONAL (2019). La vida útil de los tubos y accesorios de Concreto Simple Normalizado (CSN) es de 20 a 25 años aproximadamente y su proceso de fabricación es:

- **Mezclado:** se realiza el mezclado homogéneo de agua y cemento con una granulometría específica para cumplir los requerimientos y especificaciones de diseño cumpliendo las pruebas exigidas por la norma ASTM 497M 03a.
- **Conservador geométrico de la espiga:** es un conservador metálico con la finalidad de conservar la geometría del tubo.
- **Colocado del canastillo de acero (refuerzo de acero):** se coloca un refuerzo de acero en el molde
- **Moldeado del tubo de concreto:** se deposita la mezcla en el encofrado de manera continua durante el periodo de vibrado luego se coloca el molde de campana para luego aplicar una presión hidráulica durante 0.5 minutos.
- **Desmolda de tubo de concreto:** luego del moldeado se coloca el conservador geométrico.
- **Colocado del canastillo de transporte y traslado:** para el traslado se usa una canastilla de acero según el diámetro del tubo de concreto.
- **Curado:** se realiza mediante un sistema de saturación con agua mediante pulverizadores y luego ser cubiertos por un plástico para mantener su humedad a una temperatura adecuada.

2.9.2 Aplicaciones y unión de las tuberías de Concreto Simple Normalizado (CSN)

PRECONAL (2019) nos dice que los tubos de concreto tienen una limitada área de aplicación debido a su alto riesgo de fractura, fisura y desgaste con el pasar del tiempo sus aplicaciones más frecuentes son: desagües, drenajes, sistemas de riego y pilares ornamentales

La unión entre los tubos y buzones de concreto se realiza gracias a que los extremos tienen boquillas hembras o machos donde se coloca un aro elástico como en la Figura 37 de tal manera que aseguren la estanquidad, estas juntas no están diseñadas para recibir fluidos a altas temperaturas ni ciertos líquidos residuales de origen químico. (Construmatica, 2008)

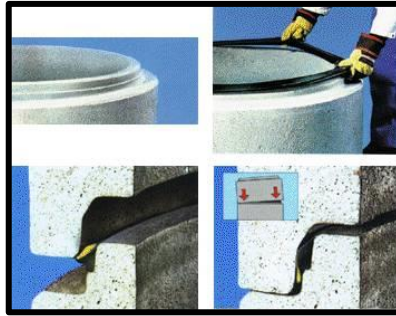


Figura 37 – instalación de aro elástico en tubos de Concreto Simple Normalizado (CSN).
Fuente: Construmatica, 2008.

2.9.3 Control de calidad en tuberías de Concreto Simple Normalizado (CSN)

Los controles de calidad que se realizan durante la instalación de los tubos de concreto son visuales donde se determina la posición de la campana que debe estar en el sentido correcto, y alineados horizontal y verticalmente. (Neris, 2022)

2.10 Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC)

2.10.1 Fabricación de los tubos y accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC)

Según Gómez (2020). La vida útil de los tubos y accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC) es de 30 a 35 años paroximadamente y su proceso de fabricacion es:

- **Extrusión:** el proceso consiste en introducir por un extremo de la extrusora el PVC en polvo o en grano con sus respectivos aditivos, para ser mezclados homogéneamente mientras son fundidos a 140° C por presurización mediante un tornillo.
- **Enfriado y Formado:** luego de la extrusión el tubo es sumergido en una tina de enfriamiento donde el agua está en constante circulación, en esta misma tina se encuentra el formado que le dará la dimensión requerida al tubo.
- **Corte:** al salir de la tina de enfriamiento los tubos son cortados con sierras de mano o eléctricas en función de las especificaciones del producto, la longitud estándar es de 6 metros.

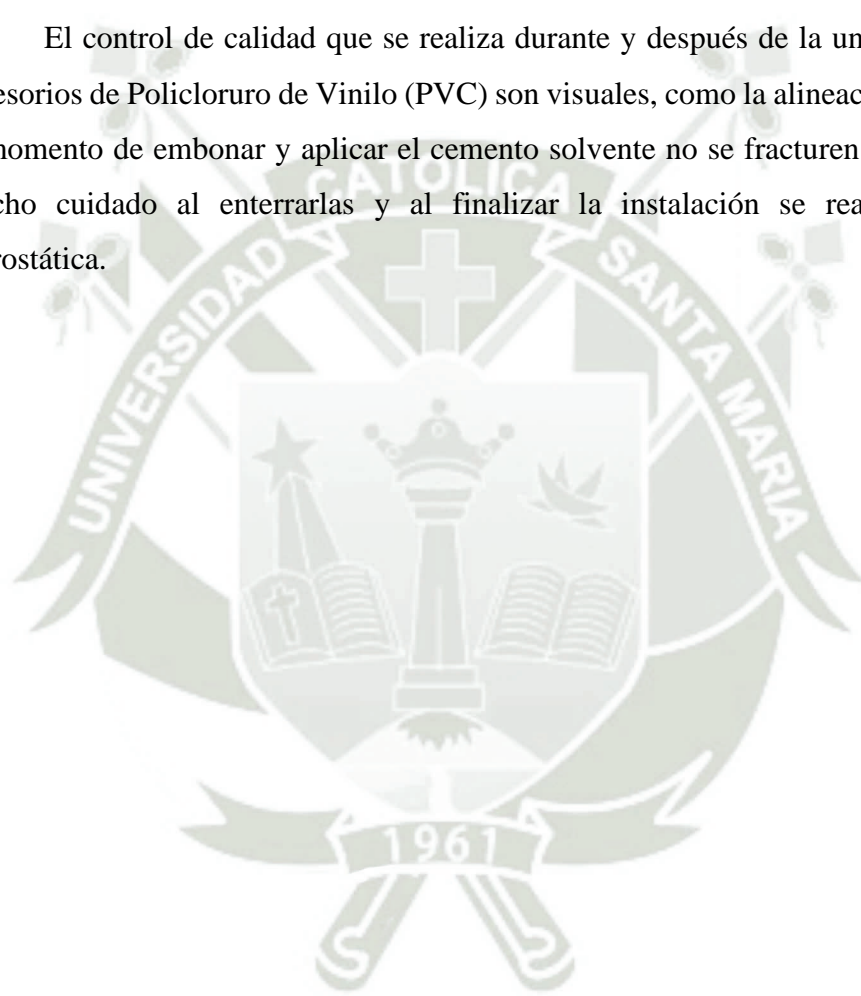
2.10.2 Aplicaciones y unión de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

La gran versatilidad de los tubos de Policloruro de Vinilo, han permitido adaptarse y diferentes aplicación y exigencias como: distribución de agua potable y alcantarillado, canales para riego, canalización eléctrica, aplicaciones alimentarias y médicas.

Para realizar la unión de tuberías y accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC) existen tres tipos de uniones los cuales son; unión por bridas locas, unión por abrazaderas y por ultimo y el más frecuente es la unión con cemento solvente cuya reacción química en el Policloruro de Vinilo (PVC) provocan que los dos tubos se pueden soldar entre sí. (Gómez et al., 2020)

2.10.3 Control de calidad en tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

El control de calidad que se realiza durante y después de la unión de tuberías y accesorios de Policloruro de Vinilo (PVC) son visuales, como la alineación, observar que al momento de embonar y aplicar el cemento solvente no se fracturen o fisuren y tener mucho cuidado al enterrarlas y al finalizar la instalación se realiza una prueba hidrostática.



Capítulo III. Sistema existente de agua potable y alcantarillado

3.1 Situación actual del agua potable en Arequipa Metropolitana

3.1.1 Fuentes de agua potable en Arequipa Metropolitana

Como principales fuentes de agua tenemos el río Chili con 88.4% y el manantial de La Bedoya con 8.3 % de agua captada, la captación de agua total es de 2,260 l/s

3.1.2 Sistema de agua potable en Arequipa Metropolitana

Según Cueva López (2021) Arequipa Metropolitana cuenta con 84 reservorios operativos con la capacidad de almacenar 115,590 m³ de agua provenientes de las plantas potabilizadoras para alimentar las redes primarias, en la actualidad el sistema de conducción de agua potable es por gravedad con un 82% y por bombeo con un 18%.

Las redes primarias de agua potable constan de 243.4 km con tuberías de 4 in a 8 in de diámetro, mientras que para las líneas secundarias de agua potable está constituida por 2,435.7 km con tuberías de 3 in a 4 in de diámetro, a continuación, en la Figura 38 se presentara el esquema existente de agua potable.



Figura 38 – Esquema existente de agua potable en Arequipa Metropolitana.
Fuente: Cueva López, 2021.

3.2 Situación actual del alcantarillado en Arequipa Metropolitana

3.2.1 Colectores

El alcantarillado en Arequipa Metropolitana solo está diseñado para recolectar desagüe doméstico, por lo tanto, en época de lluvia el sistema de desagua colapsa, la red de colectores primarios está constituida por 160.3 km de tuberías de distintos materiales como hormigón y PVC, con diámetros entre 8 in a 30 in de diámetro contando con 3,223 buzones de inspección, mientras que la red de colectores secundarios está constituida por

2 209.4 km de tuberías con diámetros entre 4 in a 20 in de diámetro contando con 43,885 buzones de inspección. (Cueva López, 2021)

3.2.2 Tratamiento de aguas servidas

Las aguas servidas son recolectadas y tratadas en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de La Escalerilla diseñada para un caudal de 260 l/s y La Enlozada de 2,100 l/s, pero en la actualidad La Escalerilla trata 60 l/s y La Enlozada 1,434 l/s, por lo tanto, tenemos un caudal de tratamiento de aguas servidas de 1 494 l/s en Arequipa Metropolitana. (Cueva López, 2021). A continuación, en la Figura 39 se presentará el esquema existente de agua potable.

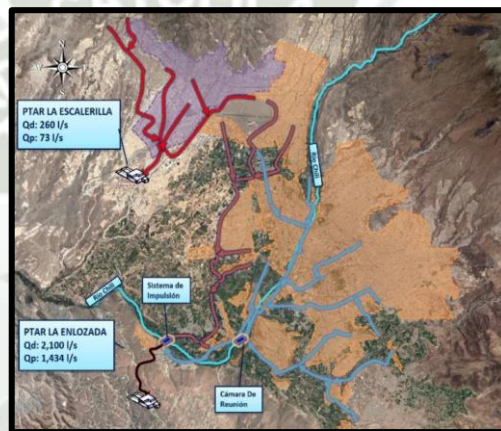


Figura 39 - Esquema existente de alcantarillado en Arequipa Metropolitana.

Fuente: Cueva López, 2021.

3.3 Cobertura del agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana

En Arequipa Metropolitana se estima que la cobertura de agua potable es para 1,068,537 habitantes con 269,512 conexiones, mientras que el alcantarillado es para 1 000 570 habitantes con 252,042 conexiones. (Cueva López, 2021)

3.4 Principales problemas

En la actualidad el problema que existe en el sistema de agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana es que el 43% de las redes de distribución de agua potable y el 94% de las redes de alcantarillado tiene una antigüedad de más de 20 años, de los cuales los materiales para las conexiones más antiguas son de hormigón, asbesto y hierro fundido, y las más modernas son de PVC, en el Gráfico 1 observaremos el porcentaje de antigüedad de las líneas de agua potable y en el Gráfico 2 observaremos

el porcentaje de antigüedad de los colectores de alcantarillado en Arequipa Metropolitana.
(Cueva López, 2021)

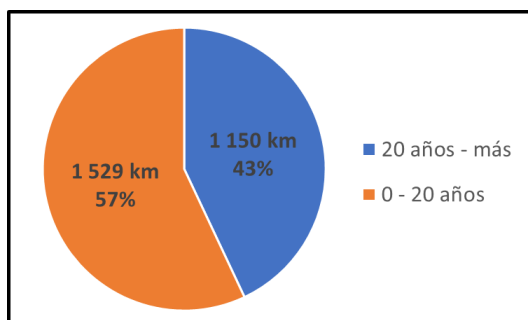


Gráfico 1 – Antigüedad de las redes de distribución de agua potable.

Fuente: Cueva López, 2021.

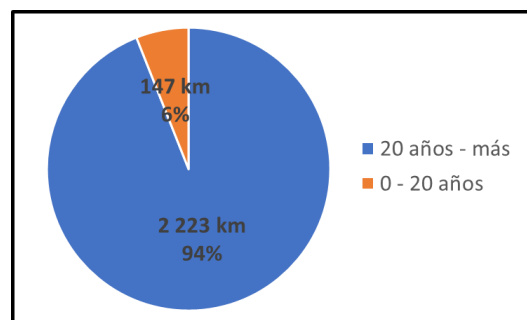


Gráfico 2 – Antigüedad de los colectores de alcantarillado.

Fuente: Cueva López, 2021.

Esta antigüedad genera un incremento en la pésima funcionalidad operativa de los servicios, a continuación, en el Gráfico 3 se detalla el número de roturas de las redes de agua potable y en el Gráfico 4 el número de atoros en las alcantarillas en Arequipa Metropolitana.

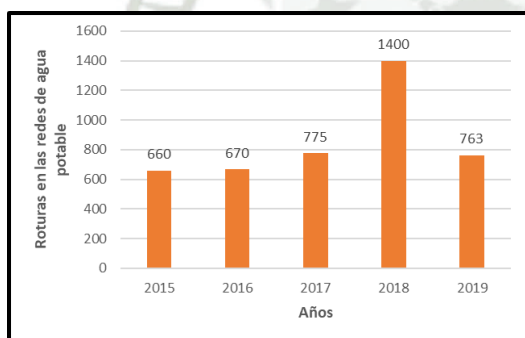


Gráfico 3 – Número de roturas en las redes de agua potable entre los años 2015 y 2019 en Arequipa Metropolitana.

Fuente: Cueva López, 2021.

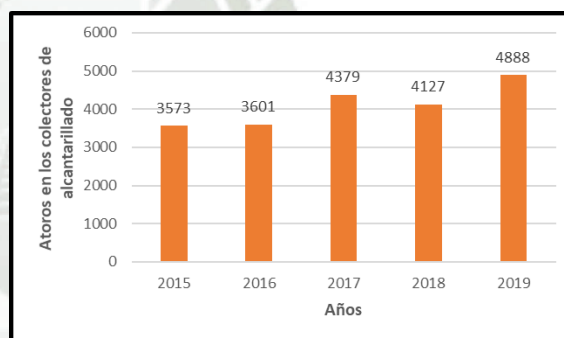


Gráfico 4 – Número de atoros en las redes de alcantarillado entre los años 2015 y 2019 en Arequipa Metropolitana.

Fuente: Cueva López, 2021.

En la actualidad a las fracturas, rajaduras, atoramientos se realiza mantenimiento correctivo, estas soluciones se realizan en tiempos razonables, pero no son del todo eficientes debido a que no existe un control de calidad para reparaciones, o unión de tuberías de hormigón, hierro fundido y PVC.

Capítulo IV. Ingeniería de proyecto

4.1 Ubicación y extensión territorial

Con una extensión de 63,345 km² el departamento de Arequipa se encuentra geográficamente al suroeste del Perú, con un litoral de 528 km, y geográficamente se localiza entre los paralelos 14°36'06'' y 17°17'54'' de latitud sur y entre los meridianos 71°59'39'' y 75°5'52'' de longitud oeste. Limitando con Ayacucho, Apurímac y Cuzco por el norte, con Puno por el este, con Moquegua por el sureste, con el Océano Pacífico por el Oeste y con Ica por el noreste, políticamente se encuentra dividido en 8 provincias y 109 distritos, este proyecto de tesis está enfocado en Arequipa Metropolitana

4.2 Población

En el 2017 el Censo Nacional de Población y Vivienda determinó que la Región de Arequipa tiene 1,382,730 habitantes que representan el 4.7% de la población nacional, la Región de Arequipa registro una tasa de crecimiento de 1.8% anual entre los años 2007 y 2017 como se observa en la Figura 40. (SUNASS, 2021)

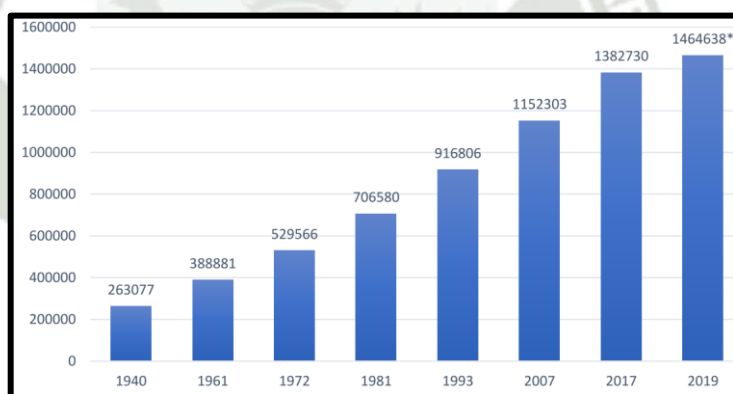


Figura 40 – Población Censada entre los años 1940 y 2019 por ENEI.
Fuente: SUNASS, 2021.

Según SUNASS (2021) el flujo migratorio encabezado por personas residentes de Puno, Cuzco y Lima es debido a que Arequipa Metropolitana tiene una gran capacidad productiva gracias a su disponibilidad hídrica, recursos naturales, productos agrícolas, y desarrollo de proyectos mineros. Por lo tanto, el incremento de viviendas en Arequipa Metropolitana es directamente proporcional.

4.3 Peligros

Es de conocimiento que el volcán Misti se encuentra en actividad ubicado en Arequipa Metropolitana y otros volcanes a los alrededores como Chachani, Pichu Pichu,

Ubinas y Sabancaya, por lo tanto Arequipa Metropolitana se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona de gran actividad sísmica y propenso a diferentes fenómenos naturales como; sismos, erupciones volcánicas, derrumbes, heladas e inundaciones, donde las inundaciones junto a los sismos tienen un efecto directo en la continuidad de un funcionamiento correcto del sistema de agua potable y alcantarillado deteriorando su infraestructura en Arequipa Metropolitana

4.4 Estado de los servicios de agua potable y alcantarillado

En su mayoría las fuentes de agua que abastecen Arequipa Metropolitana son subterráneas como: manantiales, pozos, quebradas, canales etc.

SUNASS (2021) nos dice que Arequipa Metropolitana cuenta con una cobertura de agua en hogares con un abastecimiento de agua de red pública de 95.5% y una cobertura de alcantarillado de 89.1% en el año 2019 y para el año 2020 se destinó un presupuesto de 99,947,710 soles para el sector saneamiento, en la Tabla se indicará algunos proyectos de prioridad.

#	Proyecto	Ubicación
1	Instalación de redes de agua y desagüe de la asociación de vivienda Industrial Del Sur.	Sachaca – Arequipa – Arequipa
2	Mejoramiento del servicio del sistema de agua y alcantarillado en los 07 asentamientos humanos del sector de Umapalca.	Sabandía – Arequipa – Arequipa.
3	Mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua y alcantarillado.	Yarabamba – Arequipa – Arequipa.
4	Reparación del abastecimiento de agua y desagüe; en la localidad de Tiabaya.	Tiabaya – Arequipa – Arequipa.
5	Creación del servicio de agua y alcantarillado en los centros poblados de Secocha y Urasqui.	Camaná – Camaná – Arequipa.
6	Mejoramiento del servicio de agua y desagüe en el P.J. Nazareno, Pan De Azúcar y Ampliación Cerro Verde.	Uchumayo – Arequipa – Arequipa.

Fuente: SUNASS, 2021.

4.5 Plan de acción

Para este proyecto de tesis se tomará como base el expediente técnico: “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y

ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA”

Concretado en el año 2016 a cargo del ingeniero Teves Esquivel Oscar, que consistió en instalar tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) para la red de agua potable y desagüe, la zona de estudio tiene una extensión de 4 743.00 m² como se muestra en la Figura 41 con una población de 225 habitantes donde se instaló 318.90 m de tubería para el sistema de agua potable y 285.54 m de tubería para el sistema de alcantarillado ambas de Policloruro de Vinilo (PVC) para el beneficio de 27 familias, el plazo para la ejecución de la obra fue de 60 días calendario con un presupuesto de 220,002.43 soles que incluye mano de obra, materiales, equipos, herramientas, gastos generales, utilidades y dirección técnica. (Teves Esquivel, 2015c)



Figura 41 – Ubicación satelital de la Asociación de Vivienda Santa Catalina.
Fuente: Google Maps, 2022.

4.5.1 Sistema de agua potable

Se instaló 318.90 m de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro y 27 conexiones domiciliarias, la línea fue empalmada a una red existente en la Asociación de Vivienda Virgen de Copacabana, para más detalles del sistema de agua potable revisar Anexo 3. En la Tabla 4 se especifica los suministros que se necesitaron para la instalación completa del sistema de agua potable de Policloruro de Vinilo (PVC) y hierro.

Tabla 4 – Suministros para la red de agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.

Accesorio	Material	Cantidad
Codo de 90°	Hierro Dúctil	01
Codo de 22.5°	Hierro Dúctil	04

Conexiones Domiciliarias	PVC	27
Empalme	Hierro Dúctil	01
Grifo Contra Incendios	Hierro Dúctil	01
Tapón	PVC	02
Tee	Hierro Dúctil	03
Tubería de 110 mm	PVC	318.90 m
Válvula Compuerta	Hierro Dúctil	03

Fuente: Teves Esquivel, 2015.

Ya que la unión es por espiga con anillo de caucho existe la posibilidad de fracturas o que se desconecte la línea de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) con los accesorios de hierro dúctil, por eso fue necesario implementar bloques de anclaje en las uniones como se muestra en la Figura 42, debido a que se genera un golpe de ariete cada vez que existe un cambio de dirección, apertura y cierre de válvulas, paradas o partidas en bombas.



Figura 42 – Bloque de anclaje para la unión de accesorios y tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y hormigón.

Fuente: TRAXCO, 2016.

4.5.2 Sistema de alcantarillado

Se instaló 285.54 m de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 200 mm de diámetro y 27 conexiones domiciliarias, la red de desagüe se empalmo al buzón existente en la avenida N° 1 que conduce las aguas servidas a un emisor existente de las Esmeraldas, para más detalles del sistema de agua potable revisar Anexo 4. En la Tabla N 5 se especifica los suministros que se necesitaron para la instalación completa del sistema de alcantarillado de Policloruro de Vinilo (PVC).

Tabla 5 - Suministros para la red de alcantarillado en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.

Accesorio	Material	Cantidad
-----------	----------	----------

Buzón	Hormigón	07
Conexiones Domiciliarias	PVC	27
Tubería de 200 mm	PVC	285.54 m

Fuente: Teves Esquivel, 2015.

4.6 Comparación de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Para realizar la comparación de estos materiales se mantendrán los diámetros en el sistema de agua potable y alcantarillado, en el caso del sistema de agua potable las tuberías de Polietileno de Alta Densidad mantendrán el mismo diámetro, pero se buscará una mejora en cuanto a resistencia hidrostática ya que este sistema estará expuesto a sufrir sobre presiones, entonces escogeremos tuberías de SDR 11.

Mientras que para el sistema de alcantarillado se mantendrá el diámetro y se escogerá una tubería con presiones similares de SDR 17 ya que la exposición a sobrepresiones es en temporadas muy cortas y trabajan por gravedad.

En la Tabla 6 se realizó la comparación de las características de las tuberías equivalentes para las líneas principales y secundarias del sistema de agua potable y alcantarillado que fueron extraídas de diferentes catálogos.

Tabla 6 – Comparación de las características de las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para las líneas principales y secundarias del sistema de agua potable y alcantarillado

Para la línea principal de del sistema de agua potable

El diámetro escogido para esta línea es de 110 mm, en la Figura 43 se señala la selección de la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y en la Figura 44 su equivalente en tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para luego realizar su comparación.

C-10 / S-10 (10 kg/cm ² - 10 bares - 150 lb/pulg ²)						
CÓDIGO	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (kg)
TUB153	63	63,00	3,00	57,00	6,00	5,07
TUB154	75	75,00	3,60	67,80	6,00	7,26
TUB155	90	90,00	4,30	81,40	6,00	10,43
TUB156	110	110,00	5,30	99,40	6,00	15,70
TUB157	140	140,00	6,70	126,60	6,00	25,35
TUB158	160	160,00	7,70	144,60	6,00	33,34

Figura 43 - Características de la tubería de 110 mm de diámetro C-10 NTP – ISO 1452 de Policloruro de Vinilo (PVC).
Fuente: JORVEX, 2020.

		SDR 33 (S16)	SDR 26 (S12.5)	SDR 21 (S10)	SDR 17 (S8)	SDR 13.6 (S6.3)	SDR 11 (S5)	SE (t)
		Presión Nominal						
PE-80	equiv.	4.0 bar	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar	12.5 bar	16.0
PE-100	equiv.	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar	12.5 bar	16.0 bar	20.0
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)
20	1/2	-	-	-	-	2.0	0.12	2.3
25	3/4	-	-	-	-	2.0	0.148	3.0
32	1	-	-	-	2.0	0.2	0.23	3.6
40	1-1/4	-	-	2.0	0.245	2.4	0.29	4.5
50	1-1/2	-	2.0	0.31	2.4	0.357	3.0	0.59
63	2-00	-	2.5	0.49	3.0	0.570	3.8	0.72
75	2-1/2	-	2.9	0.67	3.6	0.819	4.5	1.02
90	3	-	3.5	0.97	4.3	1.170	5.4	1.47
110	4	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18
160	6	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56
200	8	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12

Figura 44 – Características de la tubería de 110 mm de diámetro SDR 11 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Cidelsa, 2022.

Tipo de tubería	Policloruro de Vinilo (PVC)	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
Diámetro Nominal	110 mm	110 mm
Espesor	5.3 mm	10 mm
Presión de Trabajo	10 bar	16 bar
Peso promedio por Metro Lineal	2.62 kg/ml	3.18 kg/ml
Longitud del tubo	6 m	12 m o rollos de 100 m
Para las conexiones domiciliarias del sistema de agua potable		

Para las conexiones domiciliarias se instaló un diámetro de 1/2 in en la Figura 45 se señala la selección de la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y en la Figura 46 se señala la selección de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para luego realizar su comparación.

PN - 10 (150 Lbs)						
Ø Diam. Nominal (Pulgada)	Ø ext. (Mm)	CÓDIGO	Longitud (m.)	e (mm)	Ø int. (mm)	PESO (Kgs)
1/2	21.00	TUB034	5.00	1.80	17.40	0.783
3/4	26.50	TUB035	5.00	1.80	22.90	1.007
1	33.00	TUB036	5.00	1.80	29.40	1.273
1 1/4	42.00	TUB037	5.00	2.00	38.00	1.813
1 1/2	48.00	TUB038	5.00	2.30	43.40	2.382
2	60.00	TUB039	5.00	2.90	54.20	3.752

Figura 45 – Características de la tubería de 1/2 in de diámetro C-10 NTP 399.166 de Policloruro de Vinilo (PVC).
Fuente: Jorvex, 2020.

		SDR 33 (S16)	SDR 13.6 (S6.3)	SDR 11 (S5)	SE (t)		
PE-80	equiv.	4.0 bar	10.0 bar	12.5 bar	16.0		
PE-100	equiv.	5.0 bar	12.5 bar	16.0 bar	20.0		
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml
20	1/2	-	-	2.0	0.12	2.3	
25	3/4	-	-	2.0	0.148	3.0	
32	1	-	-	2.4	0.23	3.6	
40	1-1/4	-	-	3.0	0.36	4.5	

Figura 46 – Características de la tubería de 1/2 in de diámetro SDR 11 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Cidelsa, 2022.

Tipo de tubería	Policloruro de Vinilo (PVC)	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
Diámetro Nominal	1/2 in	1/2 in

Espesor	1.8 mm	2.0 mm
Presión de Trabajo	10 bar	16 bar
Peso promedio por Metro Lineal	0.16 kg/ml	0.12 kg/ml
Longitud del tubo	5 m	12 m o rollos de 100 m

Para la línea principal de del sistema de alcantarillado

Para el sistema de alcantarillado principal se ha seleccionado un diámetro de 200 mm en la Figura 47 se señala la selección de la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y en la Figura 48 su equivalente en tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para luego realizar su comparación.

CÓDIGO	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (Kgs)
TUB219	110	110.00	3.20	103.60	6.00	9.08
TUB221	160	160.00	4.00	152.00	6.00	17.74
TUB222	200	200.00	4.90	190.20	6.00	27.26
TUB223	250	250.00	6.20	237.60	6.00	43.11
TUB224	315	315.00	7.70	299.60	6.00	67.59

Figura 47 – Características de la tubería de 200 mm de diámetro S-20 NTP – ISO 4435 de Policloruro de Vinilo (PVC).
Fuente: Jorvex, 2020.

		SDR 33 (S16)	SDR 26 (S12.5)	SDR 21 (S10)	SDR 17 (S8)	SDR 11 (S5)			
		Presión Nominal							
		4.0 bar	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar			
		5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar	12.5 bar			
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e min. (mm)	Peso prom. (Kg/ml)	e min. (mm)	Peso prom. (Kg/ml)	e min. (mm)	Peso prom. (Kg/ml)		
110	4	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1
160	6	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8
200	8	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12	14.7
250	10	-	9.6	7.37	11.9	9.02	14.8	11.06	18.4
280	11	-	10.7	9.19	13.4	11.38	16.6	13.90	20.6

Figura 48 – Características de la tubería de 200 mm de diámetro SDR 17 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Cidelsa, 2022.

Tipo de tubería	Policloruro de Vinilo (PVC)	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
Diámetro Nominal	200 mm	200 mm
Espesor	4.9 mm	11.9 mm
Presión de Trabajo	5 bar	10 bar
Peso promedio por Metro Lineal	4.54 kg/ml	7.12 kg/ml
Longitud del tubo	5 m	12 m

Para las conexiones domiciliarias del sistema de alcantarillado

Para el sistema de alcantarillado domiciliario se escogió un diámetro de 160 mm en la Figura 49 se señala la selección de la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y en la Figura 50 su equivalente en tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para luego realizar su comparación.

SN 2 / SDR 51 (S-25 2 KN/m ² - 4kg/cm ²)						
CÓDIGO	DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPESOR PARED (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (Kgs)
TUB215	160	160.00	3.20	153.60	6.00	14.26
TUB216	200	200.00	3.90	192.20	6.00	21.81
TUB217	250	250.00	4.90	240.20	6.00	34.25

Figura 49 – Características de la tubería de 160 mm de diámetro S-25 NTP – ISO 4435 de Policloruro de Vinilo (PVC).
Fuente: Jorvex, 2020.

		SDR 33 (S16)	SDR 26 (S12.5)	SDR 21 (S10)	SDR 17 (S8)	SDR 11 (S5)			
		Presión Nominal							
		4.0 bar	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0			
		5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar	12.5			
PE-80	equiv.	4.0 bar	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0			
PE-100	equiv.	5.0 bar	6.0 bar	8.0 bar	10.0 bar	12.5			
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e min. (mm)	Peso prom. Kg/ml
90	3	-	3.5	0.97	4.3	1.170	5.4	1.47	6.7
110	4	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1
160	6	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8
200	8	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12	14.7
250	10	-	9.6	7.37	11.9	9.02	14.8	11.06	18.4

Figura 50 – Características de la tubería de 160 mm de diámetro SDR 17 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Cidelsa, 2022.

Tipo de tubería	Policloruro de Vinilo (PVC)	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
Diámetro Nominal	160 mm	160 mm
Espesor	3.2 mm	9.5 mm
Presión de Trabajo	4 bar	10 bar
Peso promedio por Metro Lineal	2.37 kg/ml	4.56 kg/ml
Longitud del tubo	6 m	12 m
Para los buzones de hormigón (CSN) en el sistema de alcantarillado		

En el caso de los buzones en la Figura 51 se observan que sus dimensiones de construcción son de 1.60 metros de ancho con paredes de 20 cm de espesor y menor a 3 metros de largo y en la Figura 52 su equivalente en tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para luego realizar su comparación.

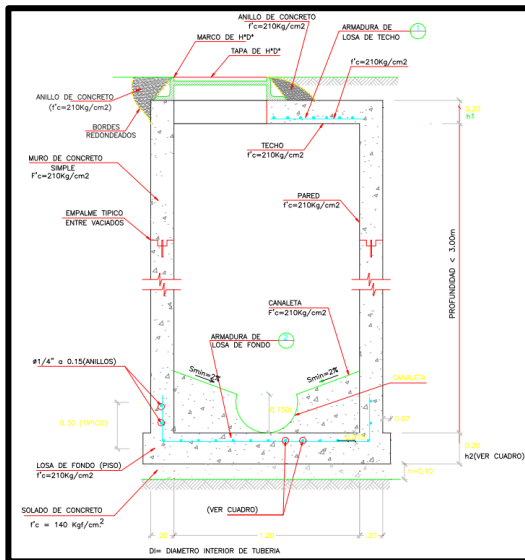


Figura 51 – Detalles de construcción del buzón de hormigón (CSN) para alcantarilla.
Fuente: Expediente Técnico Santa Catalina, 2016.

PE100	SDR 21 PN 8		SDR 26 PN 6		SDR 33 PN 5		SDR 41 PN 4	
Díámetro Nominal (mm.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)	Espesor (mm.)	Peso (kg/m.)
16	---	---	---	---	---	---	---	---
20	---	---	---	---	---	---	---	---
25	---	---	---	---	---	---	---	---
32	---	---	---	---	---	---	---	---
40	2.00	0.25	---	---	---	---	---	---
50	2.40	0.37	2.00	0.31	---	---	---	---
63	3.00	0.58	2.50	0.49	---	---	---	---
75	3.60	0.83	2.90	0.67	---	---	---	---
90	4.30	1.19	3.50	0.98	---	---	---	---
110	5.30	1.78	4.20	1.43	---	---	---	---
125	6.00	2.28	4.80	1.85	---	---	---	---
140	6.70	2.85	5.40	2.33	---	---	---	---
160	7.70	3.74	6.20	3.06	---	---	---	---
180	8.60	4.70	6.90	3.81	---	---	---	---
200	9.60	5.82	7.70	4.72	---	---	---	---
225	10.80	7.35	8.60	5.93	---	---	---	---
250	11.90	8.99	9.60	7.35	---	---	---	---
280	13.40	11.36	10.70	9.17	---	---	---	---
315	15.00	14.27	12.10	11.68	9.70	9.43	7.70	7.55
355	16.90	18.12	13.60	14.76	10.90	11.93	8.70	9.61
400	19.10	23.11	15.30	18.72	12.30	15.19	9.80	12.18
450	21.50	29.22	17.20	23.66	13.80	19.13	11.00	15.35
500	23.90	36.06	19.10	29.19	15.30	23.59	12.30	19.11
560	26.70	45.13	21.40	36.59	17.20	29.69	13.70	23.80
630	30.00	57.01	24.10	46.36	19.30	37.46	15.40	30.11
710	33.90	72.70	27.20	59.03	21.80	47.68	17.40	38.38
800	38.10	92.15	30.60	74.76	24.50	60.40	19.60	48.66
900	42.90	116.59	34.40	94.93	27.60	76.50	22.00	61.38
1000	47.70	144.04	38.20	116.67	30.60	93.80	24.50	76.00
1200	57.20	207.33	45.90	168.04	36.70	135.55	29.40	109.40

Figura 52 – Características de la tubería de 1200 mm de diámetro SDR 41 PE 100 NTP – ISO 4427 de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Tigre, 2015.

Tipo de tubería	Hormigón (CSN)	Polietileno de Alta Densidad (HDPE)
Díámetro Nominal	1200 mm	1200 mm
Espesor	200 mm	29.40 mm
Presión de Trabajo	-----	4 bar
Peso promedio por Metro Lineal	900 a 1000 kg/ml	109.4 kg/ml
Longitud del tubo	1.5 a 2.0 m	12 m

Fuente: Elaboracion propia y screen shots de catalogos de tuberias

Capítulo V. Simulación de aplicación

En este capítulo se elaborará una línea de prueba con tuberías de 110 mm SDR 11 que simulará la unión de tuberías por termofusión y/o electrofusión de un sistema de agua potable como de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), en la Tabla 7 se señalará todas las herramientas y/o equipos que se utilizaron en este capítulo.

Tabla 7 – Lista de herramientas o equipos

Herramienta o Equipo	Función	Herramienta o Equipo	Función
Sierra Caladora	Corte	Data Logger 6	Calibración y reporte
Tiralinea	Marcado	McElroy DL6c	Revisión
Corrector	Marcado	McElroy Rolling 28	Termofusión
Wincha	Medición	Cizalla trinquete	Corte
Tornillo de banco	Sujeción	Elektra 400	Electrofusión
Geomembrana de 1 mm de espesor	Marcado	Lectora infrarroja o scanner	Lectura de código de barras
Llave francesa	Ajuste	Raspador	Corte
Llave mixta	Ajuste	Chicharra	Ajuste
Cinta teflón de 1/2 in	Sellado	Esmeril de 4 in	Corte y desbaste
Pirómetro	Medición térmica	Weldplast S1 -Leister	Extrusión
App McElroy McCalc	Calibración	Máquina de desplazamiento vertical (UCSM)	Ensayo de tracción y peel test

Fuente: Elaboración Propia.

5.1 Aplicación para la red de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Se fabricará una línea de pruebas para establecer lo tan eficiente que es instalar una red de agua potable y/o alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11 como se muestra en la Figura 53, revisar Anexo 5 para más detalles.

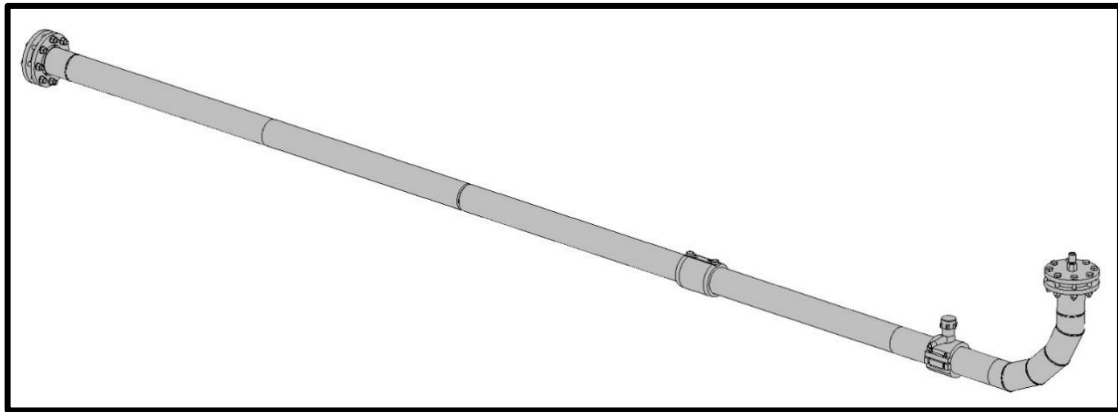


Figura 53 – Vista 3D de la línea de pruebas que se fabricara con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Fuente: Elaboración Propia en Autodesk Inventor.

Para concretar esta prueba y cumplir con todos los controles de calidad que se necesiten realizar a lo largo de esta simulación se ejecutara los siguientes procedimientos:

1. Suministro de tuberías y preparación de probetas.
2. Preparación de gajos de tubería para la fabricación de codos
3. Preparación de bridas ciegas o tapas para la prueba hidrostática
4. Calibración de la máquina de termofusión
5. Termofusión de codo y tuberías
6. Calibración de la máquina de electrofusión
7. Electrofusión de accesorios
8. Calibración de la máquina de extrusión
9. Unión por extrusión de las tuberías
10. Control de calidad

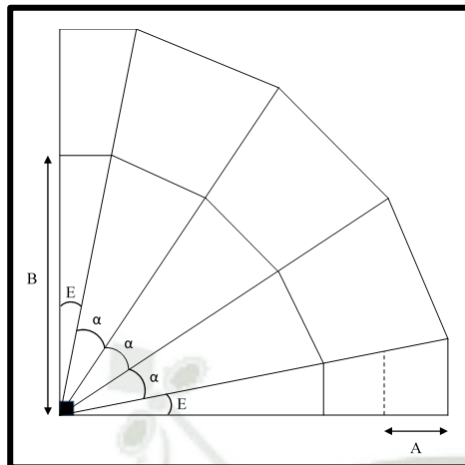
A continuación, se empezará a describir cada procedimiento que se realizó para la fabricación de la línea de pruebas de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

5.1.1 Suministro de tuberías y preparación de probetas.

En este procedimiento se adquirió la tubería de 110 mm SDR 11 de 12 m para cortar secciones de 3 m, 80cm y dos de 1 m, una de las secciones de 1 m se utilizará para la fabricación de un codo de 90°.

5.1.2 Preparación de gajos de tubería para la fabricación de codos

Para la fabricación del codo de 90° el cual se fabricará a partir de gajos extraídos de la tubería de 110 mm, por lo tanto, las variables necesarias para la fabricación del codo podemos observarlas en la Figura 54 a partir de las fórmulas [1], [2] y [3].



$$L_n = (B - \cos(\theta) \cdot A) \cdot \tan(E) \quad [1]$$

$$E = \frac{C}{D \cdot 2 - 2} \quad [2]$$

$$\alpha = E \cdot 2 \quad [3]$$

Figura 54 – Variables para la fabricación de codos de 0 a 180°

Fuente: Elaboración propia – AutoCAD

Donde:

L_n : longitud de la línea [mm]

A: Radio exterior [mm]

B: Avance del codo (tiene que ser mayor en 1.5 al radio exterior) [mm]

C: Grados del codo [0° – 180°]

D: Numero de gajos

E: Grados de segmento menor

α : Grado para cada longitud de línea

Para la fabricación del codo se definieron los siguientes datos: radio exterior de 59.68 mm, avance del codo de 310 mm, codo de 90°, fabricado a partir de 5 gajos y el tubo será dividido en 12 partes, por lo tanto, al remplazar los datos en la fórmula [2] se determinará el ángulo de los segmentos menores y en la fórmula [3] el salto de grado para cada longitud de línea según el número de divisiones que se desea hacer:

$$E = \frac{90^\circ}{5 \cdot 2 - 2}$$

$$E = 11.25^\circ$$

$$\alpha = 11.25^\circ \cdot 2$$

$$\alpha = 22.5^\circ$$

En la Tabla 8 se remplazará todo en la fórmula [1] para hallar las longitudes de cada línea variando el ángulo θ de 0 a 360° de 30 en 30 determinado en la fórmula número [3].

Tabla 8 – Valores de las longitudes para realizar los gajos.

Formula principal		$L_{1-13} = (310 - \cos(\theta) \cdot 59.68) \cdot \tan(11.25)$			
#	Angulo [α]	Longitud [mm]	#	Angulo [α]	Longitud [mm]
L ₁	0	49.79	L ₈	210	71.94
L ₂	30	51.38	L ₉	240	67.60
L ₃	60	55.73	L ₁₀	270	61.66
L ₄	90	61.66	L ₁₁	300	55.73
L ₅	120	67.60	L ₁₂	330	51.38
L ₆	150	71.94	L ₁₃	360	49.79
L ₇	180	73.53			

Fuente: Elaboracion Propia.

Ya con las longitudes determinadas para cada línea se dibujó el codo como se muestra en la Figura 55, la plantilla tendrá 346 mm de largo que representa el perímetro de la tubería el cual será dividido en 12 partes iguales, entonces como se observa en la Figura 56 tendremos el dibujo final que nos permitirá realizar una plantilla la fabricación del codo de 90° de 110 mm de diámetro.

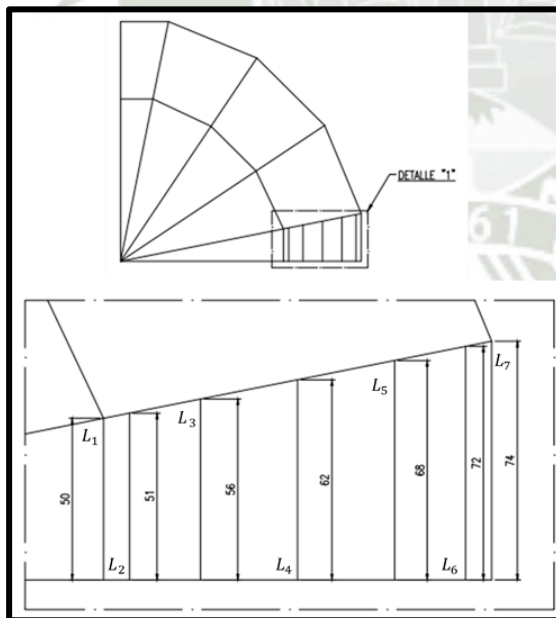


Figura 55 – Longitud de línea 1 a línea 7 para la fabricación de codo de 90° con 5 gajos.
Fuente: Elaboración propia – AutoCAD

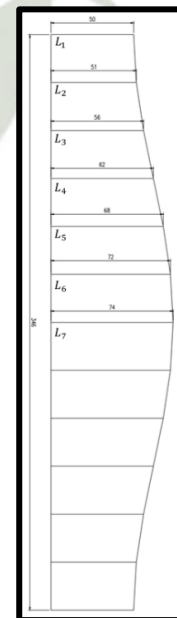


Figura 56 – Dibujo final para la fabricación de un codo de 90° con 5 gajos de 110 mm de diámetro.
Fuente: Elaboración propia – AutoCAD

Finalmente, las medidas halladas de L_1 a L_{13} serán calcadas en una geomembrana como se ve en la Figura 57 para poder trazar alrededor del tubo de 110 mm, cabe resaltar que plantilla está diseñada para los gajos de los extremos, mientras que los gajos restantes serán trazados a partir del doble de la plantilla, en la Figura 58 observamos los gajos ya cortados y listos para la termofusión.



Figura 57 – Plantilla de geomembrana para realizar el trazo en la tubería de 110 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 58 – Gajos para la fabricación del codo de 90° de 110 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.3 Preparación de bridas ciegas o tapas para la prueba hidrostática

Las bridas ciegas o tapas servirán para realizar la prueba hidrostática, y así poder observar si existe una mala termofusión o electrofusión a lo largo de la línea de prueba, en la Figura 59 se muestra las bridas ciegas que tienen 1 in de espesor, 8 agujeros distribuido simétricamente para su sujeción con espárragos, una de las tapas tiene una conexión roscada para poder colocar una tee de 3/4 in que nos permitirá conectar la bomba que ejercerá la presión hidrostática y por medio de una reducción se realizará la conexión del Data Logger 6 como se muestra en las Figura 60 y Figura 61.



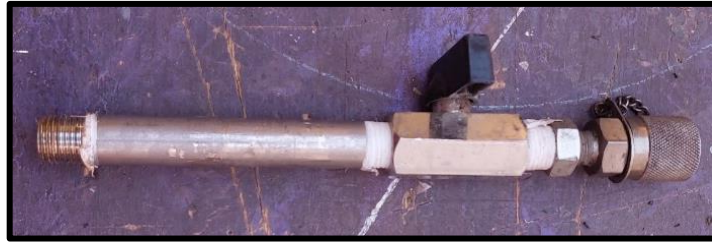
Figura 59 – Bridas ciegas para realizar la prueba hidrostática.

Fuente: Registro fotográfico personal



Figura 60 – Tee inox de 3/4 in para la conexión de bomba y Data Logger 6.

Fuente: Registro fotográfico personal.



*Figura 61 – Tubería para la conexión del Data Logger 6.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

Para la unión de todas estas partes se utilizó cinta teflón para sellar y evitar fugas durante el ensayo hidrostático, cada pieza se ajustó utilizando llave mixta de 3/4 in junto con una llave francesa, en la Figura 62 se muestra la unión mecánica de todas las partes.



*Figura 62 – Brida ciega conectada a tee para instalar bomba y Data Logger6.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

5.1.4 Calibración de la máquina de termofusión

Para realizar una correcta termofusión es importante la calibración de esta máquina según la tubería que se va a unir, ya que si se introduce parámetros incorrectos es muy probable que la unión falle en los diferentes controles de calidad.

Como primera alternativa para poder determinar los parámetros de termofusión de cualquier tubería, se puede utilizar la aplicación McElroy McCalc de la Figura 63 que se puede descargar desde cualquier celular, al tener la aplicación ya instalada en algún dispositivo Android o IOS, procederemos a insertar los datos requeridos como: máquina, área de pistón de esta, especificación de fusión a tope, diámetro exterior del tubo, espesor del tubo y la presión de arrastre. Al terminar de insertar todos los datos la app nos calculara los parámetros necesarios para una correcta termofusión en un ambiente controlado como se muestra en la Figura 64.



Figura 63 – Aplicación para celulares para determinar los parámetros de termofusión en cualquier tubería.

Fuente: McElroy Inc, 2020.




Figura 64 – Parámetros necesarios para la termofusión a tope de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Como segunda alternativa para determinar los parámetros se puede utilizar el Data Logger 6 que se muestra en la Figura 65, que es un equipo al cual se le puede otorgar mucha más información para determinar los parámetros y a la vez realiza un registro de información durante la fusión a tope de la tubería, el ingreso de datos se describirá en la Tabla 9.

Tabla 9 – Configuración de Data Logger 6

1. Resumen de trabajo	
<p>Ingresaremos datos como el nombre del operador, el tipo de proceso y el nombre del trabajo que servirá para identificar la unión para posteriormente ser revisado.</p>	 <p>The screenshot shows the 'RESUMEN DE TRABAJO' screen with the following fields and values:</p> <ul style="list-style-type: none"> TIPO DE PROCESO: PIPE FUSION IDENTIFICACIÓN DE UNIÓN: 1 TRABAJO: #1 Fabricación de codo 90° 110 mm SDR 11 OPERADOR: Eduardo Joshua Condori Apaza MAQUINA: 28 HF USANDO KIT PARA: NO TIE-IN: NO MANUAL DEL OPERADOR: [Button] SENSOR CONECTADO: 0 PSI Battery: 45%

2. Proceso de fusión

Aquí seleccionaremos fusión a tope (Butt fusion) y la especificación será la ISO 21307 que es el procedimiento de unión de tuberías y accesorios por fusión a tope para sistemas de tuberías de polietileno. (International Standard, 2017)



3. Condiciones de clima

Ingresaremos la temperatura ambiente, las condiciones del clima y la temperatura del tubo el cual será medido con un pirómetro, es importante determinar si se está utilizando algún tipo de refugio.



4. Ajustes del tubo

El diámetro de las tuberías es de 110 mm y su SDR es 11, ya que es la tubería seleccionada para construir la línea de prueba, y el material con el cual este fabricado es PE4710.



5. Preparar la máquina

El Data Logger 6 ya ha determinado los parámetros presión para la fusión de la tubería, entonces por medio de las palancas en el manifold se regula las presiones.

6. Temperaturas

En esta interfaz ingresaremos la temperatura en la que se encuentra el plato calefactor, la aplicación nos recomienda una temperatura entre los 200 y 230 °C, este equipo conta de 4 resistencias que deberán ser medidas con un pirómetro.

7. Revision final

Una vez ingresado las temperaturas en el plato calefactor, nos mostrara los tiempos para cada presión y los anchos de los cordones que se formaran, hasta esta interfaz cualquier dato puede ser rectificado.

8. Grabando

Finalmente, al presionar “empezar la fusión” la aplicación registrara todo el procedimiento que realicemos durante la unión por termofusión de las tuberías, para poder realizar una revisión como parte del procedimiento de calidad.



Fuente: Elaboración propia y screen shot de Data Logger 6.

Los parámetros para todas las uniones por termofusión para el sistema de agua potable con tubería de 110 mm SDR 11 son:

- (P₁) Presión del sistema hidráulico de 0 a 78 psi.
- (P₂) Presión de calentamiento 0 psi.
- (P₃) Presión de fusión 78 psi.
- (t₁) Tiempo de cierre de 0 a 10 segundos.
- (t₂) Tiempo de calentamiento 1:50 minutos.
- (t₃) Tiempo de retiro del plato calefactor de 0 a 10 segundos.
- (t₄) Tiempo de fusión de 0 a 5 segundos
- (t₅) Tiempo de enfriamiento 4:18 minutos

Algunos aspectos que debemos considerar es que es un trabajo que debe ser realizado por personal capacitado en el uso de máquinas de termofusión y Data Logger, la temperatura ambiental es un factor muy importante ya que si este trabajo se realizaría en lugares donde el clima es adverso ya sea muy caluroso o helado, la experiencia del técnico será muy importante para poder ingresar los datos correctos, por eso es importante realizar una prueba de arranque el cual será sometido a la prueba de flexión cada día, si se cambia de técnico, si se cambia el diámetro de la tubería y si existen cambios bruscos de temperatura.

5.1.5 Termofusión de codo, tuberías y flange adapter

Para realizar la unión por termofusión de los diferentes componentes se utilizó la máquina de la Figura 65, McElroy Rolling 28 que trabaja con tuberías de 63 a 225 mm

(2 in a 8 in), a la cual se le inserto las mordazas para tubería de 110 mm de la Figura 66 sobre las mordazas madres de la máquina de termofusión como se observa en la Figura 67.



Figura 65 – Máquina de termofusión McElroy Rolling 28.
Fuente: Underground Construction, 2022.



Figura 66 – Mordazas para tubería de 110 mm de diámetro.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 67 – Sujeción de mordaza de 110 mm en la mordaza madre.
Fuente: Registro fotográfico personal.

Para iniciar la termofusión de tuberías de 110 mm es necesario calibrar las presiones en el manifold hidráulico que este compuesto por 2 palancas y 3 perillas como se observa en la Figura 68, las funciones de cada uno de estos elementos se describirán y estarán identificadas en la Figura 69.



Figura 68 – Bloque de manifold hidráulico del McElroy Rolling 28.
Fuente: Registro fotográfico personal.

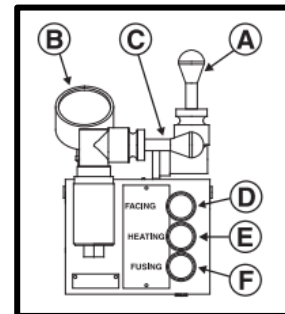


Figura 69 – Composición del manifold hidráulico del McElroy Rolling 28.
Fuente: Manufacturing, 2019.

Las funciones de cada perilla y palanca son:

- (A) palanca del control de dirección para determinar si el carro se mueve hacia la izquierda, derecha o detener.
- (B) manómetro de 1500 psi.
- (C) palanca selectora de perilla reguladora de presión.
- (D) perilla reguladora de la presión de refrentado (0 a 400 psi).
- (E) perilla reguladora de la presión de calentamiento (0 a 400).
- (F) perilla reguladora de la presión de fusión (0 a 1500 psi).

Las presiones por calibrar ya fueron previamente calculadas y estas son; la presión de refrentado (0 - 25 psi), presión de calentamiento (0 a 5 psi) y presión de fusión (0 a 78 psi). Para la unión por termofusión de las tuberías, fabricación del codo, el flange adapter y la prueba del día (probeta inicial) de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm SDR 11 usaremos las mismas mordazas, parámetros de tiempo y presión.

5.1.5.1 Unión por termofusión de la prueba del día o probeta inicial

Para iniciar a unir tubos de cualquier diámetro lo primero que se hace es realizar una unión de prueba para poder comprobar si los valores de fusión son los adecuados sometiendo esta unión a un ensayo de flexión en campo donde el técnico y el supervisor evaluarán visualmente si existe alguna porosidad y fractura, en la Figura 70 observamos dos segmentos de la tubería de 110 mm, estos segmentos estarán sujetas en la máquina de termofusión por medio de las mordazas ya antes seleccionadas como se observa en la Figura 71.



*Figura 70 – Segmentos de la tubería de 110 mm para realizar la probeta del día.
Fuente: Registro fotográfico personal.*



*Figura 71 – Sujeción de segmentos con las mordazas para tubería de 110 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

Durante la sujeción de los segmentos se alinearán una primera vez para observar las imperfecciones de sus áreas transversales como en se observa en la Figura 72 para

luego realizar el refrentado de sus áreas transversales posicionando la palanca (C) en posición de la perilla (D) y accionando la palanca (A) hacia la izquierda, así las superficies quedaran totalmente lisas y libres de cualquier impureza, durante este proceso se genera virutas de HDPE como se observa en la Figura 73, residuo que es totalmente reutilizable.



Figura 72 – Alineación de los segmentos de la tubería de 110 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.

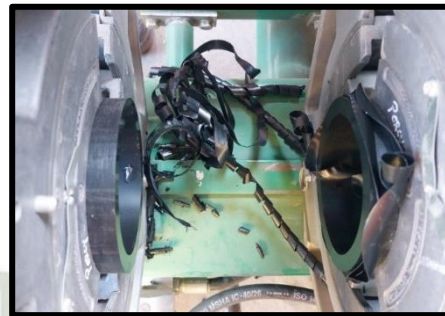


Figura 73 – Viruta de HDPE luego del refrentado de las áreas transversales.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Una vez finalizado el refrentado se verificará la alineación de las tuberías, en caso de que las tuberías tengan un desalineamiento más al 5% del espesor se realizará un alineamiento tentativo y nuevamente se refrentará las áreas transversales hasta que queden lo más alineado posible como en la Figura 74. Con ayuda del pirómetro verificaremos la temperatura del plato calefactor, el cual deberá estar entre los 200 a 230 °C como se ve en la Figura 75.



Figura 74 – Alineación después del refrentado de las áreas transversales de la tubería.

Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 75 – Medición de temperatura del plato calefactor con pirómetro.

Fuente: Registro fotográfico personal.

En la Figura 76 se coloca el plato calefactor entre las áreas transversales de las tuberías, ya insertado el plato calefactor se pegarán las áreas transversales accionando la palanca (A) hacia la izquierda y posicionando la palanca (C) en la perilla (F) hasta que se forme un labio de aproximadamente 1 mm como se puede ver en la Figura 77 en el plazo de 5 a 10 segundos, luego colocar la palanca (A) en neutro y la palanca (C) en posición de la perilla (E) durante 1:50 minutos (tiempo de calentamiento).



Figura 76 – Inserción del plato calefactor entre las áreas transversales para su calentamiento.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 77 – Labio indicador para el cambio de posición de la palanca de control de dirección (A) y palanca selectora (C).
Fuente: Registro fotográfico personal.

En la posición de presión de calentamiento (0 psi) las áreas transversales de las tuberías solo están en contacto con el plato calefactor ya que si las superficies aprietan el plato calefactor este puede reventar y a su vez ocurrirá un desplazamiento del área transversal de las tuberías y al momento de realizar la fusión, es más que seguro que fallara al momento de realizar los controles de calidad.

Terminado el tiempo de calentamiento se retirará el plato calefactor para proceder a fusionar las áreas transversales por 4:18 minutos (tiempo de fusión/enfriamiento) a una presión de fusión de 78 psi accionando la palanca (A) hacia la izquierda y posicionando la palanca (C) en la perilla (F), en la Figura 78 se observa un labio entre las dos superficies no menor a 2.5 mm producto de aplicar la presión de fusión, finalmente se retira la probeta inicial y se rotulará con la fecha y diámetro como en la Figura 79.



Figura 78 – Labio no menor a 2.5 milímetros formado entre las superficies transversales.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 79 – Probeta fusionada y rotulada con fecha y diámetro.
Fuente: Registro fotográfico personal.

Todo el procedimiento es registrado por el Data Logger 6 de la Figura 80 donde observamos el gráfico Presión [psi] vs Tiempo [min], adicional a este registro se puede revisar nuevamente la gráfica con más detalle en el software McElroy DL6c de la Figura 81 para Windows.



Figura 80 – Registro en vivo de las presiones aplicadas en un determinado tiempo durante la termofusión.

Fuente: Registro fotográfico personal.

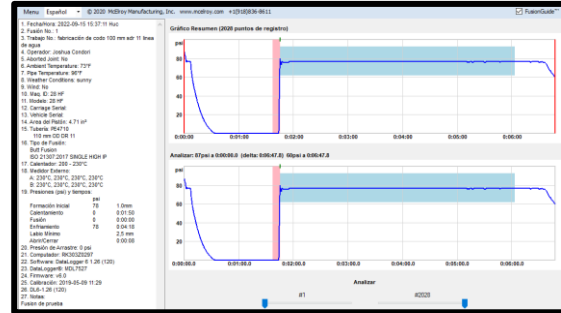


Figura 81 – Registro de la gráfica de la unión por termofusión de la probeta inicial.

Fuente: Registro fotográfico personal y screenshot McElroy DL6c.

Finalmente, en la Figura 82 observamos la gráfica de la unión por termofusión de la probeta inicial de la cual se describirá cada parte en la Tabla 10.

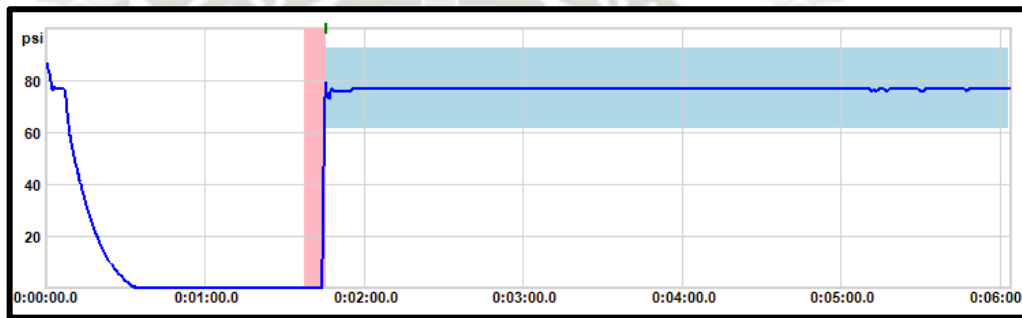
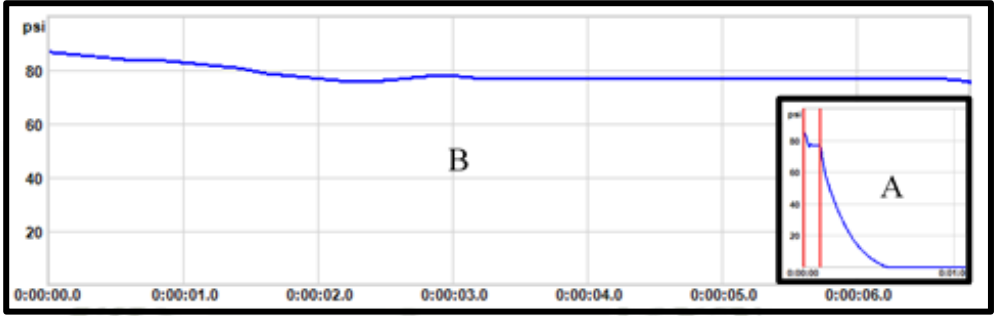
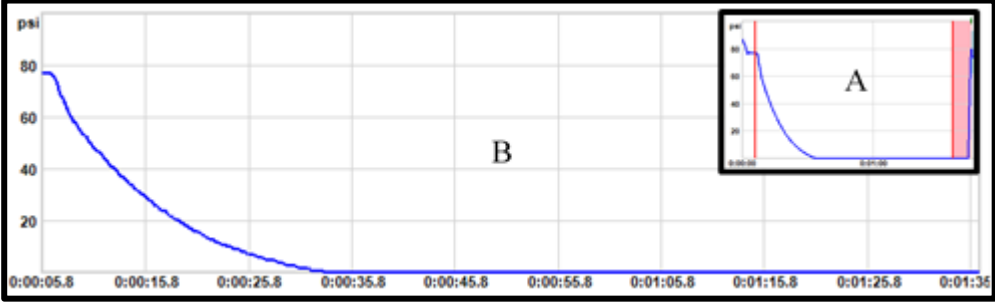


Figura 82 – Curva Presión [psi] vs Tiempo [min] para la termofusión de la probeta inicial.

Fuente: Registro fotográfico personal y screenshot McElroy DL6c.

Tabla 10 – Descripción e interpretación de cada parte de la curva Presión vs Tiempo de la termofusión de la probeta inicial.

#	Interpretación
1	<p>En la Figura 83 – (A) del corte 1 se puede observar a más detalle en la ampliación de la Figura 83 – (B) que nos indica que al momento de colocar el plato calefactor la presión del sistema (P_1) estuvo a más de 80 psi y el tiempo de cierre (t_1) fue aproximadamente de 6 segundos, accionando la palanca (A) hacia la izquierda y posicionando la palanca (C) en la perilla (F).</p>  <p><i>Figura 83 – (A) Corte 1 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial. (B) Ampliación del corte 1.</i></p>
2	<p>El corte 2 de la Figura 84 – (A) se encuentra ampliada en la Figura 84 – (B) la que nos indica que una vez ya colocado el plato calefactor entre las superficies transversales de las tuberías la presión de calentamiento (P_2) decrece de 78 a 0 psi con un tiempo de calentamiento (t_2) de 1:50 minutos, esta acción ocurre cuando la palanca (A) se coloca en neutro y la palanca (C) en posición de la perilla (E).</p>  <p><i>Figura 84 – (A) Corte 2 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial. (B) Ampliación del corte 2.</i></p>

3

El corte 3 se muestra en la Figura 85 – (A) donde se puede observar a más detalle en la Figura 85 – (B) donde el tiempo de retiro del plato calefactor (t_3) es de 7 segundos aproximadamente, este tiempo tiene que ser lo más corto posible para evitar que cualquier partícula se adhiera a las áreas transversales y además que a penas el plato se retiran los extremos empiezan a enfriar, esta acción es posible ya que la palanca (A) es accionada a la derecha y la palanca (C) se encuentra en posición de la perilla (F).

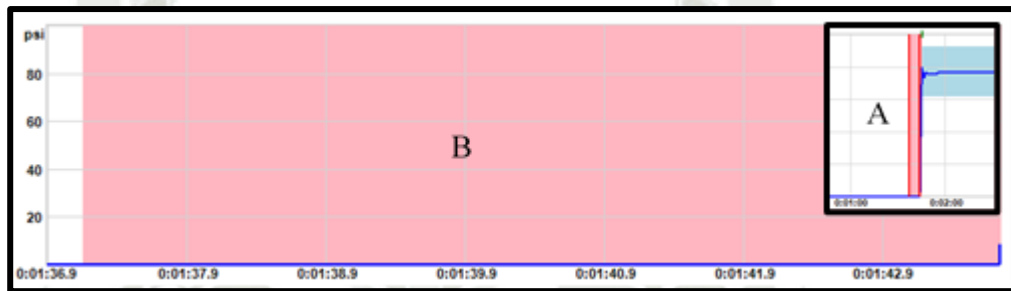


Figura 85 – (A) Corte 3 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.
(B) Ampliación del corte 3.

4

La Figura 86 – (B) es la ampliación del corte 4 de la Figura 86 – (A) en el que observamos que el tiempo de fusión (t_4) de 2 segundos aproximadamente, ocurre el intercambio de molécula para que se homogenicen y se conviertan en uno solo material, todo esto ocurre durante el incremento de presión de calentamiento (P_2) hasta la presión de fusión (P_3) cuando la palanca (C) se encuentra accionando la perilla (F) y la palanca (A) se deja en posición de izquierda.

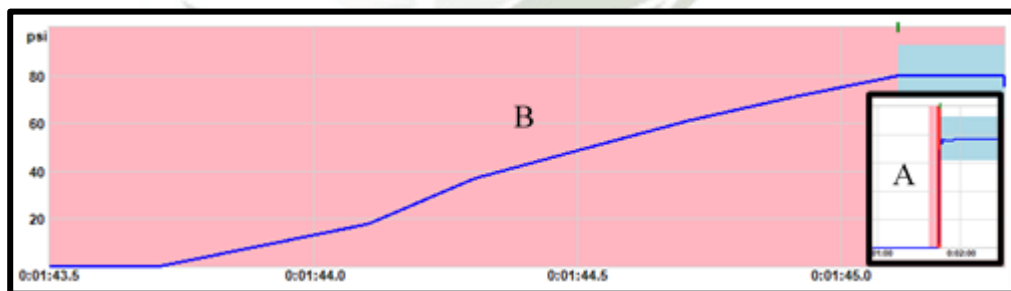


Figura 86 – (A) Corte 4 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.
(B) Ampliación del corte 4.

5

El corte 5 de la Figura 87 – (A) la cual se puede observar con más detalle en la Figura 87 – (B) nos muestra el tiempo de enfriamiento (t_5) de 4:18 minutos a más, en este tiempo es importante que la presión de fusión (P_3) se mantenga constante, una vez cumplido el tiempo, se podrá iniciar una nueva pega, la posición de las palancas se mantiene hasta sacar las tuberías que solamente se tendrá que accionar la palanca (A) hacia la derecha.

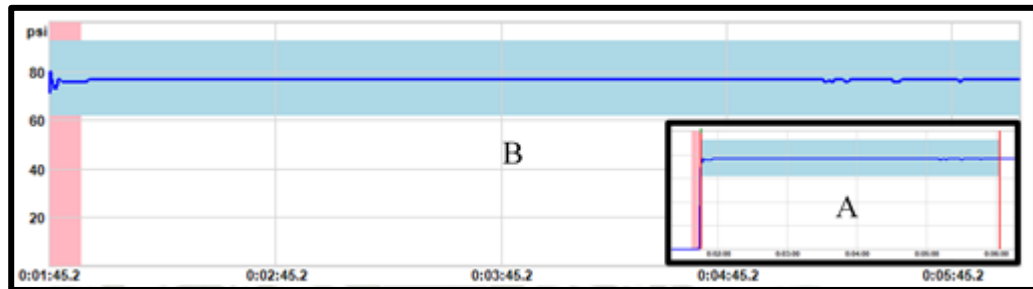


Figura 87 – (A) Corte 5 de la curva principal de la fusión de la probeta inicial.
(B) Ampliación del corte 5.

Fuente: Elaboración propia, registro fotográfico personal y screenshot McElroy DL6c.

5.1.5.2 Unión por termofusión de gajos para la fabricación de codo de 90°

La fabricación del codo de 90° a partir de la tubería de 110 mm SDR 11 es para demostrar que es tan bueno como un codo fabricado por extrusión, la razón por la que se fabrican los codos es que no siempre se encuentra en stock, no te venden una sola unidad debido a sus altos costos de fabricación por unidad, o no se dispone de tanto tiempo para esperar que llegue el producto a la obra.

El procedimiento de termofusión es igual al que se realizó para la probeta inicial que consiste en alinear los gajos manteniendo la inclinación del corte que tiene cada segmento como se ve en la Figura 88, luego las áreas transversales serán refrentadas, se insertara el plato calefactor entre los extremos de la tubería, después del tiempo de calentamiento se retirara el plato calefactor para aplicar la presión de fusión durante el tiempo de fusión y se retira la sección del codo para iniciar nuevamente como se observa en la Figura 89, durante todo el proceso se realiza el registro en el Data Logger 6.



*Figura 88 – Sujeción de los gajos con cierta inclinación para mantener las superficies transversales lo más paralelo posible.
Fuente: Registro fotográfico personal.*



Figura 89 – Tercera termofusión para la fabricación de codo de 90°.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Finalmente, luego de realizar este proceso 4 veces tenemos ya fabricado el codo de 90° de 110 mm de diámetro SDR 11 de la Figura 90, cada unión fue enumerada como se muestra en la Figura 91 para poder identificar las diferentes gráficas Presión [psi] vs Tiempo [min], solo en la gráfica de la Figura 92 que pertenece a la unión 1 identificaremos las diferentes presiones y tiempos, las gráficas de las uniones 2, 3 y 4 estarán en el Anexo 6.



Figura 90 – Fabricación de codo de 90° terminada a partir de gajos.

Fuente: Registro fotográfico personal.

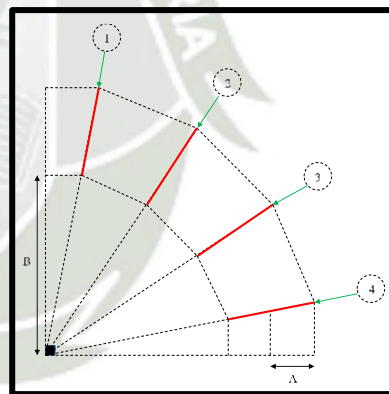


Figura 91 – Enumeración de las uniones por termofusión para la fabricación de un codo de 90°.

Fuente: Elaboración propia – AutoCAD

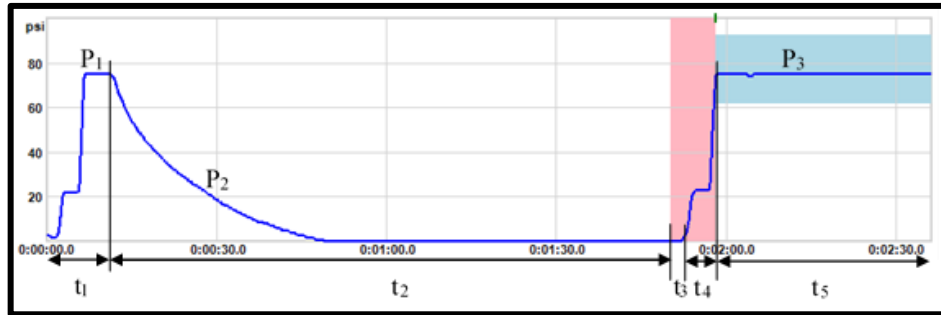


Figura 92 – Curva de Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 1
Fuente: Registro fotográfico personal y screenshot McElroy DL6c.

5.1.5.3 Unión por termofusión de la línea de prueba, flange adapter y codo de 90°

Ya terminada la fabricación del codo de 90° se iniciara a unir todos los segmentos que formaran la línea de prueba que simulara un sistema de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm SDR 11, todas las presiones y tiempos se mantienen igual y se seguirá utilizando el Data Logger 6 para el registro en vivo de cada unión, en la Figura 93 observamos la unión del flange adapter, la Figura 94 la unión de la tubería con el codo ya unido con el otro flange adapter, por último en la Figura 95 observamos la línea de prueba completada.



Figura 93 – Unión por termofusión de flange adapter y tubería.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 94 – Unión por termofusión de un tubo con el codo de 90° con su flange adapter al extremo.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 95 – Línea de prueba del sistema de agua potable finalizada.
Fuente: Registro fotográfico personal.

En el plano de la Figura 96 se enumeraron todas las uniones de la línea de prueba, mientras que en la Figura 97 que pertenece a la gráfica de la unión 5 se identificó las

diferentes presión y tiempos, las gráficas de las uniones 6, 7 y 8 se encuentran en el Anexo 6.

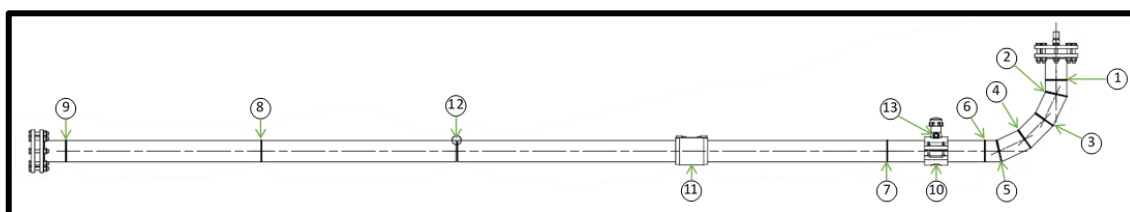


Figura 96 – Enumeración de las uniones por termofusión de la línea de prueba.
Fuente: Elaboración propia – AutoCAD

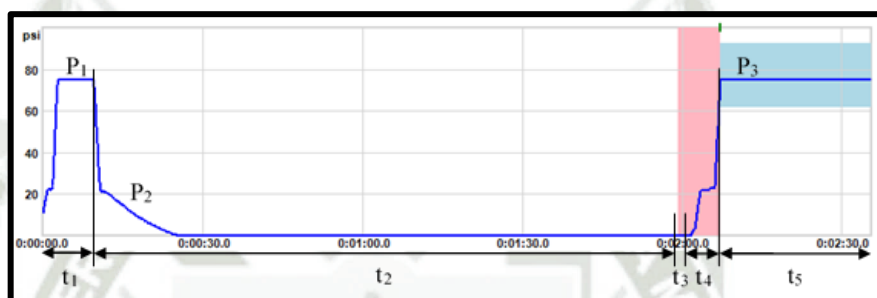


Figura 97 – Curva de Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 1 flange adapter – codo de 90° de 110 milímetros de diámetro SDR 11.
Fuente: Registro fotográfico personal y screenshot McElroy DL6c.

Finalmente, en la Figura 98 podemos observar la viruta que se produce al refrentar las áreas transversales de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) que es 100% reciclable. Plásticos Magonsa (2021) nos dice que para la fabricación de 1 kilogramo de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se necesita 1.75 kilogramos de petróleo entre la materia prima y la energía necesaria, por eso es importante el reciclaje de las virutas, ya que sirve como materia prima directamente a las empresas de plástico ya que 0.6 kilogramos de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) equivale a ahorrar aproximadamente 100 litros de petróleo.



Figura 98 – Viruta de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) producida durante el refrentado de las áreas transversales.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.5.4 Unión por termofusión de la línea de tubería principal y tubería domiciliaria.

Para la unión por termofusión de la línea de prueba de 110 mm con la domiciliaria de 20 mm se utilizó el termofusor Tuboplus de la Figura 99, el tubo de 20 mm se cortó con la cizalla trinquete dejando el área transversal lo más recto posible, en la Figura 100 observamos los parámetros de presiones y tiempos para su termofusión.



Figura 99 – Termofusor Tuboplus para unión de tuberías de 20 mm hasta 90 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal.

Especificación	ISO 21307:2011-05 SINGLE HIGH IP	
Tamaño del Tubo	20 Milímetros D.E.	
Espesor de La Pared	DR 11	
Presión de Arrastre	0 psi	
Fusion a Tope para Polietileno		
Formación Inicial	3 psi	1.0 mm
Calentamiento	0 psi	0:00:20
Labio mínimo	1.3 mm	
Fusión/Enfriamiento	3 psi	0:00:46
Abrir/Cerrar	0:00:08	
Temperatura	392 - 446 °F	

Figura 100 – Parámetros de unión por termofusión de la tubería de 20 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal

La tubería de 20 mm se unirá a la sección de 20 mm del tapping tee, se programó la temperatura de termofusor a 230 °C y como se observa en la Figura 101 las áreas transversales entraran en contacto con el termofusor por 20 segundos, terminado este tiempo se aplicará la presión de unión manualmente, manteniendo la alineación de las dos tuberías por 46 segundos, el resultado de esta termofusión se observa en la Figura 102.



Figura 101 – Calentamiento de las áreas transversales de las tuberías de 20 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal.

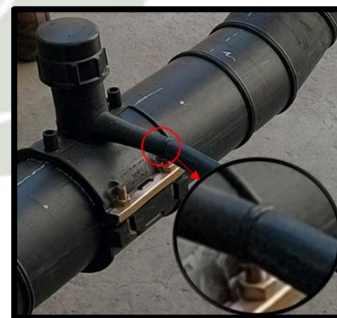


Figura 102 – Tubería domiciliaria unida al tapping tee de la línea de prueba.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.6 Calibración de la máquina de electrofusión

Para realizar la unión por electrofusión se utilizó el equipo Elektra 400 los parámetros para cada unión dependerán totalmente del accesorio, en la Tabla 11 se explicará brevemente los tres métodos de calibración.

Tabla 11 – Métodos de calibración la máquina de electrofusión.

Método	Descripción	Símbolo
Lectura de código de barras	Se utilizará un scanner infrarrojo para leer la etiqueta del accesorio.	
Digitación del código de barras	Se digitará en el panel numérico el código del accesorio	
Ingreso manual de la tensión y tiempo de soldadura	Los datos son proporcionados por la empresa distribuidora y serán digitados.	

Fuente: Elaboración propia y Ritmo Plastic Welding Technology, 2010.

Los parámetros de cada accesorio serán empleando el scanner infrarrojo, la etiqueta de la Figura 103 pertenece al tapping tee requiriendo 40 voltios, 110 segundos y 10 minutos de enfriamiento, finalmente la etiqueta de la Figura 104 pertenece a la copla requiriendo 40 voltios, 170 segundos y 20 minutos de enfriamiento para una electrofusión exitosa.



Figura 103 – Etiqueta con el código de barras del tapping tee de 110 mm a 20 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 104 – Etiqueta con el código de barras de la copla de 110 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.7 Electrofusión de copla y tapping tee

Para realizar la electrofusión de cada uno de estos accesorios, se utilizó la máquina Elektra 400 de la Figura 105, que está compuesta por una caja de programación, lectora infrarroja, un raspador y los empalmes que transmitirán la tensión eléctrica a los accesorios.



Figura 105 – Máquina de electrofusión Elektra 400.
Fuente: GLM HDPE S.A.C., 2022.

5.1.7.1 Unión por electrofusión de tapping tee

El tapping tee de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es un accesorio que nos permite conectar una línea extra a una ya existente sin necesidad de cortar la línea de tubería a diferencia a un accesorio tipo tee convencional, es de fácil instalación, en caso se instaló una tapping tee de 110 mm de diámetro (red de agua principal) a 20 mm de diámetro (red de agua domiciliaria) como se muestra en la Figura 106 con sus dimensiones.

Diámetro d x d1	H	B	H1	H2	L	Peso (g)
40 x 20	105	66	7	94	100	350
40 x 32	120	66	12	94	100	370
50 x 20	110	76	7	98	100	390
90 x 40	133	124	21	116	118	1130
90 x 50	141	124	65	177	118	1240
90 x 63	178	124	65	177	118	1320
110 x 20	116	145	18	116	118	1213
110 x 32	127	145	18	116	118	1170
110 x 40	137	145	21	116	118	1190

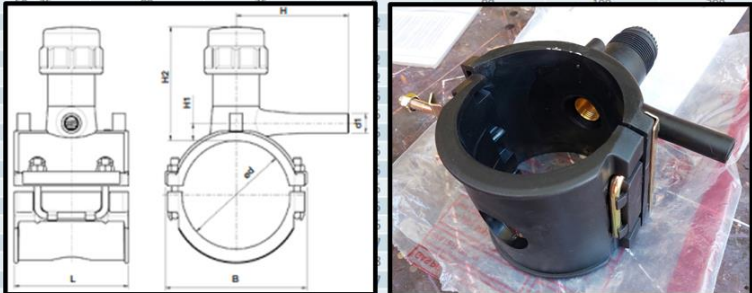


Figura 106 – Dimensiones del tapping tee de 110 mm a 20 mm.
Fuente: Tigre, 2022.

Para instalar el tapping tee se realiza una limpieza del accesorio y luego un raspado con ayuda del raspador en el área seleccionada y marcada de la línea de prueba como se observa en la Figura 107, al terminar este proceso no se debe tocar ni soplar la superficie. Luego se perforará la tubería principal e inmediatamente se colocará el tapping tee y al otro lado su abrazadera que será ajustada al accesorio mediante pernos como se ve en la Figura 108.



Figura 107 – Raspado de la área seleccionada y marcada.
Registro fotográfico personal.



Figura 108 – Sujeción del tapping tee a la tubería principal con su abrazadera.
Fuente: Registro fotográfico personal.

Una vez que el tapping tee este sujeto a la tubería se conectara la máquina Elektra 400 mediante sus bornes como se aprecia en la Figura 109 para que se transmita la tensión requerida, en la Figura 110 se muestra la lectura del código de barras con el scanner para registrar los parámetros de voltaje y tiempo de la Figura 111, finalmente se pulsara el botón “OK” para iniciar y durante el proceso el equipo mostrara en el display el porcentaje de ejecución como se ve en la Figura 112.



Figura 109 – Conexión de los empalmes de la máquina de electrofusión a los bornes del tapping tee.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 110 – Scaneo del código de barras del tapping tee para el registro de datos para la electrofusión.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 111 – Parámetros de voltaje y tiempo para la electrofusión de tapping tee.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 112 – Porcentaje de ejecución de la electrofusión del tapping tee.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.7.2 Unión por electrofusión de cople

La cople es un accesorio que nos permite unir dos tuberías de este o diferente diámetro, su uso con regularidad es en aquellos lugares donde no se tenga mucho espacio para realizar movimientos longitudinales o sea una reparación de emergencia. Para este caso se realizó un corte en la tubería principal simulando una fractura, la cual se repara con una cople de 110 mm, en la Figura 113 observamos el accesorio con sus dimensiones.

Diámetro	L	L1	D	A	Peso (g)
16	71	35	36	30	57
20	76	37	32	35	48
25	82	40	40	38	38
32	90	44	44	41	60
40	98	46	55	45	98
50	101	49	68	50	150
63	118	57	82	57	230
75	126	62	98	63	344
90	148	73	117	69	567
110	163	80	140	79	807
125	172	85	162	87	1004
140					1339
160					1822
180					2553
200					3260
225					4260
250					5520
280					6140
315					8720
355					10384
400	296	146	484	226	13866


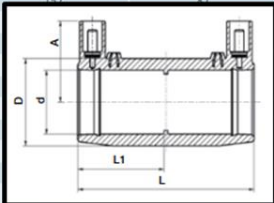



Figura 113 – Dimensiones del de cople de 110 mm.
Fuente: Tigre, 2022.

A diferencia de las tuberías de otros materiales es posible realizar la reparación de la tubería por Squeeze que consiste en cortar el flujo de agua o gas en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) por estrangulamiento con una prensa de acero como de la Figura 114, que se juntan por medio de un tornillo sin fin, este proceso nos permite realizar la instalación de la cople sin necesidad de cerrar la llave general de la línea y esto es posible gracias a la flexibilidad de la tubería, en la Figura 115 observamos el estrangulamiento de ambas secciones que se unirán por medio de la cople.



Figura 114 – Prensa para tuberías de 110 mm de diámetro o menores.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 115 – Estrangulamiento de la tubería de 110 mm de diámetro con prensa.
Fuente: Registro fotográfico personal.

En la Figura 116 se observa cómo se realiza la limpieza interna de la copla con un paño limpio y alcohol después de marcar y raspar los extremos que se insertaran verificando que las tuberías estén alineadas como en la Figura 117 es importante que los extremos hayan ingresado hasta chocar con los topes internos de la copla, luego se colocaran los empalmes en los bornes y realizar la lectura del código de barras para extraer los parámetros de la Figura 118, finalizado el tiempo de enfriamiento podremos retirar las prensas para permitir el tránsito del flujo con normalidad, en la Figura 119 la sección estrangulada de la tubería aún se encuentra deforme, pero con el pasar del día regresara a su forma original, la deformación no afecta al correcto funcionamiento de la tubería.



Figura 116 – Limpieza interna de la copla con alcohol.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 117 – Tuberías y copla alineadas entre sí.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 118 – Parámetros de voltaje y tiempo para la electrofusión de la copla.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 119 – Deformación en la tubería de 110 mm de diámetro por estrangulamiento.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.8 Calibración de la máquina de extrusión

La unión por extrusión consiste en unir dos materiales de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) como tuberías o geomembranas añadiendo material de aporte (alambre de HDPE) que es derretido a una temperatura entre los 230 y 250 °C, la máquina extrusora que se usara para unir dos tuberías de 110 mm SDR 11 es la Weldplast S1 -Leister de la Figura 120 que será programada para derretir el alambre de HDPE de 5 mm de la Figura

121 a una temperatura de 250 °C y la pistola de calor que calentara la superficie de los tubos estará a 230 °C.



Figura 120 – Extrusora Weldplast S1 -Leister.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 121 – Alambre de HDPE de 5 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.9 Unión por extrusión de las tuberías

Para unir las áreas transversales de las tuberías se realizó el biselado de los bordes exteriores con un esmeril y disco de desbaste con la finalidad de dejar una superficie rugosa donde se va a adherir el material de aporte y dejando lo más recto posible como se puede observar en la Figura 122, luego se alinearán las tuberías y pegarán las áreas transversales como se muestra en la Figura 123, una vez ya estabilizada las tuberías se procedió a calentar los bordes con el aire caliente que genera la extrusora para luego depositar el material de aporte ya derretido sobre la ranura que forman las tuberías como se ve en la Figura 124, este procedimiento se repetirá las veces que sean necesarias hasta que se haya recorrido toda la circunferencia de la tubería como se observa en la Figura 125.



Figura 122 – Biselado de los bordes del área transversal de la tubería de 110 mm.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 123 – Tuberías alineadas y unión de áreas transversales.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 124 – Unión por extrusión de las tuberías de 110 mm SDR 11.

Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 125 – Extrusión completada alrededor de la tubería de 110 mm SDR 11.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10 Control de calidad

Para realizar el control de calidad de las diferentes uniones por termofusión y electrofusión se llenaron diferentes formatos, para el registro de todas las uniones, para el ensayo hidrostático, para los ensayos de las uniones por termofusión y electrofusión, todos los formatos se encuentran en el Anexo 7.

5.1.10.1 Ensayo hidrostático

En esta prueba se sometió a presión hidrostática todas las uniones por termofusión y electrofusión, la finalidad de esta prueba es sobrepasar sus presiones nominales (PN) que es de 16 bar o 232 psi, por lo que, si esta probeta no sufre ninguna fisura o fuga, durante un tiempo considerable la unión por termofusión es correcta. Para realizar la prueba hidrostática las bridas ciegas cumplirán la función de tapas a cada extremo de la línea de prueba, la unión entre ellas fue por medio de espárragos con sus respectivas volandas y tuerca como se ve en la Figura 126 uno de los extremos tiene la conexión para el Data Logger 6 y la bomba DSY-60 por medio de una llave de paso de 3/4 in.



Figura 126 – Extremos unidos con las bridas ciegas, conexión para el Data Logger 6 y bomba DSY-60.

Fuente: Registro fotográfico personal.

En la Figura 127 se observa el corte de la empaquetadura de gebe para altas presiones que se instaló entre las áreas transversales de la brida ciega y los flange adapter antes de ser ajustado, ya sellado los extremos se procederá a llenar la tubería con agua que será suministrada por la bomba de prueba hidrostática DSY-60 de la Figura 128.



Figura 127 – Trazado y corte de gebe para altas presiones para la prueba hidrostática.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 128 – Bomba DSY-60 para realizar prueba hidrostática.
Fuente: Hongli, 2019.

Se aplicará un método que Colmenares (2010) nos dice que tiene más de 15 años de antigüedad que consiste en colocar la tubería bajo presión hidrostática interior durante al menos 12 horas, la presión de la prueba es 20% sobre la presión nominal (1.2 veces la PN) de la tubería. Por último, se llevará a los 600 psi que sería aproximadamente 2.5 veces la presión nominal de la tubería para un SDR 11.

Ya teniendo listo las herramientas de ajuste, la bomba conectada y el Data Logger 6 conectado para realizar el registro en vivo, el 6 de octubre del 2022 se inició a llenar la línea de prueba, en la Figura 129 observamos 3 crestas, las dos primeras tuvieron un descenso debido a que el agua fugaba por las bridas entonces se procedió a reajustarlas y en la tercera a una presión de 505 psi reventó la tubería de 20 mm (tubería del sistema de agua potable domiciliaria) como se puede ver en la Figura 130 esto nos indica que la soldadura es mucho más resistente que el material base, sabiendo que la unión fue totalmente manual.

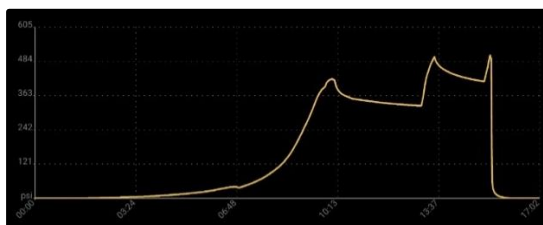


Figura 129 – Gráfica de la primera prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 505 psi. (03/10/2022, 16:50)
Fuente: Screenshot Data Logger 6



Figura 130 – Tubería de 20 mm reventada a 505 psi.
Fuente: Registro fotográfico personal.

En la Figura 131 observamos como se inicia nuevamente a llenar la línea de prueba donde la sección después de la primera cresta empieza a decrecer hasta casi una hora después, esto se hizo con la finalidad de que se estabilizase, a partir de la segunda cresta se volvió a alimentar la línea de prueba llegando a una presión de 458 psi y media hora después empezó a estabilizarse a una presión aproximada de 320 psi, aproximadamente 22 horas después se revisó la presión y como se observa en la Figura 132 la presión inicial es de 280 psi aproximadamente, por lo que se alimentó nuevamente para que se vuelva a estabilizar una vez más llegando a una presión máxima de 485 psi, luego de casi 2 horas la presión descendió hasta casi 340 psi.

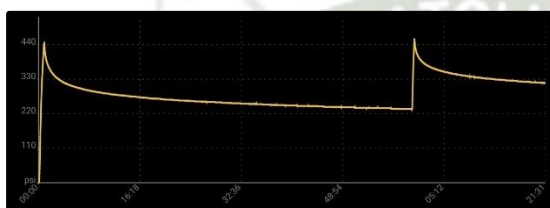


Figura 131 – Segunda prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 458 psi. (06/10/2022, 10:09)

Fuente: Screenshot Data Logger 6

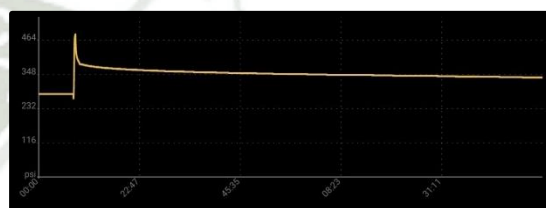


Figura 132 – Tercer incremento de presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 485 psi. (07/10/2022, 07:57)

Fuente: Screenshot Data Logger 6

Después de 8 horas se revisó la presión interna de la línea de prueba se estabilizó en 269 psi como se observa en la Figura 133, luego de 4 horas más en la Figura 134 observamos que la presión interna aumentó a 277 psi, se volvió a realizar una revisión al día siguiente casi 10 horas después y la nueva presión que se registró es de 286 psi como indica la Figura 135, por último en la Figura 136 la presión obtenida después de 25 horas desde la última vez que se realizó la alimentación de agua es de 286 psi, lo que se observa en este último análisis es que la presión interna aumenta o disminuye y se debe a los cambios de temperatura en las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) que provoca que se contraiga o expanda transversal y longitudinalmente, y que es necesario esperar un tiempo para que la presión se estabilice a diferencia de tuberías de otros materiales.

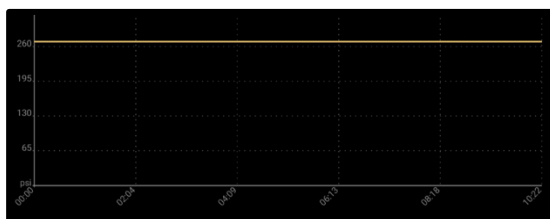


Figura 133 – Primera revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 269 psi. (07/10/2022, 16:17)
Fuente: Screenshot Data Logger 6

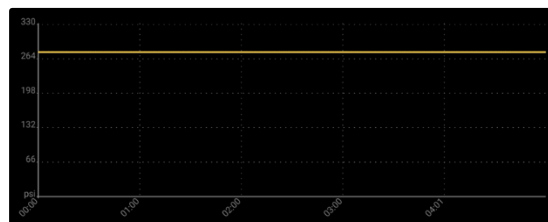


Figura 134 – Segunda revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 277 psi. (07/10/2022, 20:46)
Fuente: Screenshot Data Logger 6

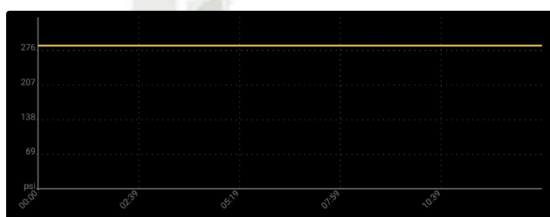


Figura 135 – Tercera revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 286 psi. (08/10/2022, 06:34)
Fuente: Screenshot Data Logger 6

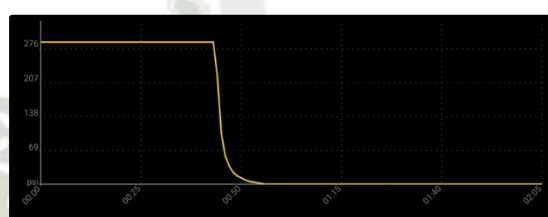


Figura 136 – Cuarta revisión de la presión hidrostática en la línea de prueba, presión máxima de 286 psi. (08/10/2022, 09:49)
Fuente: Screenshot Data Logger 6

Se liberó la presión existente como se muestra en la Figura 164, con la finalidad de llegar a los 600 psi de una sola vez, pero como se observa en la Figura 137 al llegar a los 597 psi la tubería principal reventó como se ve en la Figura 138, se procedió a reparar esta sección termo fusionándola nuevamente, finalmente se repitió el procedimiento con una presión inicial de 0 y llevando hasta los 601 psi como se muestra en la Figura 139.

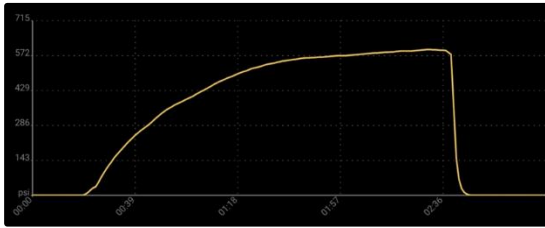


Figura 137 – Tercera prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 597 psi. (08/10/2022, 13:56)

Fuente: Screenshot Data Logger 6

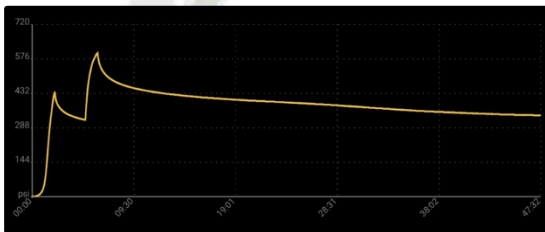


Figura 139 – Cuarta prueba hidrostática para la línea de prueba, presión máxima de 601 psi. (08/10/2022, 14:42)

Fuente: Screenshot Data Logger 6

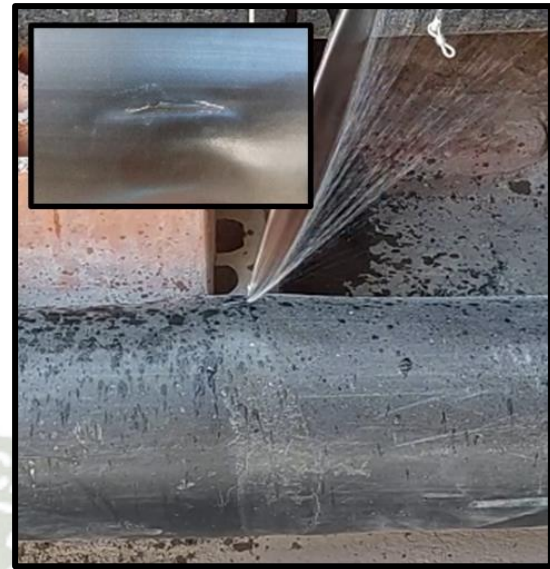


Figura 138 – Tubería de 110 mm reventada a 597 psi.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.2 Control de calidad para uniones por termofusión

5.1.10.2.1 Inspección visual

La inspección visual realizada a las uniones por termofusión fue en 2 tiempos durante todo el proceso de unión con la máquina McElroy Rolling 28. El primero fue en el momento en el cual se aplica la presión de fusión (P_3) el labio que se formará tendrá que ser como mini 2.5 mm como se muestra en la Figura 140 y la segunda revisión ocurrirá cuando haya terminado el tiempo de enfriamiento (t_5) donde se revisará si existe un desalineamiento entre las tuberías.



Figura 140 – Labio formado de 4.5 mm luego de aplicar la presión de fusión de las superficies transversales de las tuberías.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.2.2 Ensayo de flexión

El ensayo de flexión que se realizará a la probeta inicial, las uniones 2, 5, 8 y 11 se ejecutaron manualmente ya que esta prueba solo nos indicará si existe alguna malformación, existencia de porosidades, vacíos o rajaduras, las probetas se flexionaron hasta que sus extremos se toquen, para este ensayo se efectuaron 3 cortes longitudinales de 300 mm con un ancho de 15 mm cada 120° como se muestra en la Figura 141.

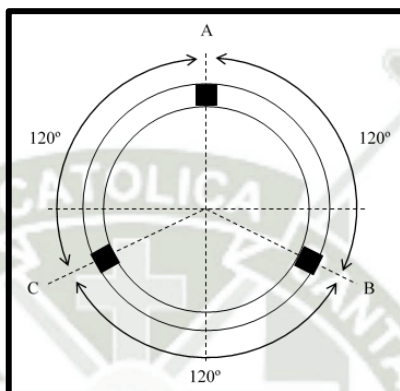


Figura 141 – Ubicación de los cortes longitudinales para la prueba de flexión para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 142 observamos los resultados de los diferentes ensayos flexión que se realizó a las probetas, todas estos ensayos resultaron positivos, no presentaron vacíos, grietas o algún índice de que la probeta fallaría cuando la tubería se doble durante la instalación, movimientos telúricos y golpes de ariete que se producirán en las curvas, la Figura 142 (C) se puede observar que la sección donde ocurrió la flexión es en el tubo, mas no en el flange adapter (accesorio), esto se debe a que el procedimiento de fabricación es parecido mas no igual.

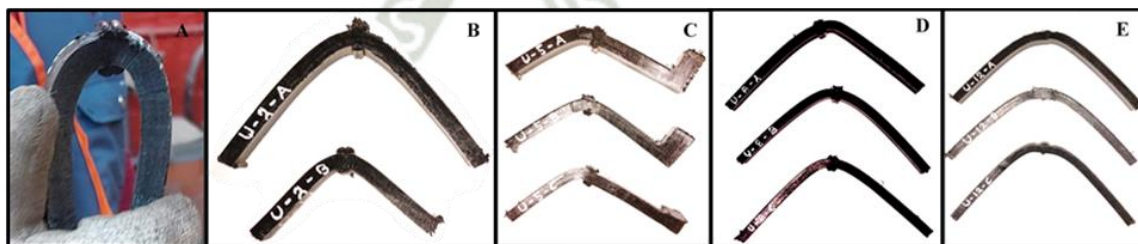


Figura 142 – (A) Probeta inicial del día, (B) Probetas de la fabricación del codo (C) Probetas de la unión del flange adapter – codo de 90° (D) Probetas de la unión tubo – tubo (E) Probetas de la unión tubo – tubo por extrusión.

Fuente: Registro fotográfico personal

5.1.10.2.3 Ensayo de tracción

Las pruebas de tracción que se realizaron a la probeta inicial del día, las uniones 2, 5, 8 y 12 fueron realizadas en el laboratorio de Materiales de la Universidad Católica de Santa María en la máquina de tracción de polímeros que se observar en la Figura 143.



Figura 143 – Máquina de desplazamiento vertical para polímeros en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica de Santa María.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Las dimensiones de las probetas fueron modificadas para poder ser insertadas en las mordazas de la máquina de tracción del laboratorio, las probetas nuevas tienen un ancho de 25 mm que es la distancia de la sección del centro que estará sometida a la prueba la cual no interferirá en los resultados por último la fuerza aplicada fue a 50 mm/min, la gráfica de la Figura 144 nos muestra la resistencia a la tracción de cada probeta.

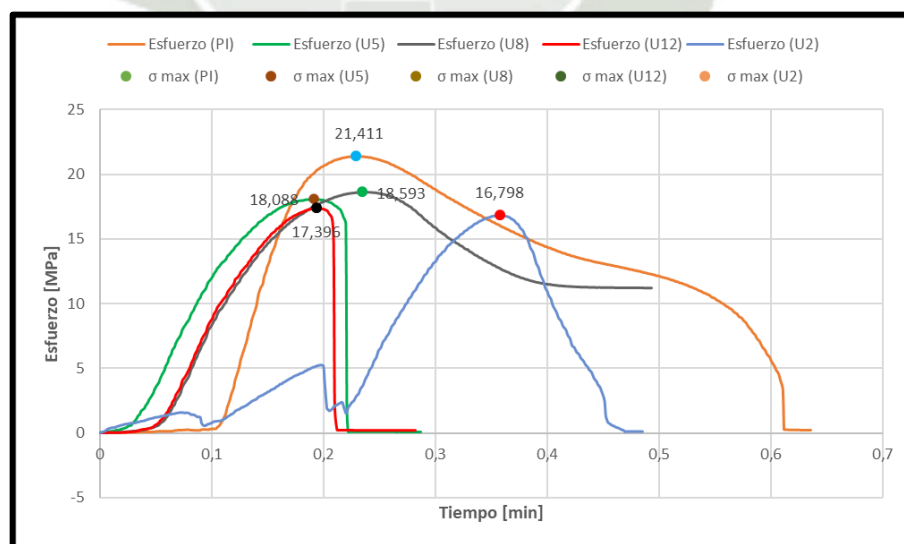


Figura 144 – Resistencia a la tracción de cada ensayo en la máquina de tracción, (PI) probeta inicial, (U2) unión 2, (U5) unión 5, (U8) unión 8 y (U11) unión 11.

Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.

La gráfica obtenida de la prueba de tracción a la probeta inicial (PI) de la Figura 134 nos indica que la termofusión tendrá una resistencia a la tracción de 21.411 MPa cuando el equipo aplico 5,707.078 N, estos resultados nos sirven para poder comparar los resultados de las demás uniones, en la Figura 145 observamos la probeta sufrió una fractura dúctil, localizándose en el material base.



*Figura 145 – Probeta inicial con fractura dúctil en el material base
Fuente: Registro fotográfico personal.*

En el caso de la unión a tope para la fabricación del codo de 90° (U2) y la unión a tope de tubo – tubo (U8) tienen una resistencia a la tracción de 16.798 MPa y 18.593 MPa respectivamente, observamos que la rotura es dúctil ya que luego de llegar a su punto máximo la curva no decrece bruscamente lo cual nos indica que aún mantiene una resistencia a la tracción y elongación, por lo tanto, su fractura será en el material base como se observa en las Figuras 146 y Figura 147.



*Figura 146 – Unión de la fabricación del codo de 90° con fractura dúctil en el material base.
Fuente: Registro fotográfico personal.*



*Figura 147 – Unión tubo – tubo con fractura dúctil en el material base.
Fuente: Registro fotográfico personal.*

Finalmente, la unión a tope de codo – flange adapter (U5) y la unión a tope de tubo – tubo por extrusión (U12) tienen una resistencia a la tracción de 18.088 MPa y 17.396 MPa respectivamente, observamos que la rotura es frágil ya que luego de llegar a su punto máximo la curva decrece bruscamente, por lo que su fractura ocurrirá justo en la unión como en la Figuras 148 y Figura 149.

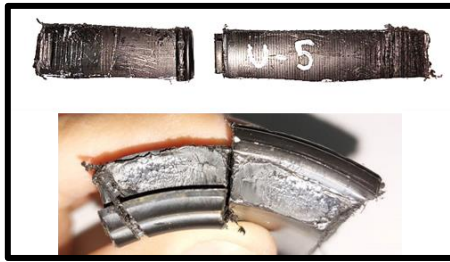


Figura 148 – Unión del flange adapter – codo de 90° sufre fractura frágil justo en la unión.
Fuente: Registro fotográfico personal.

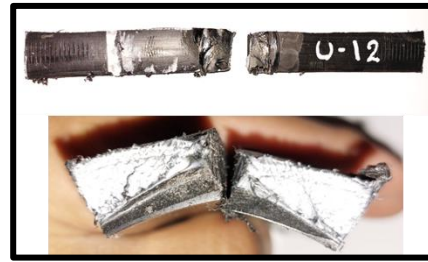


Figura 149 – Unión tubo – tubo por extrusión sufre fractura frágil justo en la unión.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.3 Control de calidad para uniones por electrofusión

5.1.10.3.1 Inspección visual

La manera en la que podemos saber que la unión por electrofusión ha finalizado es el avistamiento del testigo de fin de soldadura que emerge de un lado del accesorio, posteriormente entrara al tiempo de enfriamiento, en la Figura 150 y Figura 151 observaremos la exposición del testigo para la copla y el tapping tee respectivamente, una vez que tengamos a la vista el testigo de fin de soldadura, el especialista revisara nuevamente la alineación y si es que existe alguna deformación extraña en el accesorio o tubería.

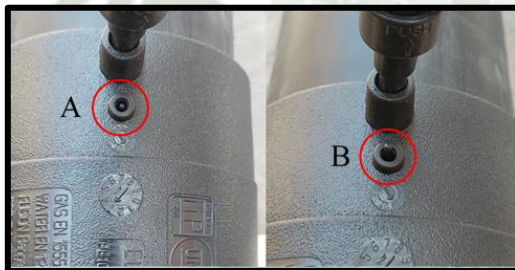


Figura 150 – (A) testigo antes y durante el proceso de electrofusión, (B) testigo al finalizar la electrofusión en copla para tubo de 110 mm de diámetro SDR 11.

Fuente: Registro fotográfico personal.

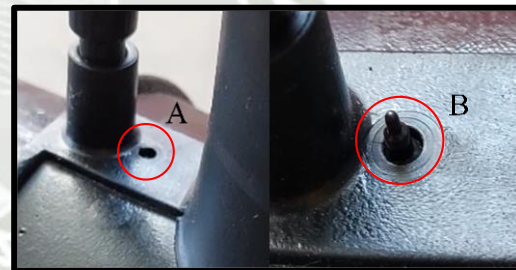


Figura 151 – (A) testigo antes y durante el proceso de electrofusión, (B) testigo al finalizar la electrofusión en tapping tee para tubo de 110 mm a tubo de 20 mm de diámetro SDR 11.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.3.2 Ensayo de crunching test

Esta prueba se realizó con ayuda de una mordaza fabricada a partir de un perfil tipo L y dos espárragos pasantes de 1 in de diámetro con sus respectivas tuercas, los cuales serían ajustados, en la Figura 152 observamos el tapping tee que tiene una zona de calor de 26.55 mm como se muestra en la Figura 153.



Figura 152 – Tapping tee, electrofusión tipo silleta en tubería de 110 mm.

Fuente: Registro fotográfico personal.

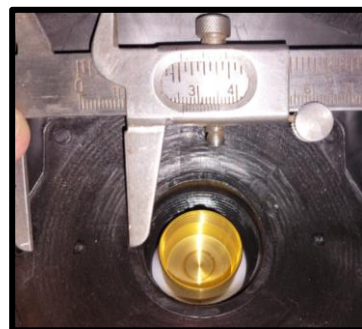


Figura 153 – Zona de calor del tapping tee.

Fuente: Registro fotográfico personal.

En la Figura 154 la probeta fue apretada hasta que las paredes se junten, las mordazas se ubicaron a 13 mm del extremo del accesorio, al revisar la probeta observamos en la Figura 155 que existe una pequeña elongación del material base, esta elongación solo se encuentra al lado izquierdo de la Figura 154, el área afectada es menor al 15 % permitido de la zona de calor.

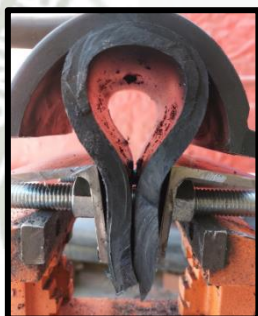


Figura 154 – Crunching test de tapping tee para tubería de 110 mm a 20 mm de diámetro.

Fuente: Registro fotográfico personal.

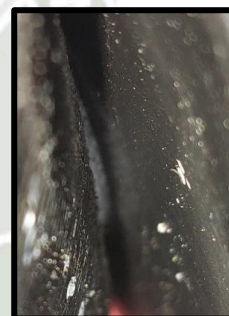


Figura 155 – Elongación del material base al terminar el crunching test del tapping tee.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Para realizar el crunching test de la copla se utilizó el mismo procedimiento de ajuste con la mordaza y espárragos hasta que las paredes choquen, en la Figura 156 se observa que la copla siendo la unión 11, fue cortada a la mitad longitudinalmente para poder realizar la prueba, se procedió a apretar la mitad del tubo a 32 milímetros del borde de la zona de calor, como se observa en la Figura 157, la probeta paso con éxito la prueba del crunching test sin presentar algún desprendimiento significativo de la zona de calor de 4.6 mm en la Figura 158, por lo tanto, podremos afirmar que la unión por electrofusión de la copla es exitosa.



Figura 156 – Corte longitudinal de la copla.
Fuente: Registro fotográfico personal.



Figura 157 - Crunching test de la copla.
Fuente: Registro fotográfico personal.

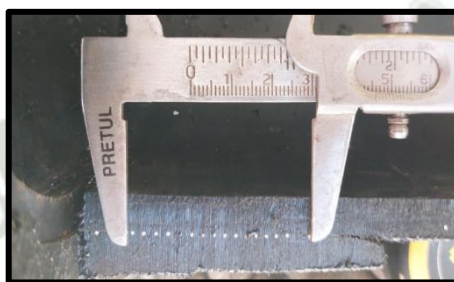


Figura 158 – Zona de calor de la copla para tubería de 110 milímetros de diámetro.
Fuente: Registro fotográfico personal

5.1.10.3.3 Ensayo de peel test

Para realizar el ensayo de peel test de cada una de las probetas del tapping tee y de la copla fueron ejecutadas en la máquina de tracción de polímeros antes mencionada, se extrajo 4 probetas de 19 mm de ancho del tapping tee, 2 de la zona longitudinal y 2 de la zona transversal del accesorio las cuales podemos observar en la Figura 159 (A) y (B), las probetas de la zona transversal ya sufrieron un esfuerzo de resistencia, ya que esta zona fue sometida al ensayo de crunching test, mientras que las probetas de la zona longitudinal se encuentran intactas. Mientras que para realizar el ensayo de peel test de la copla se extrajo 3 probetas de 19 mm de ancho como se muestra en la Figura 159 (C), las 3 probetas son de la zona longitudinal cada 120° de la circunferencia de la copla.

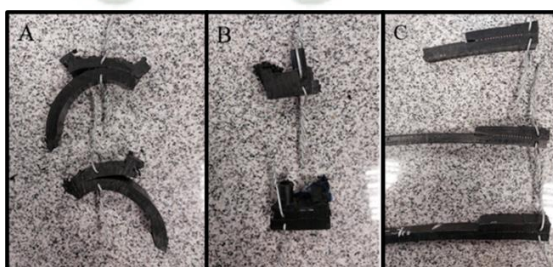


Figura 159 – (A) probetas de la zona transversal del tapping tee, (B) probetas de la zona longitudinal del tapping tee, (C) probetas de la zona longitudinal de la copla.
Fuente: Registro fotográfico personal.

En todas las probetas se realizaron agujeros de 3 mm de diámetro y se les insertó un alambre para que las probetas puedan ser sujetadas en las mordazas de la máquina de desplazamiento vertical, la fuerza sería aplicada a 5 mm/min, en la gráfica de la Figura 160 observaremos la resistencia a la tracción de las probetas de la copla.

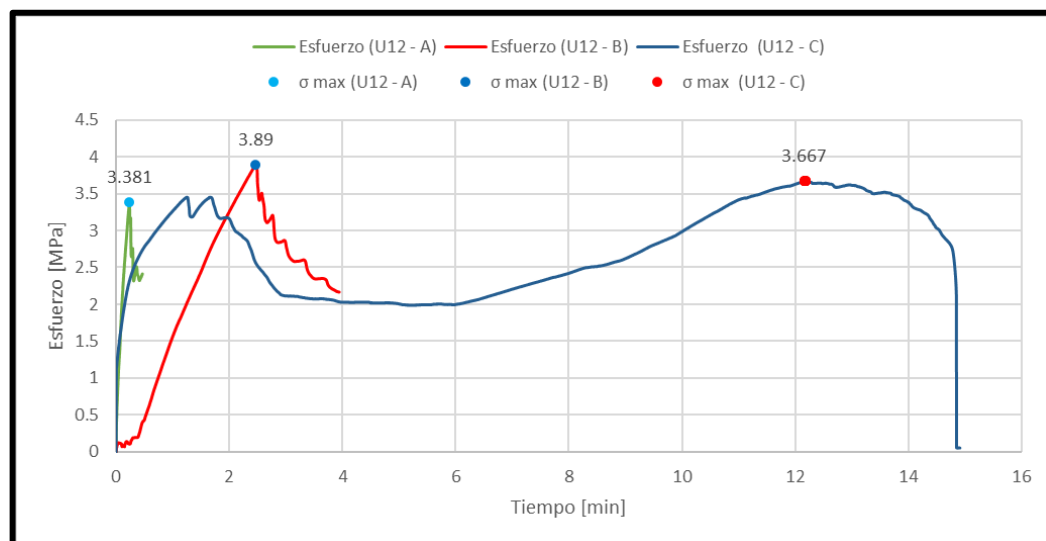


Figura 160 – Ensayo de peel test de las probetas (U12 - A) unión 12 probeta A, (U12 - B) unión 12 probeta B, (U12 - C) unión 12 probeta C.
Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.

En los 3 ensayos para la copla se observan varias crestas, esto se debe a que en cada sección donde se encontraba el filamento de cobre existe una burbuja o vacío creado por el mismo alambre, pero a sus laterales es donde ocurre la unión y se encuentra el esfuerzo, en la Figura 161 del ensayo de la probeta C se realizó hasta que esta se separara por completo y se infiere que después de disminuir su resistencia a la tracción, esta aumenta ya que pasa más de la mitad de la zona de calor, esto quiere decir que el esfuerzo realizado por este tipo de unión se encuentra a los costados de la zona de calor, el esfuerzo que realizan las probetas se encuentra entre 3.380 MPa y 3.90 MPa.

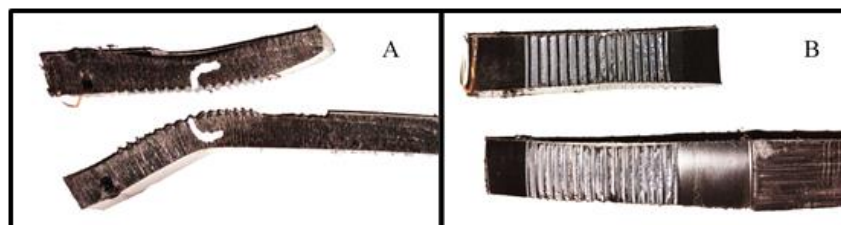


Figura 161 – (A) Vista lateral de la probeta C de la copla de (B) Vista interior de la probeta C, sometida a peel test.

Fuente: Registro fotográfico personal.

A diferencia de la copla los resultados de los ensayos del tapping tee son diferentes en cuanto a su comportamiento se puede observar en la gráfica de Figura 162.

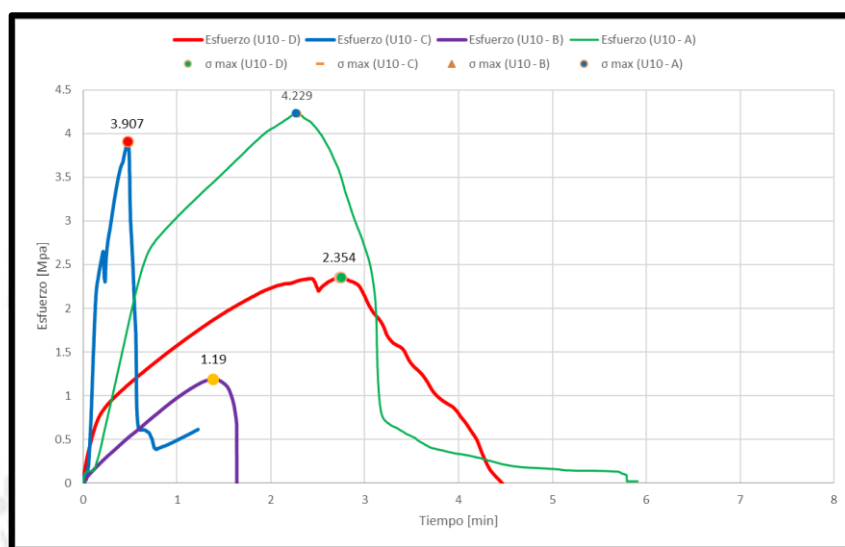


Figura 162 - Ensayo de peel test de las probetas (U10 - A) unión 10 probeta A, (U10 - B) unión 10 probeta B, (U10 - C) unión 10 probeta C, (U10 - D) unión 10 probeta D.
Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.

Las probetas A y C pertenecientes a la zona longitudinal registraron un mayor esfuerzo, en la Figura 163 (A) y (B) observamos que las probetas sufrieron un desgarre pese a eso aun presentaron una cierta resistencia después de llegar a su punto máximo por lo tanto es una unión de tipo dúctil. Las probetas B y D tienen valores de esfuerzo mucho más bajo ya que habían sufrido un pequeño desgarre indirectamente en el ensayo de crunching test, de la Figura 163 (C) y (D) el caso de la probeta B tiene observamos un desprendimiento justo por el medio y de tipo frágil, en la probeta D un desgarro en toda la zona de calor de tipo dúctil.

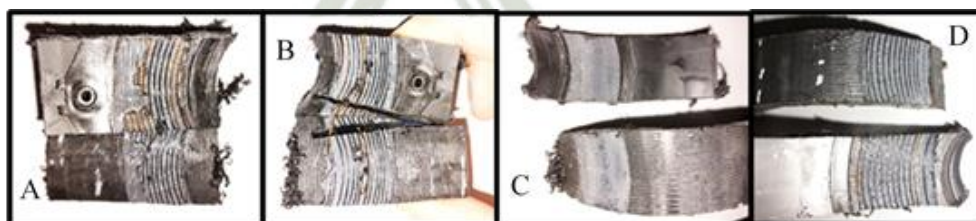


Figura 163 – (A) Probeta A de la zona longitudinal, (B) Probeta C de la zona longitudinal, (C) Probeta B de la zona transversal, (D) Probeta D de la zona transversal, sometidas a peel test.
Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.4 Control de calidad en probeta contaminada

La finalidad de realizar esta unión contaminada adrede es demostrar que tan perjudicial puede ser un cuerpo, sustancia o partícula en la unión durante el proceso de fusión, por lo que se escogió una tubería de 200 mm SDR 17 que fue dividido en 4 secciones y contaminado con humedad, grasa, polvo y una viruta del mismo tubo que se muestra en la Figura 164, para ello fue necesario hallar los parámetros de presión y tiempo de la Figura 165 en el Data Logger 6 para su termofusión a tope.



Figura 164 – Agentes contaminantes (grasa – viruta de HDPE – polvo - humedad)
Fuente: Registro fotográfico personal.

PREPARAR LA FUSIÓN		
PRESIÓN ACTUAL	0 PSI	
TEMPERATURA DE CALENTADOR	200 - 230 °C	
CORDON	172 PSI	1.0 MM
CALENTAMIENTO	0 PSI	0:02:09
MÍNIMO CORDON		2,8 MM
FUSIÓN/ENFRIAMIENTO	172 PSI	0:05:03
ABRIR / CERRAR		0:00:08

Figura 165 – Parámetros para la termofusión a tope de la tubería de 200 mm SDR 11.
Fuente: Screenshot Data Logger 6.

Estos agentes contaminantes que se escogieron son los casos más comunes que ocurre en la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) después del error humano, el cual es fácil de detectar ya que el técnico se dará cuenta durante el proceso si se equivocó en algún tiempo, aplicación de alguna presión o la desalineación longitudinal y transversal de las tuberías.

5.1.10.4.1 Inspección visual

Al realizar la inspección a cada sección del tubo de la Figura 180 se observa que la Figura 180 (A) y (C) visualmente parece que no hubiera sufrido ningún altercado durante a la fusión, a diferencia de la Figura 166 (B) y (D) que claramente se observa la viruta y una pequeña malformación en el labio, por lo cual al ver estas malformaciones ya sabemos que ocurrió una contaminación y se procederá a cortar y realizar nuevamente la termofusión.



Figura 166 – Tubería de 200 mm SDR 17 contaminadas con: (A)grasa, (B) viruta de HDPE, (C) polvo, (D) humedad.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.4.2 Ensayo de flexión

Las dimensiones de las probetas para la tubería de 200 mm de diámetro SDR 17 son de 300 mm de largo y 15 mm de ancho, para este caso solo se realizará un ensayo de flexión, en la Figura 167 se observa el ensayo a cada probeta de las 4 secciones, ninguna presenta rastros de vacíos, porosidades o rajaduras por lo tanto todas las probetas cumplieron satisfactoriamente el ensayo.

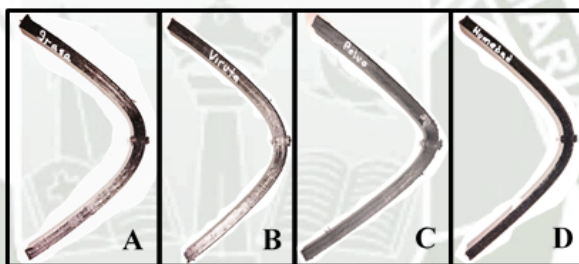


Figura 167 – Ensayo de flexión de las probetas contaminadas con: (A)grasa, (B) viruta de HDPE, (C) polvo, (D) humedad.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.1.10.4.3 Ensayo de tracción

De cada sección contaminada se sustrajo una probeta de 25 mm de ancho de 180 mm de largo, el desplazamiento de las mordazas fue de 100 mm/min, en la gráfica de la Figura 168 observamos el esfuerzo máximo de resistencia a la rotura de cada probeta.

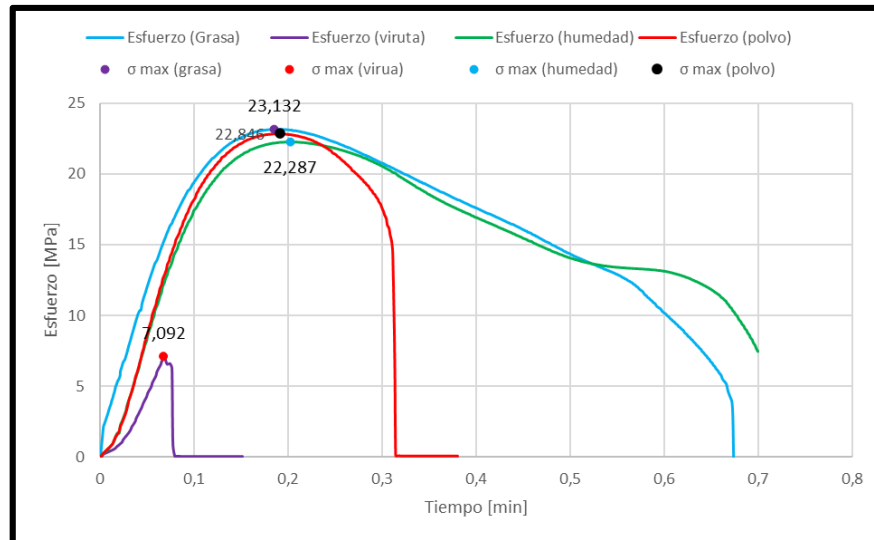


Figura 168 – Ensayo de tracción de las probetas contaminadas con grasa, viruta de HDPE, humedad y polvo.

Fuente: Elaboración propia en Excel 2010.

En la Figura 169 las probetas contaminadas con grasa y humedad tiene una fractura en el material base y de tipo dúctil ya que después de llegar a su esfuerzo máximo de 23.132 MPa y 22.287 MPa no tienden a romperse al instante, sino que siguen teniendo un esfuerzo durante la elongación del material base.



Figura 169 – Probetas sometidas a tracción contaminadas con: (A) grasa, (B) húmeda.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Por otro lado la probeta contaminada con polvo de la Figura 170 genero un esfuerzo ultimo a la rotura de 22.846 MPa y como se observa en la gráfica de la Figura 182 decrece bruscamente después de un corto tiempo, por lo cual podríamos decir que tiene una fractura tipo dúctil y frágil, y como se observa en la Figura 170 (A) la fractura se originó justo en la unión y a más detalle en la Figura 170 (B) observamos un color blanquecino que no es nada menos porosidad producido por el polvo impregnado.



Figura 170 – Probeta contaminada con polvo sometida a tracción, (A) vista longitudinal, (B) vista transversal.

Fuente: Registro fotográfico personal.

Finalmente, en la Figura 171 tenemos a la probeta contaminada con la viruta de HDPE que provoca una fractura de tipo frágil ya que en la gráfica de la Figura 182 su curva decrece bruscamente luego de llegar a su punto máximo de 7.092 MPa, en la Figura 171 (B) observamos como la viruta se encuentra intacta.



Figura 171 – Probeta contaminada con viruta de HDPE sometida a tracción, (A) vista longitudinal, (B) vista transversal.

Fuente: Registro fotográfico personal.

5.2 Buzón de desagüe

La fabricación de los buzones de desagüe se realizarán a partir de una tubería de 1200 mm SDR 41, el cual se cortara de la altura requerida con sierra eléctrica o alguna herramienta de corte, a los extremos se realizarán cortes circulares del diámetro de las tuberías del sistema de alcantarillado, estas tuberías se unirán a la tubería de 1200 mm por extrusión y tendrán un desfase de 3 cm como se observa en la Figura 173 con el fin de obtener el grado de inclinación necesario para que los residuos sigan su curso, en el fondo del buzón se colocara una tapa de 2 in de espesor de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) la cual formara un ángulo de 175° que se lograra al partir por la mitad tan solo 1 in del espesor de la tapa para luego mantener el ángulo extruyendo en el bisel formado como se observa en la Figura 174 para que los residuos no se sedimenten a los costados, finalmente en la Figura 172 observamos el diseño de un buzón de desagüe para la asociación de viviendas de Santa Catalina, para más detalles revisar el plano del Anexo 8.



Figura 172 – Diseño de buzón para alcantarillado a partir de una tubería de Polietileno de Alta Densidad de 1200 mm SDR 41.

Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

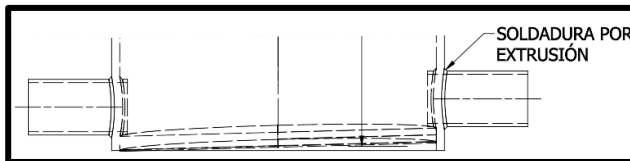


Figura 173 – Unión de las tuberías de 200 mm SDR 17 por extrusión con las tuberías de 1200 mm SDR 41 para fabricación del buzón.

Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

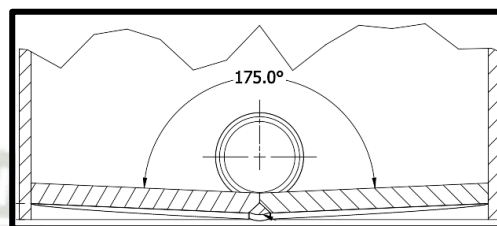


Figura 174 – Angulo de la tapa para evitar la sedimentación de los residuos.

Fuente: Elaboración propia en Autodesk Inventor.

Capítulo VI. Impacto del Medio Ambiente

La Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.) es un procedimiento que nos permite determinar y evaluar las consecuencias de inicio a fin de un determinado proyecto o actividad sobre el medio ambiente, para proponer acciones correctivas que minimicen o supriman los efectos negativos y se fortalezca los positivos. Para este proyecto de tesis se tomará en cuenta los siguientes aspectos.

- Ser adecuado para el trabajo o tarea que se realizará.
- Ser eficiente en término de requerimiento de datos, tiempo, personal y equipos.

Y como objetivos se tendrá:

- Evaluar e identificar el impacto ambiental que tendrá cada proceso en la unión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en sistema de agua potable y alcantarillado para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA”.
- Plantear medidas control para los impactos evaluados.

6.1 Análisis del impacto ambiental con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El siguiente análisis ambiental está enfocado en las actividades previas a la construcción, durante la construcción y después de haber terminado la ejecución del proyecto, en la Tabla 12 se nombrarán las tareas del proyecto, el aspecto ambiental, el impacto ambiental y sus medidas de control para los trabajos con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) que puedan influir en este proyecto.

Tabla 12 – Análisis del impacto ambiental que tienen las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.

Actividades previas a la construcción				
Nº	Tarea	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control a implementar
1	Coordinación institucional	Consumo de combustible	Agotamiento de consumo natural	Coordinar reuniones virtuales.

				Solo las reuniones prioritarias deberían ser presenciales.
		Emisión de gases	Contaminación del aire	El equipo de movilización debería contar con su revisión técnica
		Consumo de energía	Agotamiento de reservas de energía tipo fósil	Uso adecuado del equipo de movilidad. Realizar periódicamente el mantenimiento de la movilidad.
		Generación de residuos (papel)	Consumo de recurso	Reutilización de papel. Realizar archivos digitales
2	Participación comunitaria	Generación de residuos (folletos, papel, etc.)	Consumo de recurso	Reutilización de papel. Realizar archivos digitales
3	Elaboración de presupuesto	Generación de residuos (papel)	Consumo de recurso	Reutilización de papel. Realizar archivos digitales
		Consumo de energía	Agotamiento de reservas de energía tipo fósil	Uso adecuado del equipo de escritorio.
4	Estudio de suelos	Generación de residuos solidos	Agotamiento del recurso	Realizar una buena programación para la ejecución de muestreo
5	Estudio topográfico	Consumo de energía	Agotamiento de reservas de energía tipo fósil	Uso adecuado del equipo de escritorio.
		Generación de residuos (papel)	Consumo de recurso	Reutilización de papel. Realizar archivos digitales
6	Obras preliminares	Generación de residuos	Contaminación del suelo y	Establecer eficientemente cada ambiente de trabajo

			consumo de recursos	
Actividades durante a la construcción				
Nº	Tarea	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control a implementar
1	Delimitación del área de trabajo.	Generación de residuos.	Contaminación del suelo.	Realizar una buena programación de las actividades para la demarcación del área de trabajo. Correcta segregación de residuos sólidos. Capacitación del personal.
2	Limpieza de terreno.	Generación de residuos y modificación de paisaje.	Contaminación del suelo y alteración del estado natural.	Correcta segregación y disposición final de residuos sólidos.
3	Excavación de zanjas.	Emisión de material particulado.	Contaminación del aire y atentado a la salud por polvo en suspensión.	Humedecimiento de las zonas de trabajo. Implementación de EPP's para el personal de obra (respiradores con filtro para polvos). Charlas informativas sobre la actividad que se está ejecutando.
		Emisión de ruido.	Contaminación acústica.	Implementación de EPP's para el personal de obra (orejeras).
4	Acopio de material de excavación	Emisión de material particulado.	Contaminación del aire y atentado a la salud por polvo en suspensión.	Humedecimiento de las zonas de trabajo. Implementación de EPP's para el personal de obra (respiradores con filtro para polvos). Charlas informativas sobre la actividad que se está ejecutando. Implementación de lona humedecida.
		Emisión de ruido.	Contaminación acústica.	Implementación de EPP's para el personal de obra (orejeras).

5	Estabilización de zanjas	Generación de residuos.	Contaminación del suelo.	Uso necesario de los materiales para el trabajo.
6	Construcción de vías de acceso y salida	Generación de residuos.	Contaminación del suelo.	Uso necesario de los materiales para el trabajo. Correcta segregación de residuos.
7	Nivelación de zanja para tuberías	Emisión de material particulado.	Contaminación del aire y atentado a la salud por polvo en suspensión.	Humedecimiento de las zonas de trabajo. Implementación de EPP's para el personal de obra (respiradores con filtro para polvos). Charlas informativas sobre la actividad que se está ejecutando.
		Generación de residuos.	Contaminación del suelo.	Uso necesario de los materiales para el trabajo. Correcta segregación de residuos.
8	Recepción de tuberías y accesorios	Emisión de ruido.	Contaminación acústica.	Implementación de EPP's para el personal de obra (orejeras).
9	Unión de tuberías y accesorios por termofusión	Emisión de virutas de polietileno	Contaminación del suelo	Segregación y disposición final del residuo.
		Emisión de ruido	Contaminación acústica	Implementación de EPP's para el personal de obra (orejeras)
10	Instalación de tuberías, accesorios y buzones	Emisión de material particulado	Contaminación del aire y atentado a la salud por polvo en suspensión	Humedecimiento de las zonas de trabajo. Implementación de EPP's para el personal de obra (respiradores con filtro para polvos) Charlas informativas sobre la actividad que se está ejecutando. Implementación de lona humedecida.
		Emisión de ruido	Contaminación acústica	Implementación de EPP's para el personal de obra (orejeras)

11	Orden y limpieza del área de trabajo	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Correcta segregación de residuos
12	Empalmes del sistema de agua potable y alcantarillado	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Correcta segregación de residuos
13	Manejo de gases	Emisión de gases	Contaminación del aire	Implementación de EPP`s para el personal de obra (respiradores impermeables)
14	Relleno y compactación de zanjas	Emisión de material particulado	Contaminación del aire y atentado a la salud por polvo en suspensión	Humedecimiento de las zonas de trabajo. Implementación de EPP`s para el personal de obra (respiradores con filtro para polvos) Charlas informativas sobre la actividad que se está ejecutando
		Emisión de ruido	Contaminación acústica	Implementación de EPP`s para el personal de obra (orejeras)
15	Puesta en marcha	Filtración de efluente contaminante	Contaminación del suelo	Detección rápida de fugas a lo largo de la tubería
Actividades después a la construcción				
Nº	Tarea	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medida de control a implementar
1	Inspección del proceso	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Correcta segregación de residuos
2	Diagnóstico del proceso	Generación de residuos (papel)	Consumo de recurso	Reutilización de papel. Realizar archivos digitales

3	Orden y limpieza de equipos y herramientas	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Uso necesario de los materiales para el trabajo. Correcta segregación de residuos
4	Manejo de insumos y residuos	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Uso necesario de los materiales para el trabajo. Correcta segregación de residuos

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizar el análisis del impacto ambiental que incita realizar las actividades necesarias para las instalaciones tuberías de Polietileno de Altan Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina de la Tabla 12 se realizará un listado de los impactos positivos y negativos.

6.1.1 Impactos ambientales positivos

Son los impactos que benefician o mitigan el impacto negativo del medio ambiente en la Asociación de Vivienda Santa Catalina o aledaños y estos son:

- Creación de empleos antes y durante la ejecución del proyecto directa o indirecta.
- Mejoramiento de actividades económicas.
- Mejoramiento de actividades económicas, turismo y servicios
- Mejoramiento de calidad físico, química y bacteriológica del agua potable
- Incremento motivacional en torno a realizar actividades ambientales.
- Mejoramiento del ecosistema terrestre.
- Disminución de molestias por olores desagradables.
- Disminución de enfermedades gracias a las propiedades mecánicas y químicas de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).
- Menor costos y tiempo de reparación e instalación del abastecimiento de agua potable y extracción de residuos fecales.
- Posibilidad de reutilizar o reciclar al 99 % las virutas y pedazos de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

6.1.2 Impactos ambientales negativos

Son los impactos que dañan el medio ambiente en la Asociación de Vivienda Santa Catalina o aledaños y estos son:

- Desplazamiento de personas y obstrucción de algunas áreas para la construcción del campamento.
- Ahuyentamiento de animales.
- Desestabilización de algunas áreas al remover la vegetación.
- Disminución de calidad de aire por operación de maquinaria, construcción y transporte.
- Incremento de ruido ambiental por uso de maquinaria y construcción.
- Producción de malos olores por aguas residuales.
- Modificación del paisaje en zonas de construcción.
- Trabajadores de la construcción expuestos a peligros o riesgos
- Eliminación total o parcial del área para vías de acceso de vehículos.
- Incremento en la generación de residuos líquidos y sólidos.

Capítulo VII. Presupuestos y Programación

7.1 Presupuesto para la instalación de la red de agua potable y alcantarillado

Para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA” se determinó un costo directo de 153,055.27 nuevos soles, en el Anexo 9 se detalla el presupuesto realizado para dicho proyecto, la comparación que se realizará es en los presupuestos de: red de agua potable, red de alcantarillado y pruebas de campo.

7.1.1 Presupuesto para el sistema de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El presupuesto que se realizará se encuentra enfocado en: suministros e instalación de tuberías, suministro e instalación de accesorios, conexiones domiciliarias y el empalme a la red existente, ya que se cambiará la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y el método de instalación.

Los cambios para la instalación de la línea principal de agua potable serán:

- Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro clase 10 por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.
- Tee de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro PN – 10 por tee de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.
- Codo de 90° de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro PN – 10 por codo de 90° de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.
- Codo de 22.5° de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro PN – 10 no será remplazado ni utilizado en la conexión con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) ya que por las propiedades de elasticidad de este material podremos obtener un radio superior a 22.5° sin necesidad de accesorios.
- Tapón de Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro por un tapón de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.

- Se añadirá flange adapters de 110 mm de diámetro SDR 11 con sus respectivos back up rings para la unión mecánica con la válvula de compuerta y kit de grifo contra incendios.
- El empalme de la tubería de 110 mm de diámetro del sistema de agua potable ya existente será por unión mecánica por medio de una unión tipo espiga mechanical - T estilo 926 de 110 mm de diámetro.
- Se eliminarán los dados de concreto ya que las propiedades mecánicas de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tienen la propiedad de absorber el golpe de ariete gracias a su flexibilidad.
- La válvula de compuerta, kit de grifo contra incendios se mantendrán.
- El método de instalación será por termofusión y/o electrofusión.

Los cambios para la instalación del sistema de agua potable domiciliaria serán:

- Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 1/2 pulgada de diámetro clase 10 por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1/2 pulgada de diámetro SDR 11.
- Codo de 90° de Policloruro de Vinilo (PVC) de 1/2 pulgada de diámetro por codo de 90° de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1/2 pulgada de diámetro SDR 11.
- Codo de 45° de Policloruro de Vinilo (PVC) de 1/2 pulgada de diámetro por codo de 45° de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1/2 pulgada de diámetro SDR 11.
- El empalme que se realizará con la tubería de 110 mm de diámetro será por medio de un tapping tee de 1/2 pulgada a 110 mm de diámetro SDR 17.
- Llave de paso de Policloruro de Vinilo (PVC) de 1/2 pulgada de diámetro se cambiará por una llave de paso de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1/2 pulgada de diámetro SDR 11.
- La válvula de toma termoplástica de Policloruro de Vinilo (PVC) de 1/2 pulgada de diámetro se mantendrá y se unirá a la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1/2 pulgadas de diámetro por rosca.

- La caja de hormigón para protección de la válvula de toma termoplástica, la caja para el medidor, la tapa y marco para el medidor y la caja de concreto para el medidor se mantendrá.
- El método de instalación será por termofusión o electrofusión.

En la Tabla 13 se presenta el nuevo y antiguo presupuesto para la instalación de línea de agua principal y domiciliaria, donde se observa una diferencia de 4,527.34 soles, la diferencia más notoria es en el suministro e instalación debido a que las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tiene un costo más elevado, pero la relación costo - beneficio es directamente proporcional, para más detalles sobre el presupuesto realizado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) revisar el Anexo 10.

Tabla 13 – Presupuesto para red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	1,229.04	1,229.04
2	Movimiento de tierras	22,141.23	23,317.97
3	Suministro e Instalación de Tuberías	11,220.81	6,110.12
4	Suministro e Instalación de Accesorios	3,318.28	3,953.39
5	Conexiones Domiciliarias	13,807.31	12,634.43
6	Empalme a Red Existente	684.00	628.38
Total		52,400.67	47,873.33

Fuente: Elaboración propia y Teves Esquivel, 2015.

7.1.2 Presupuesto para la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El presupuesto que se realizará se encuentra enfocado en: suministros e instalación de tuberías, buzones y conexiones domiciliarias, ya que se cambiará la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), los buzones de hormigón por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y el método de instalación.

Los cambios para la instalación de la línea principal de alcantarillado serán:

- La tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 200 mm de diámetro S -20 por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 200 mm SDR 17.
- Los buzones de 1.20 metros de diámetro de 1.20 a 2.00 metros de altura serán remplazados por una tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1200 mm de diámetro SDR 41 de 12.00 metros de largo.
- Se añadirá planchas de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1 pulgadas de espesor para cumplir la función de tapa inferior en los buzones.
- El método de instalación será por termofusión, electrofusión y/o extrusión.

Los cambios para la instalación de las líneas de alcantarillado domiciliarias serán:

- La tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) de 160 mm de diámetro S -25 por tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 160 mm SDR 17.
- La caja rectangular de 0.30 por 0.60 que incluye tapa se mantendrá
- El empalme que se realizará con la tubería de 200 mm de diámetro será por medio de un tapping tee de 160 mm a 200 mm de diámetro SDR 17.
- El método de instalación será por termofusión, electrofusión y/o extrusión.

La diferencia de 18,592 soles se debe a que en el suministro e instalación de tuberías, buzones y conexiones domiciliarias de la Tabla 14 se va a requerir maquinaria trabajo manual de detalle y mucho más personal para la instalación con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), para más detalles revisar el Anexo 10.

Tabla 14 – Presupuesto para red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	1,100.48	1,100.48
2	Movimiento de tierras	23,828.15	24,784.71
3	Suministro e Instalación de Tuberías	16,492.79	9,020.21
4	Buzones	24,359.29	15,152.60
5	Conexiones Domiciliarias	17,726.58	14,857.29
Total		83,507.29	64,915.29

Fuente: *Elaboración propia* y Teves Esquivel, 2015.

7.1.3 Presupuesto para pruebas de campo para tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El presupuesto para las pruebas de campo en las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) fue de 2,071.17 nuevos soles para la única prueba que se realiza a este tipo de tuberías que es la hidráulica, mientras que, para las pruebas de calidad como ensayo de flexión, ensayo de tracción, ensayo de crunching test y ensayo de peel test está incluido en el presupuesto de la unión por termofusión o electrofusión a excepción de la hidrostática y la desinfección que tendrá el mismo costo.

Luego de realizar el presupuesto del proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA” sustituyendo la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) por la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para la red de agua potable y alcantarillado en redes principales y domiciliarias se determinó que el nuevo costo directo sería de 176,174.61 nuevos soles, finalmente comparando los costos directos de ambas obras tenemos una diferencia de 23,119.34 nuevos soles deduciendo la Tabla 15, la diferencia se encuentra en el costo de la tubería y su método de instalación, para más detalles revisar el presupuesto en el Anexo 10.

Tabla 15 – Costo directo total del proyecto en la Asociación de Vivienda Santa Catalina con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC).

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Obras Provisionales	6,544.23	6,544.23
2	Obras Preliminares	18,557.72	18,557.72
3	Seguridad y Salud	9,983.91	9,983.91
4	Red de Agua Potable	52,400.67	47,873.33
5	Red de Alcantarillado	83,507.29	64,915.29
6	Pruebas de Campo	2,071.17	2,071.17
7	Varios	1,609.65	1,609.65
8	Plan de Manejo Ambiental	1,499.97	1,499.97
Total		176,174.61	153,055.27

Fuente: Elaboración propia y Teves Esquivel, 2015.

Para realizar el presupuesto más óptimo con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se solicitó una cotización de tuberías, accesorios y complementos que se necesiten para construir la misma red de agua potable y alcantarillado a cuatro diferentes empresas como T&T Ingeniería y Construcción S.A, RICSAC – Riego, Industria y Conexiones, ACORSA PERÚ y JyE Corporation, dedicadas al rubro de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y el costo de instalación por termofusión o electrofusión fue otorgada por JyE Corporation empresa en la cual laboro, en el Anexo 11 se podrá observar las cotizaciones requeridas.

7.2 Presupuesto para la reparación de la red de agua potable y alcantarillado

Este punto estará enfocado en la reparación de las líneas principales de la red de agua potable y alcantarillado, ya que son las más susceptibles a sufrir daño alguno.

7.2.1 Presupuesto para la reparación del sistema de agua potable con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El presupuesto para una reparación de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es relativamente igual a la relación de una tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) como lo demuestra la Tabla 16, para más detalles sobre los costos de reparación revisar el Anexo 12.

Tabla 16 – Costo directo de una sola reparación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) del sistema de agua potable.

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	11.61	11.61
2	Movimiento de tierras	610.29	643.50
3	Suministro e Instalación de Tuberías	167.54	162.40
Total		789.44	817.51

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Presupuesto para la reparación de la red de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

De igual manera la reparación de la red de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es un poco más económica que reparar con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) como se puede observar en la Tabla 17, revisar Anexo 13 para más detalles.

Tabla 17 – Costo directo de una sola reparación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de alcantarillado.

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	11.61	11.61
2	Movimiento de tierras	643.50	1,031.13
3	Suministro e Instalación de Tuberías	162.40	257.80
Total		1,247.20	1,300.54

Fuente: Elaboración propia

7.3 Presupuesto para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado

El presupuesto que se realizó para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) se realizó con el apoyo del ingeniero civil Teves Esquivel Oscar, mientras que para el remplazo con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se aplicó los conocimientos y experiencia propia para realizar este tipo de trabajos.

7.3.1 Presupuesto para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Al realizar la comparación económica claramente se observa en la Tabla 18 una gran diferencia que es de 13,707.35 nuevos soles y se debe a que en el remplazo de la tubería con Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se aplicó el método de explosión de tubería o cracking que tiene un costo de por metro lineal (ml) de 7.23 dólares americanos o 27.47 nuevos soles para una tubería de 110 mm, revisar Anexo 14 y Anexo 9.

Tabla 18 – Costo directo del remplazo de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de agua potable

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	11.61	1,229.04
2	Movimiento de tierras	1,017.15	23,317.97
3	Suministro e Instalación de Tuberías	19,995.03	8,661.32
4	Suministro e Instalación de Accesorios	3,318.28	2,286.69
5	Conexiones Domiciliarias	13,807.31	12,634.43
6	Empalme a Red Existente	684.38	628.38
Total		38,833.76	52,541.11

Fuente: Elaboración propia

7.3.2 Presupuesto para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

La cotización del Cracking o estallido de tubería por metro lineal (ml) para la tubería de 200 mm de diámetro tiene un costo de 9.35 dólares americanos o 35.53 nuevos soles revisar Anexo 11, en este caso el precio del remplazo de la red de alcantarillado es muy parecido en términos económicos con tan solo una diferencia de 1,737.82 nuevos soles, para más detalles revisar el Anexo 15.

Tabla 19 – Costo directo del remplazo de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y Policloruro de Vinilo (PVC) en la red de alcantarillado.

#	Descripción	Tubería de HDPE Costo [S/.]	Tubería de PVC Costo [S/.]
1	Trabajos Preliminares	11.61	1,100.48
2	Movimiento de tierras	1.668.30	24,784.71
3	Suministro e Instalación de Tuberías	26.638.03	11,590.07
4	Buzones	14,901.53	2,438.32

5	Conexiones Domiciliarias	11.813.58	14,857.29
Total		53,033.05	54,770.87

Fuente: Elaboración propia.

7.4 Programación para la instalación de la red de agua potable y alcantarillado

Para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA” se determinó un plazo de ejecución de 60 días que comprende de las obras provisionales, obras preliminares, seguridad y salud, red de agua potable, red de alcantarillado, pruebas de campo, varios y plan de manejo ambiental, algunas tareas se realizaron simultáneamente revisar el Anexo 16 para más detalles, la nueva programación del Anexo 17 estará enfocada en la red de agua potable, red de alcantarillado y las pruebas de campo.

7.4.1 Programación para red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

La programación para instalar la red de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) es de 45 días donde la parte crucial se encuentra en la necesidad de tener un gran avance de la excavación, nivelación y colocar la cama de arena para poder instalar la tubería y accesorios ya que la instalación se realiza dentro de la zanja como se ve en la Figura 175 , en el caso de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se requeriría 35 días donde ocurre todo lo contrario ya que la termofusión se realiza fuera de la zanja durante o inmediatamente el suministro de los materiales como se observa en la Figura 176.

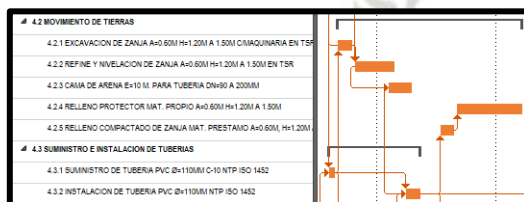


Figura 175 – Transición de la instalación de tuberías de PVC para la red de agua potable.
Fuente: Teves Esquivel, 2015.

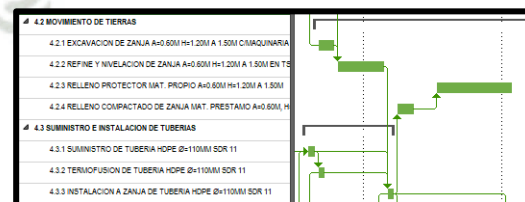


Figura 176 – Transición de la instalación de tuberías de HDPE para la red de agua potable.
Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

Para la instalación de la red de agua potable domiciliaria, en ambos casos es necesario que la línea principal ya se encuentre instalada para poder empalmar la red

domiciliaria a la red principal, con accesorios para la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) y por tapping tee en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), a este último se eliminó la cama de arena ya que su función es evitar que la trayectoria de la tubería se desvíe ocasionando fracturas o fisuras durante o después de la instalación tanto para tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y/o Hormigón (CSN).

7.4.2 Programación para red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El tiempo de instalación con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) como indica la Figura 177 sería de 30 días y al igual que la red de agua potable es necesario ya tener un gran avance de la excavación, mientras que para culminar la instalación con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tomaría 32 días como se ven en la Figura 178.

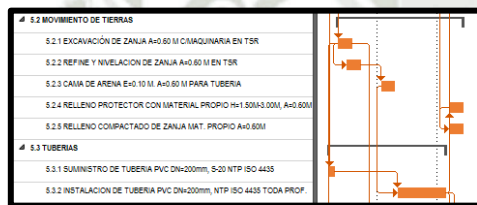


Figura 177 – Transición de la instalación de tuberías PVC para la red de alcantarillado.

Fuente: Teves Esquivel, 2015.

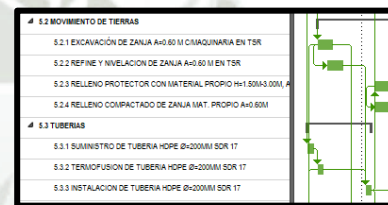


Figura 178 – Transición de la instalación de tuberías de HDPE para la red de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

Esto se debe al tiempo de espera para recibir la tubería de 1200 mm de diámetro SDR 41 como se ve en la Figura 179 que se exporta del extranjero y es necesario ya tener excavado para colocar esta tubería, ya que aquí en el país aún no se fabrican tuberías de estas dimensiones, en la Figura 180 los buzones de concreto que son fabricados y el tiempo de espera son por el secado del concreto.

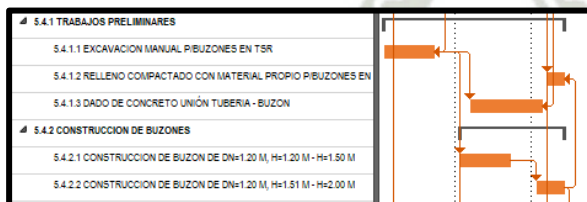


Figura 179 – Transición de la instalación de buzones de concreto para la red de alcantarillado

Fuente: Teves Esquivel, 2015.

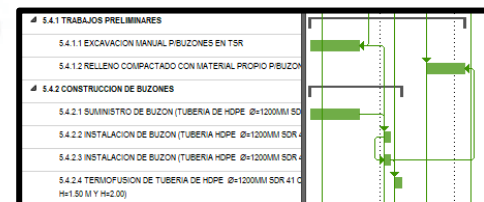


Figura 180 – Transición de la instalación de buzones con tubería HDPE para la red de alcantarillado.

Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

7.4.3 Programación para pruebas de campo

La prueba hidrostática y desinfección de las tuberías en las redes de agua potable, la prueba hidrostática de las redes de alcantarillado, prueba de compactación de suelos y prueba de calidad de concreto con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) tomo 22 días como se ve en la Figura 181, todas estas pruebas se realizaron después de haber sido colocadas en la zanja. Para el sistema con tuberías de Polietileno de Alta Densidad se tomarán 36 días, pero el inicio de las pruebas es durante su termofusión en el caso de los ensayos de flexión, para la prueba hidráulica y desinfección se realizará una vez que esté en zanja como se ve en la Figura 182.



Figura 181 – Tiempos de trabajo de cada prueba de campo para la red de alcantarillado y agua potable con tuberías de PVC.

Fuente: Teves Esquivel, 2015.

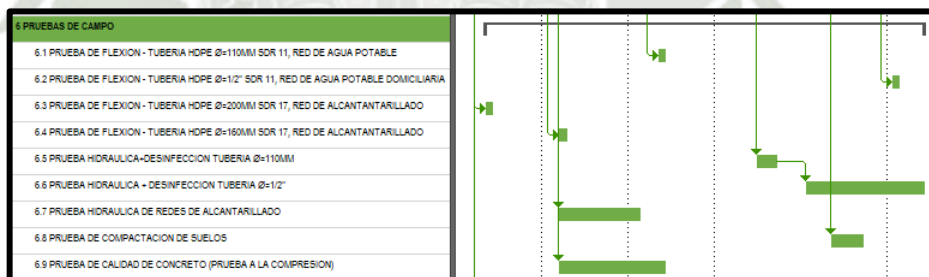


Figura 182 – Tiempos de trabajo de cada prueba de campo para la red de alcantarillado y agua potable con tuberías de HDPE.

Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

Luego de realizar la programación del proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA - AREQUIPA” sustituyendo la tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) por la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para la red de agua potable y alcantarillado en redes principales y domiciliarias se determinó que el nuevo plazo de ejecución sería de 53 días, en la Tabla 20 observaremos los

diferentes tiempos para cada tipo de tubería, cabe destacar que algunas tareas se realizan simultáneamente.

Tabla 20 – Programación para el proyecto en la Asociación de Vivienda Santa Catalina con tuberías de Polietileno de Alta Densidad y Policloruro de Vinilo (PVC)

#	Descripción	Tubería de HDPE Días	Tubería de PVC Días
1	Obras Provisionales	3	3
2	Obras Preliminares	3	3
3	Seguridad y Salud	23	23
4	Red de Agua Potable	40	45
5	Red de Alcantarillado	32	30
6	Pruebas de Campo	36	22
7	Varios	6	6
8	Plan de Manejo Ambiental	30	30

Fuente: Elaboración propia y Teves Esquivel, 2015.

7.5 Programación para la reparación de la red de agua potable y alcantarillado

El tiempo que se necesitara para reparar una fractura o fisura de la tubería, unión de tuberías o accesorios es determinado por la complejidad y de la cantidad de lesiones que tenga la red de agua potable o alcantarillado ya sea de Policloruro de Vinilo (PVC) o Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

7.6 Programación para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado

La programación que se realizó para el remplazo de la red de agua potable y alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) se realizó con el apoyo del ingeniero civil Teves Esquivel Oscar, mientras que para el remplazo con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) se aplicó los conocimientos y experiencia para realizar este tipo de trabajos. Para realizar este cambio se está tomando en cuenta el cambio de toda la tubería incluyendo accesorios después de 20 años de uso continuo, dentro de estos 20 años se está considerando los daños por épocas de lluvia y movimientos sísmicos que se puedan presentar, por lo tanto, se requiere un cambio de la red en su totalidad y solo se mantendrá o reutilizara la válvula de compuerta y el grifo contra incendios.

7.6.1 Programación para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

En la Figura 183 la estimación de días necesarios para realizar el cambio de la red de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) es de 23 días hábiles, la razón por la cual se toma mucho tiempo en realizar el cambio de la red se debe a que es necesario excavar, extraer y volver a enterrar la tubería, para más detalle de la programación se puede revisar el Anexo 18.

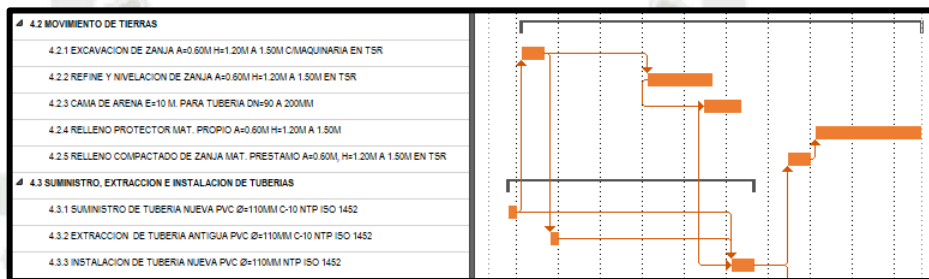


Figura 183 – Tiempo de trabajo para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).

Fuente: Elaboracion propia en Project Profesional.

Mientras que para el remplazo de tuberías con el método cracking con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tomaría aproximadamente 8 días como se ve en la Figura 184, revisar el Anexo 19 para más detalles.

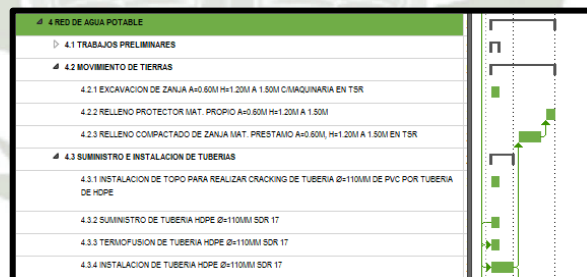


Figura 184 – Tiempos de trabajo para el remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

7.6.2 Programación para el remplazo de la red de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad

Como se ve en la Figura 185 se estima 24 días para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) debido a que es necesario excavar, extraer, volver a enterrar la tubería y en algunos casos volver a construir el buzón, para más detalles revisar el Anexo 20

4.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS	
4.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MÁQUINARIA EN TSR
4.2.2	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA A=0.60 M EN TSR
4.2.3	CAMA DE ARENA E=0.10 M, A=0.60 M PARA TUBERÍA
4.2.4	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M
4.2.5	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PROPIO A=0.60M
4.3 TUBERÍAS	
4.3.1	SUMINISTRO DE TUBERÍA NUEVA PVC DN=200mm, S-20 NTP ISO 4435
4.3.2	EXTRACCIÓN DE TUBERÍA ANTIGUA PVC DN=200mm, S-20 NTP ISO 4435
4.3.3	INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA PVC DN=200mm, NTP ISO 4435 TODA PROF.

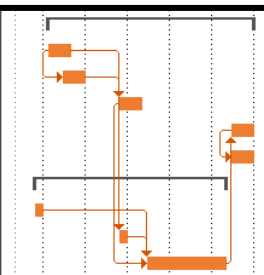


Figura 185 – Tiempo de trabajo para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).

Fuente: Expediente Técnico Santa Catalina – Ing. Teves Esquivel Oscar

Para el remplazo con tubería de Polietileno de Alta Densidad se ve en la Figura 186 que solo se necesita 9 días hábiles aplicando la técnica de cracking, evitando la excavación y cual quiere molestia para los vecinos e incluso el medio ambiente para más detalle de la programación se puede revisar el Anexo 21.

4.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS	
4.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MÁQUINARIA EN TSR
4.2.2	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M
4.2.3	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PROPIO A=0.60M
4.3 TUBERÍAS	
4.3.1	INSTALACION DE TOPO PARA REALIZAR CRACKING DE TUBERÍA Ø=200MM DE PVC POR TUBERÍA DE HDPE
4.3.2	SUMINISTRO DE TUBERÍA HDPE Ø=200MM SDR 41
4.3.3	TERMOFUSION DE TUBERÍA HDPE Ø=200MM SDR 41
4.3.4	INSTALACION DE TUBERÍA HDPE Ø=200MM SDR 41

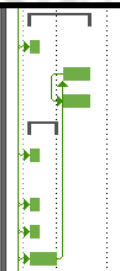


Figura 186 – Tiempos de trabajo para el remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Fuente: Elaboración propia en Project Profesional.

Análisis

La implementación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en el sector público de países primermundistas ya se viene realizando desde hace 30 años con resultados positivos, en Lima que es la capital con mayor desarrollo en Perú la modernización con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tiene una antigüedad no más de 10 años y en algunas localidades aledañas a Arequipa Metropolitana en los últimos 3 años se registran tramos cortos para el transporte de agua proveniente de fuentes naturales para riego, las razones por las que posicionan a las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en gran ventaja sobre las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Hormigón (CSN) son por su materia prima para su fabricación, características físicas y químicas, versatilidad para diferentes aplicaciones, métodos de unión, sus controles de calidad, métodos de cambio, la velocidad de instalación, reparación y los bajos costos. Entonces para que Arequipa Metropolitana siga en constante desarrollo es importante la modernización del sistema de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), sus procedimientos de unión y controles de calidad se encuentra bajo las diferentes normas del ASTM.

Actualmente en Arequipa Metropolitana existen tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC), Hormigón (CSN), asbesto y hierro fundido donde el 43 % del sistema de agua potable y 94% del sistema de alcantarillado cuentan con más de 20 años de antigüedad lo cual perjudica al sector público ya que ante desastres naturales las tuberías se terminan de fracturar, se rajan, revientan o se desfasan en sus uniones, debido a que son unidas mecánicamente, por espiga campana o pegamentos, provocando obstrucciones, inundaciones, escases de agua y propagación de enfermedades. Estos problemas se minimizarían con la modernización de los sistemas de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tienen una gran resistencia a los desastres naturales, a sobrepresiones, y una gran flexibilidad, con un tiempo de vida de 100 años incluso expuesto al sol.

En la asociación de vivienda Santa Catalina se realizó la instalación de tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) de 20 mm y 110 mm de diámetro Clase 10 para el sistema de agua potable mientras que para el sistema de alcantarillado fueron tuberías de 160 mm y 200 mm de diámetro Clase 20 – 25 para el beneficio de 27 familias, al realizar la

comparación con las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) manteniendo los diámetros y longitudes se escogieron las más comerciales que soporten la misma o mayor presión nominal, bajo esta premisa se escogieron tuberías SDR 11 para el sistema de agua potable y SDR 17 para el sistema de alcantarillado que soportan presiones del 60% hasta 100% más que las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) con longitudes de 12 m a 100 m. En el caso de los buzones de hormigón se remplazará por una tubería de 1200 mm de diámetro SDR 41 que es 10 veces más ligero por metro lineal que un buzón de concreto.

Luego de explicar detalladamente la configuración de la máquina de termofusión y electrofusión, procedimientos para realizar las uniones, ejecutar los controles de calidad en la línea de prueba de tubería de 110 mm de diámetro SDR11 se determinó que las mayores ventajas de las tuberías en Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es que durante su proceso de unión se puede registrar minuto a minuto todo el procedimiento mediante el Data Logger 6 procedimiento que no se puede realizar con cualquier otro tipo de tubería y los controles de calidad destructivos que demostraron que la soldadura es incluso más fuerte que el material base, la posibilidad de reparar o añadir una línea por medio de accesorios por electrofusión es una gran ventaja para ahorrar tiempo y obtener una unión tan confiable como la termofusión.

En el ensayo hidrostático de la línea de prueba se llegó a estabilizar a 1.2 (286 psi) veces su presión nominal (232 psi) por más de 12 horas, durante el proceso de bombeo la línea de prueba exploto en la tubería de 20 mm y tubería de 110 mm ambas de SDR 11 cuando se llegó a una presión de 505 y 597 psi respectivamente, las explosiones se produjeron en el material base.

Las tuberías de Polietileno de alta Densidad (HDPE) son muy amigables con el medio ambiente ya que son 100 % reutilizables y reciclables, también se minimiza el impacto ambiental al no necesitar en gran cantidad el movimiento de tierras si se realiza el cambio de las tuberías antiguas con el método de estallido de tuberías o cracking lo cual reduce significativamente la contaminación auditiva, visual y aire.

Como se determinó en la Tabla 15 el presupuesto de instalar tuberías de Polietileno de Alta Densidad para sistemas de agua potable y alcantarillado en la Asociación de Viviendas de Santa Catalina es 15% más caro que la original con tubería de Policloruro de Vinilo, pero el costo es directamente proporcional a su mayor eficacia, y el proyecto se ejecutaría en 53 días hábiles, el costo de una reparación en la tubería de

Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es muy parecidas a la de Policloruro de Vinilo (PVC), pero el tiempo de reparación es mucho más rápido y con mejor calidad, el costo para remplazar las tuberías del sistema de agua potable o alcantarillado es hasta un 26 % más económico y 40 % más rápido aplicando el estallido de tubería o cracking. Finalmente, el tiempo de vida de las tuberías de Polivinilo de Cloruro (PVC) es de un máximo de 30 años bajo tierra, mientras que las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) son de 100 años, añadiendo que la frecuencia de roturas o fracturas es mayor en tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC).



Conclusiones

Como objetivo general de esta tesis era establecer la eficiencia de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para la modernización del sistema de agua potable y alcantarillado en Arequipa Metropolitana. Ya que; el sistema actual de agua potable y alcantarillado está construido con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC), Hormigón (CSN), asbesto y hierro fundido de los cuales un gran porcentaje tiene más de 20 años de antigüedad, esto conlleva que los sistemas de agua potable y alcantarillado se fracturen y/o colapsen durante desastres naturales y apertura o cierre de los sistemas para realizar actividades de reparación y remplazo; frente a este escenario era muy importante iniciar acciones que permitan el uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) que beneficie al sector público como privado enfocado a consolidar la confiabilidad y ventajas de estas tuberías, acorde con la tendencia de países primer mundistas del uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en diferentes campos, de esta manera se decidió contribuir con una solución al problema con la propuesta de la mejora de los sistemas de agua potable y alcantarillado basado en el juicio y experiencia del investigador.

Por lo expuesto, este trabajo tiene como aporte principal cimentar las ventajas, propiedades, métodos de unión, control de calidad, costos, tiempo de ejecución y versatilidad de la tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en los sistemas de agua potable y alcantarillado.

De este modo las conclusiones derivadas del trabajo de investigación se vinculan entre sí los argumentos en el proceso de investigación para la mejora del sistema de agua potable y alcantarillado y son las que se exponen a continuación:

1. Se analizó y determinó con éxito que la implementación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) tienen ventajas competitivas frente a las tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y Hormigón (CSN), en la modernización e instalación de los sistemas de agua potable y alcantarillado.
2. Se estableció toda la información necesaria y detallada sobre las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) como sus características, métodos, procedimientos, controles de calidad bajo diferentes normas ASTM para cada tipo de unión, cuidados antes, durante y después de cada unión, costos, y tiempos de ejecución para el sector público.

3. Se llevó a cabo los diferentes ensayos de calidad para uniones por termofusión, extrusión y electrofusión obteniendo esfuerzos cercanos o superiores a los de la fabricación del material base (20 a 23 MPa), la calidad de las soldaduras están basados en cumplir los parámetros de presión, tiempo y la limpieza, el criterio de aceptación o rechazo no está definida en alguna norma, por lo cual obtener una rotura de tipo dúctil, frágil o mixta no determinara con exactitud si es una unión perfecta o no, es por eso que la mejor manera de saber si alguna unión pueda fallar o no a lo largo del sistema de tuberías es el ensayo hidráulico.
4. Se estipuló que el costo de instalación de los sistemas de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) es más económico a largo plazo, ya que por sus diferentes características tiene una vida útil de 100 años aun estando expuesta a la intemperie, la frecuencia de reparación es mínima o casi nula, la modernización o remplazo es más económica utilizando el método de cracking, en cuanto al tiempo de instalación es mucho más rápido debido a que se puede unir las tuberías fuera de zanja, las reparación se pueden realizar en línea viva por método de squeeze de tuberías y su tiempo de remplazo es 40% más rápido aplicando el cracking de tuberías.

Recomendaciones

Desde la perspectiva metodológica: se deja abierta la posibilidad de que este trabajo de investigación sirva como punto de partida para estudios posteriores, actualizando la información, o temas que tengan como constante el uso de tuberías de Polietileno de Alta Densidad.

Desde la perspectiva académica: promover a mis compañeros y colegas de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales de la Universidad Católica de Santa María, sobre la importancia de seguir investigando sobre las ventajas de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en los sistemas de agua potable, alcantarillado y otras aplicaciones, ya que día a día se plantean técnicas de fabricación, instalación y reparación para mantener u aumentar la ventaja sobre las demás tuberías de diferentes materiales.

Recomendaciones prácticas: es de vital importancia la experiencia del técnico soldador y el supervisor, ya que garantizaran el trabajo durante la unión por termofusión, extrusión y electrofusión, controles de calidad, instalación en zanja y traslado de las tuberías de Polietileno de Alta Densidad.

Se anima a la capacitación en cursos de formación de costos, presupuestos y programación usando software como Microsoft Project, Microsoft Excel, Autodesk Inventor, McElroy para realizar comparaciones económicas de materiales, análisis de costos unitarios, diseño y manejo de equipos para unión de tuberías.

La capacidad de poder determinar el tiempo de ejecución, costos, realizar los diferentes tipos de uniones y controles de calidad utilizando los diferentes equipos antes mencionados fue posible gracias a la experiencia conseguida en los diferentes trabajos en campo apoyando en dirigir la obra y personal.

Referencias Bibliográficas

- AM Group. (2022). *Parámetros y Control Visual de la Soldadura a Tope en PE*.
<https://www.aristegui.info/parametros-y-control-visual-de-la-soldadura-a-tope-en-pe/#>
- ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Welding, B. and F. (2015). *IX QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING, BRAZING, AND FUSING PROCEDURES; WELDERS; BRAZERS; AND WELDING, BRAZING, AND FUSING OPERATORS*.
- BCRP. (2022). *BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ SUCURSAL AREQUIPA CARACTERIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA I*.
<https://maps.google.com/>
- Breyca S.A.C. - Prestaciones y Servicios. (2022). *Componentes Mecánicos Para Sistemas de Conducción*. <https://www.breyca.com/bridas-de-respaldo-backup-rings-deltaflex.php>
- Cidelsa. (2022). *Tuberías Lisas HDPE*. www.cidelsa.com
- Colmenares, E. (2010). *Prueba Hidrostática en Tubería de Polietileno de Alta Densidad*.
https://www.academia.edu/17327952/PRUEBA_HIDROST%C3%81TICA_EN_TUBER%C3%8DA_POLIETILENO_DE_ALTA_DENSIDAD
- Constructora MPM. (2015, mayo 24). *Sistema Cracking Constructora MPM - YouTube*.
https://www.youtube.com/watch?v=dzLYfacHJns&ab_channel=ConstructoraMPM
- Construmatica. (2008, diciembre 16). *Uniones de las Tuberías de Hormigón*.
https://www.construmatica.com/construpedia/Uniones_de_las_Tuber%C3%ADAs_de_Hormig%C3%B3n
- Cueva López, R., Alcántara Díaz, M., Rivera Rojas, J. J., Lope Lope, A., & Peña Laureano, F. (2021). *Estudio Tarifario - Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa S.A. (SEDAPAR S.A.) 2021 - 2026*.
- Divyashree. (2014). An Investigation Of Durability And Reliability Of HDPE Pipe For Large Diameter Water Transmission Applications. *Uniwersytet Śląski*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>

- Donayre, J. (2014, julio 1). *Cambio de Tuberías Sin Zanja en obras de Lima Norte - SEDAPAL* - YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=SYZysJ9hqWY&ab_channel=JaimeDonayre
- DVS 2207-1. (2017). Welding of Thermoplastics Heated Tool Welding of Pipes, Pipeline Components and Sheets Made of PE-HD. *DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.*
- DVS-2202-1. (1989). Imperfections in Thermoplastics Welding Joints; Features, Descriptions, Evaluation. *DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.*
- Espinoza Álvarez, G. (2014). *Tubería de Polietileno de Alta Densidad*.
<https://deccomercializador.wixsite.com/dec-comercializadora/tuberia-pead>
- Expediente Técnico Santa Catalina. (2016). *Detalle de Buzón*.
- Fernández Aucapuella Asesor, F., & Mg Gerson Vega Rivera, I. (2020). Análisis comparativo de costo, tiempo y calidad entre tuberías de PVC y HDPE en instalación sanitaria de la Asociación Santa María del Gramadal, Lima 2019. En *Universidad Privada del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23467>
- Figueroa Huaco, J. M. (2018). Diseño de línea de conducción de agua potable para su suministro en los poblados anexos a San Francisco de Cayrán - Huánuco. En *Universidad de San Martín de Porres - USMP*.
<https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4613>
- García Cisneros, M. Á. (2014, junio 2). *Cracking o Reventamiento de tubería*. - YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=AS22WLgUAX0&ab_channel=Miguel%2081ngelGarc%20ADaCisneros
- GLM HDPE S.A.C. (2022, agosto 17). *Soldadura de Termofusión y Electrofundición HDPE*.
<https://termoelectroglm.com/nuestras-maquinas/>
- Gómez, G., López de Estrada, C., & Perié, D. (2020). *PRODUCCION DE TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC PARA DESAGÜE RESIDENCIAL*.
- Google Maps. (2022). *José Luis Bustamante y Rivero*.
<https://www.google.com/maps/place/Jos%C3%A9+Luis+Bustamante+y+Rivero/@-16.432695,-71.5316709,15z/data=!4m5!3m4!1s0x91424b2773cb5e5d:0x58f3d5dd63505554!8m2!3d-16.4341104!4d-71.5219477>

- HC Suministros. (2022). *Accesorios de Compresión HDPE*.
<https://www.hcsuministros.com/productos.html>
- HDPE Supply, F. and F. E. (2022). *Flange Adapters y Backup rings*.
<https://hdpesupply.com/4-ips-ductile-iron-backup-ring/>
- Hongli. (2019). *Bomba de prueba hidrostática DSY-60*.
<https://www.pipetool.com.cn/pid17635266/DSY60-60A-Electric-Pressure-Testing-Pump.htm>
- International Standard. (2017). *Plastics pipes and fittings-Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) piping systems*. www.spic.ir
- Jorvex. (2020). *Tuberías de PVC*. www.jorvex.com
- Made in China. (2022). *Fabricante de resina de polietileno de alta densidad Virgen de las materias primas de plástico Pellets de HDPE/HDPE gránulos de reciclado - China Virgen PEAD, gránulos de polietileno de alta densidad*. https://es.made-in-china.com/co_hblyplasticchemical/product_Manufacturer-High-Density-Polyethylene-Virgin-Resin-Plastic-Raw-Material-HDPE-Pellets-HDPE-Recycled-Granules_uouehneunu.html
- Manufacturing, M. (2019). *28 and 250 Fusion Machine Operator's Manual*.
www.P65warnings.ca.gov
- McElroy Inc. (2020, agosto 14). *McCalc® App*.
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mcelroy.mccalc&hl=es_419
- Neris, K. (2022, febrero 4). *Control de calidad en colocación de tubos de hormigón para alcantarillas*. <https://www.youtube.com/watch?v=49ee1XbLiEg>
- Plásticos Magonsa. (2021, abril 7). *Ahorrando petróleo con el reciclaje de polietileno de alta densidad (HDPE)*. <https://plasticosmagonsa.com/blog/ahorrando-petr%C3%B3leo-con-el-reciclaje-de-polietileno-de-alta-densidad-hdpe>
- Plastics Pipe Institute. (2021). *Handbook of Polyethylene Pipe* (2a ed.).
https://www.plasticpipe.org/MunicipalIndustrial/Shared_Content/Shop/PE-Handbook.aspx
- Plastiforte. (2022). *Manual Técnico y de Instalación*.
- PRECONAL. (2019). *Uso y Aplicaciones de los tubos*.
<http://www.preconalbolivia.com/1/aplicacion-de-los-tubos.html>

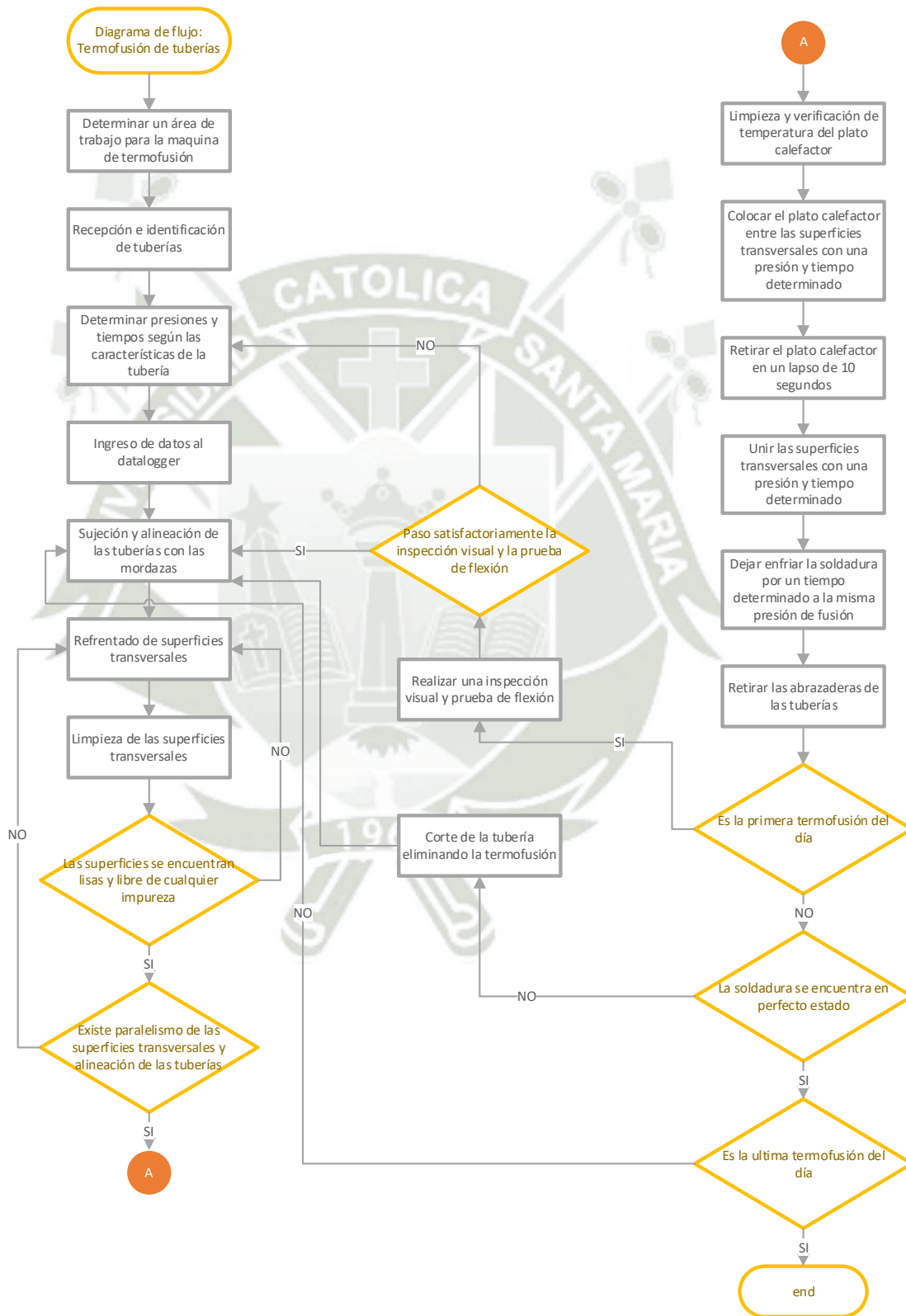
- QuimiNet. (2011, junio 23). *Tuberías con franjas, la clave para su identificación*.
<https://www.quiminet.com/articulos/tuberias-con-franjas-la-clave-para-su-identificacion-61627.htm>
- Ritmo - Plastic Welding Technology. (2022). *Internal Debeader Fusion a Tope*.
<https://www.ritmo.it/es/butt-fusion-for-pressure-pipe/rid-2/>
- Ritmo Plastic Welding Technology. (2010). *Soldadora para Conexiones Electrosoldables Polivalente*.
- Sanchez, A. (2022, abril 24). *Refrigeración de máquinas extrusoras de plástico*.
Refrigeración En El Proceso de Extrusión de Plástico.
<https://www.seguas.com/refrigeracion-en-el-proceso-de-extrusion-de-plastico/>
- Schmidt, F., Pirc, N., Mongeau, M., & Chinesta, F. (2011). Efficient Mold Cooling Optimization by Using Model Reduction. *International Journal of Material Forming*, 4(1), 73–82. <https://doi.org/10.1007/S12289-010-0988-5>
- SGE. (2022). *SGE PERÚ - Tubería Lisa de HDPE*. <https://sge-peru.com/service/tuberia-lisa-de-hdpe/>
- Solmax. (2022). *Solmax Chile - TUBERÍA HDPE PE100*.
<https://solmaxchile.com/index.php/tuberia/item/330-tuberia-hdpe-pe100>
- SUNASS. (2021). *Determinación del Área de Prestación de Servicios del Departamento de Arequipa*. www.sunass.gob.pe
- Tamay Vílchez, E. (2020). Análisis de costos y tiempos para la rehabilitación del sistema de red de alcantarillado utilizando tuberías flexibles mediante el método de Cracking, en comparación al método tradicional, en las Mz. 80 a 90 del sector J. Bernardo Alcedo, del distrito de Villa María del Triunfo. En *Universidad Nacional Federico Villarreal*. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5013>
- Technipol Tecnología en Piping. (2012). *Conexiones Para Tuberías de HDPE*.
<https://docplayer.es/88786463-Fittings-segmentados-y-piezas-especiales-fittings-inyectados-de-hdpe-20-fittings-segmentados-21-piezas-especiales-21.html>
- Teves Esquivel, O. (2015a). *Expediente Técnico Santa Catalina - Presupuesto*.
- Teves Esquivel, O. (2015b). *Expediente Técnico Santa Catalina - Programación*.
- Teves Esquivel, O. (2015c). *Expediente Técnico Santa Catalina - Memoria Descriptiva*.
- Tigre. (2015). *Tubos de Polietileno*.
- Tigre. (2022). *Conexiones de Electrofusión - Catalogo Técnico*. www.tigre.cl

- TRAXCO. (2016, agosto 24). *Instalación de bloques de anclaje en tuberías enterradas*.
<https://www.traxco.es/blog/pivotes-de-riego/bloques-de-anclaje>
- Tubería Moreno. (2015). *Tipos de uniones para tubo de polietileno*. |.
<https://hdpe.tuberiamoreno.com/2017/03/28/tipos-de-uniones-para-tubo-de-polietileno/>
- Underground Construction. (2022). *Rolling 28 Combinación Unit*.
- Venkatesh, C. (2012). *PERFORMANCE COMPARISON OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE PIPE (HDPE) IN MUNICIPAL WATER APPLICATIONS*.
- VICEMINISTERIO DE GOBERNANZA TERRITORIAL. (2017). *Información Territorial del Departamento de Arequipa*.
- Zavala Delgadillo, L. I., & Zavala Delgadillo, L. I. (2020). Mejoramiento y ampliación del servicio de saneamiento básico, agua y desagüe en la CC.NN. de Nuevo Mundo y anexo Selva Verde del distrito de Megantoni - La Convención - Cusco. En *Universidad Nacional de Ingeniería*.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/21885>

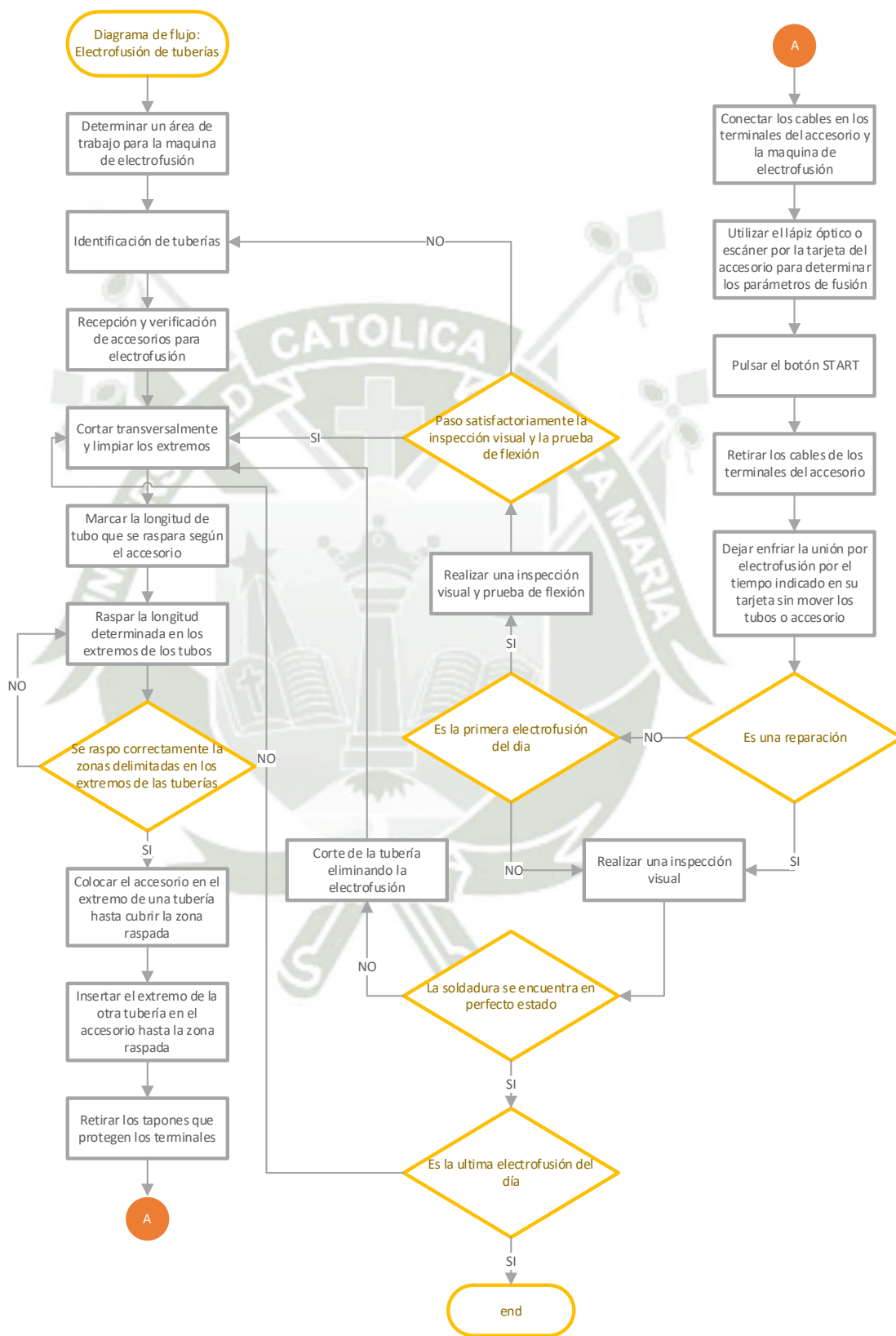
Anexos

Anexo 1: Diagrama de flujo para la termofusión de tuberías de Polietileno de Alta

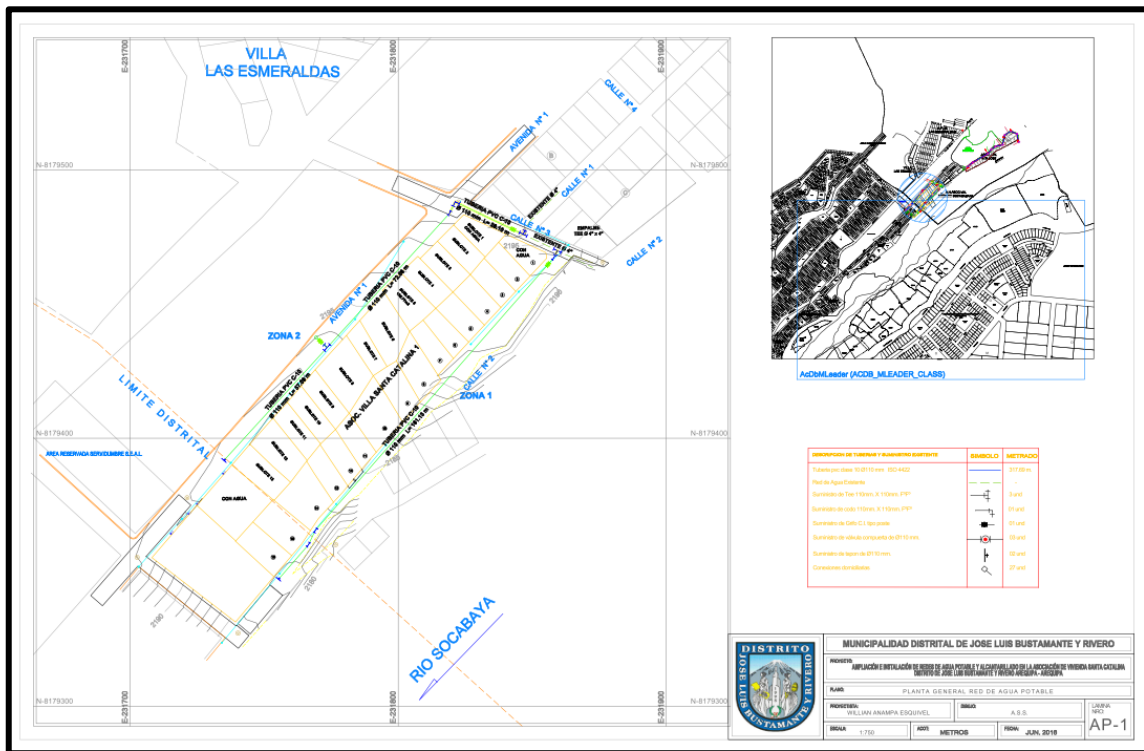
Densidad (HDPE)



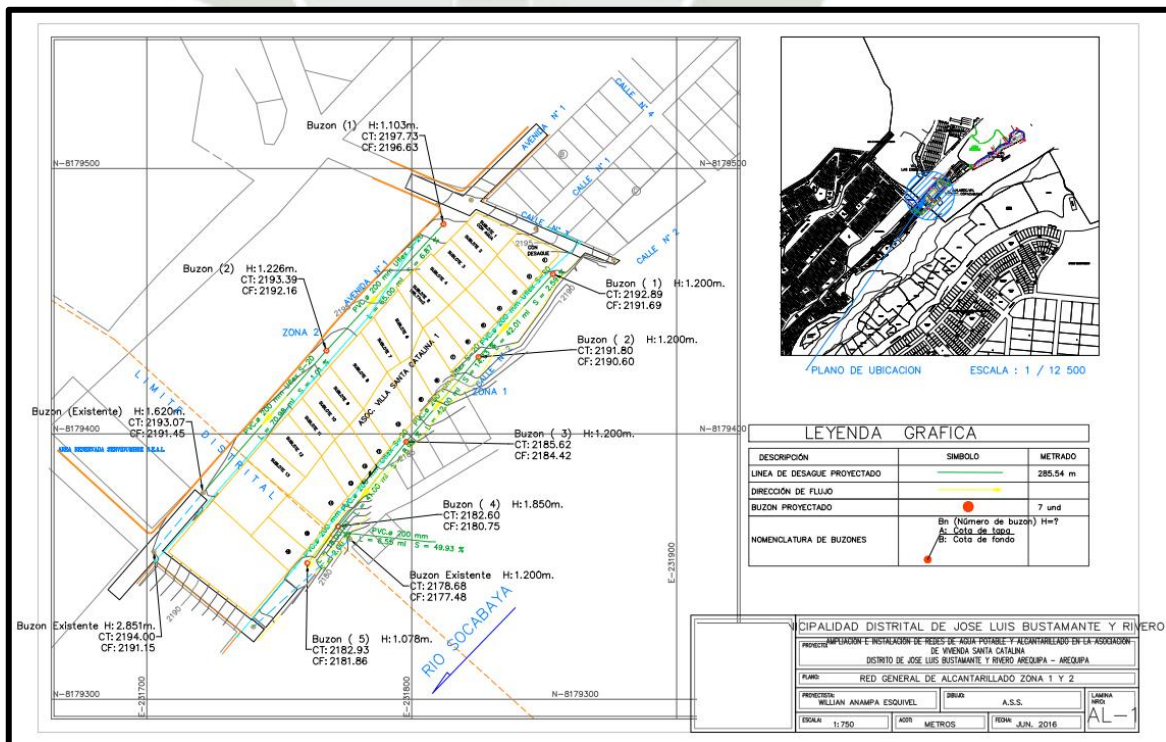
Anexo 2: Diagrama de flujo para la electrofusión de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)



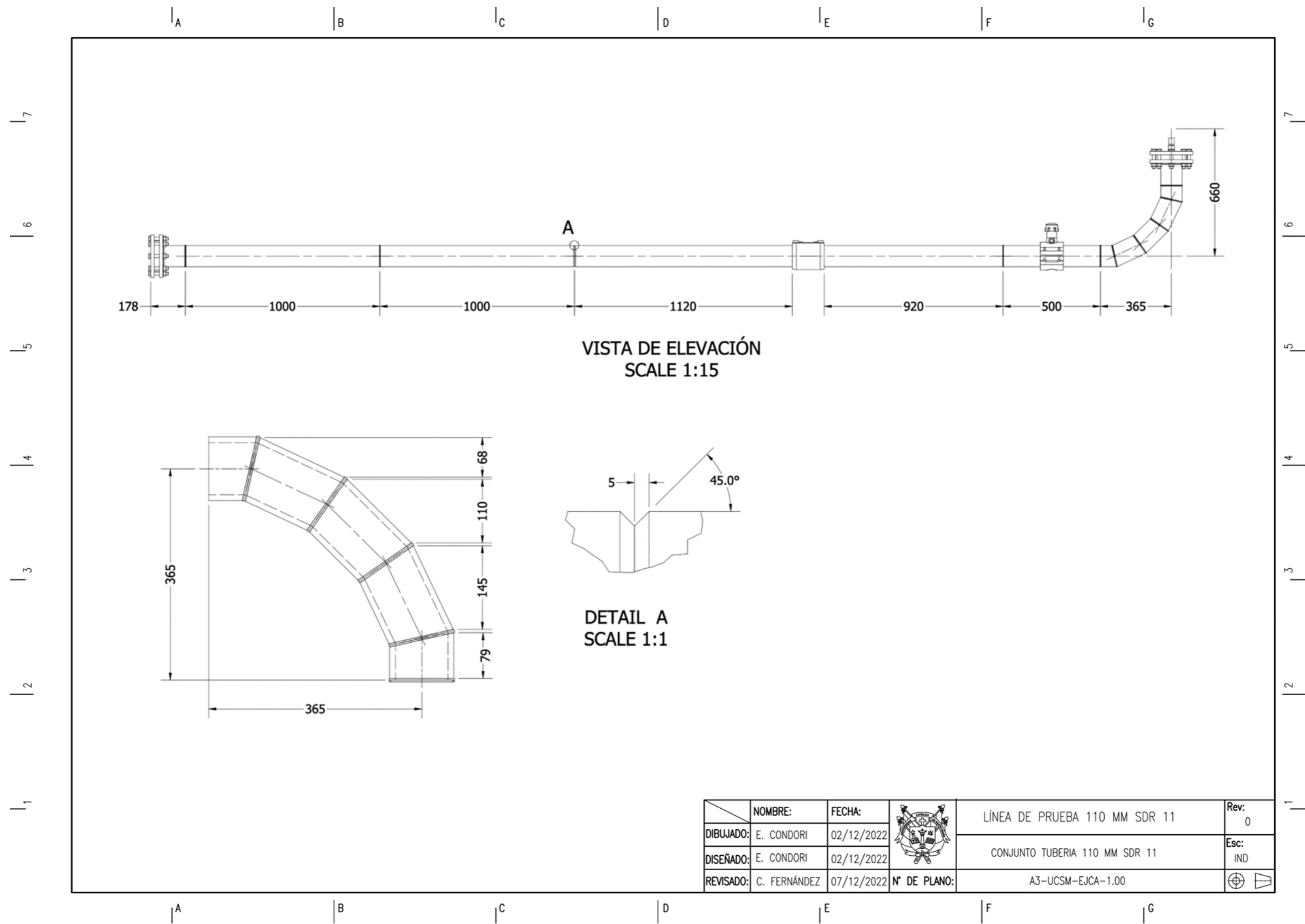
Anexo 3: Plano de tendido de tubería Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro para agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.



Anexo 4: Plano de tendido de tubería Policloruro de Vinilo (PVC) de 110 mm de diámetro para agua potable en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.

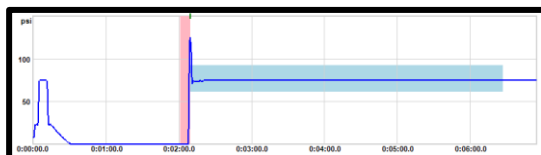


Anexo 5: Plano del diseño de la línea de prueba con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.

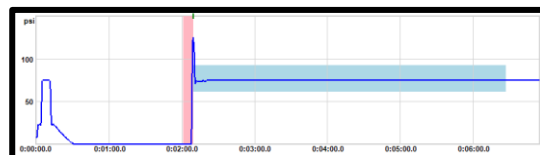


Anexo 6: Gráficas Presión [psi] vs Tiempo [min] de las uniones por termofusión de la tubería de 110 milímetros de diámetro SDR 11.

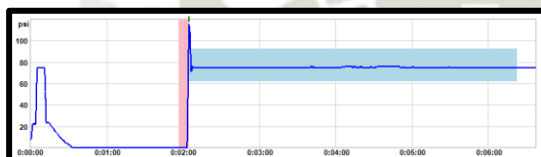
(a) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 2



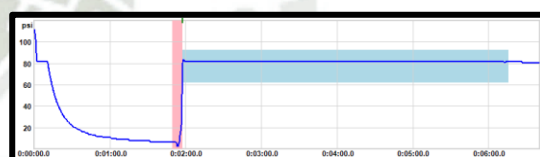
(b) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 3



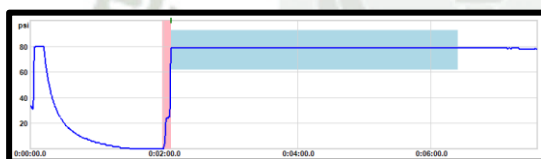
(c) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 4



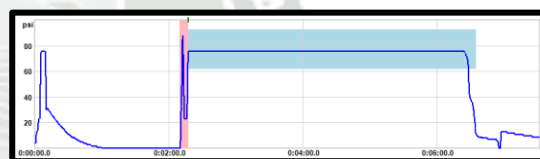
(d) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 6



(e) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 7



(f) Gráfica Presión [psi] vs Tiempo [min] de la unión 8



Anexo 7: Formatos de control de calidad de la línea de prueba con tubería de Alta Densidad (HDPE) de 110 mm de diámetro SDR 11.

System of Quality Control forms for HDPE pipe testing. Each form includes:

- Header:** Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ingeniería, and project details.
- Diagram:** Cross-section of the pipe with dimensions (110 mm diameter, SDR 11).
- Table 1:** Dimensional and tolerance specifications for the pipe.
- Table 2:** Characterization of the material (HDPE).
- Table 3:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 4:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 5:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 6:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 7:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 8:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 9:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 10:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 11:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 12:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 13:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 14:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 15:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 16:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 17:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 18:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 19:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 20:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 21:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 22:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 23:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 24:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 25:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 26:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 27:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 28:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 29:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 30:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 31:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 32:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 33:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 34:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 35:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 36:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 37:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 38:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 39:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 40:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 41:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 42:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 43:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 44:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 45:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 46:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 47:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 48:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 49:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 50:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 51:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 52:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 53:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 54:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 55:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 56:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 57:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 58:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 59:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 60:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 61:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 62:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 63:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 64:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 65:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 66:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 67:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 68:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 69:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 70:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 71:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 72:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 73:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 74:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 75:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 76:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 77:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 78:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 79:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 80:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 81:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 82:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 83:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 84:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 85:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 86:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 87:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 88:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 89:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 90:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 91:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 92:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 93:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 94:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 95:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 96:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 97:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 98:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 99:** Test results for different pipe sections (A, B, C).
- Table 100:** Test results for different pipe sections (A, B, C).

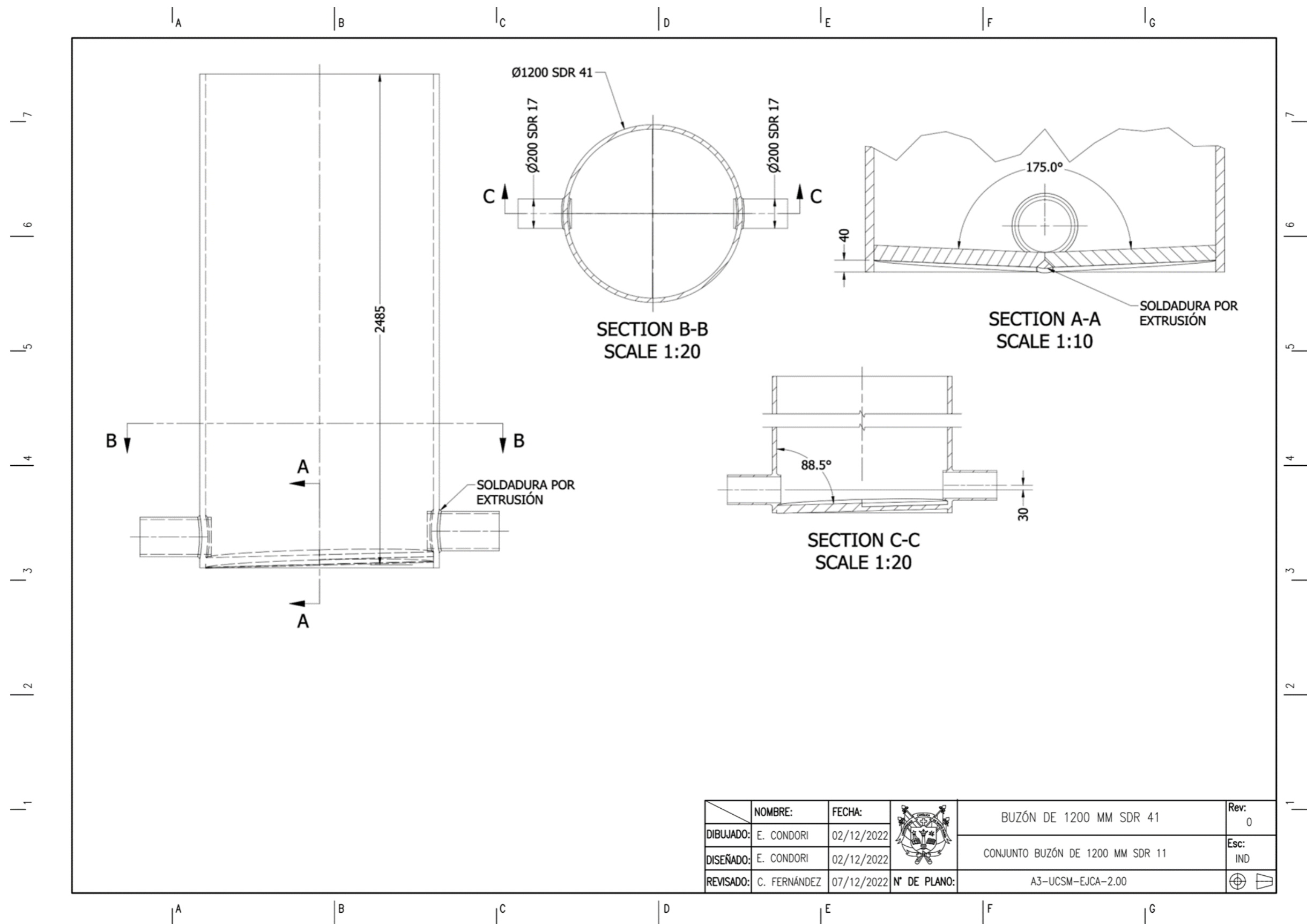
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		REVISIÓN: 01
ESPECIALIDAD MECÁNICA - PUNING		PÁGINA: 01
REGISTRO DE PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN		
PROYECTO:	ITEM 2022 - PUNCA	Nº DE REVISTA: 01-16
CLIENTE:	UCSM	FECHA: 20/09/2022
Nº DE CONTRATO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
LINEA DE NEGOCIO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
FECHA DE EMISIÓN:	20/09/2022	
<p>PLANO Y/O FICHA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>CONDICIONES DEL EXAMEN: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p>		
<p>APROBACIÓN DE EMPRESA RESPONSABLE</p> <p>Nombre y Apellido: [Firma]</p> <p>Fecha: 20/09/2022</p>		

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		REVISIÓN: 01
ESPECIALIDAD MECÁNICA - PUNING		PÁGINA: 01
REGISTRO DE PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN		
PROYECTO:	ITEM 2022 - PUNCA	Nº DE REVISTA: 01-16
CLIENTE:	UCSM	FECHA: 20/09/2022
Nº DE CONTRATO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
LINEA DE NEGOCIO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
FECHA DE EMISIÓN:	20/09/2022	
<p>PLANO Y/O FICHA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>CONDICIONES DEL EXAMEN: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p>		
<p>APROBACIÓN DE EMPRESA RESPONSABLE</p> <p>Nombre y Apellido: [Firma]</p> <p>Fecha: 20/09/2022</p>		

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		REVISIÓN: 01
ESPECIALIDAD MECÁNICA - PUNING		PÁGINA: 01
REGISTRO DE PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN		
PROYECTO:	ITEM 2022 - PUNCA	Nº DE REVISTA: 01-16
CLIENTE:	UCSM	FECHA: 20/09/2022
Nº DE CONTRATO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
LINEA DE NEGOCIO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
FECHA DE EMISIÓN:	20/09/2022	
<p>PLANO Y/O FICHA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>CONDICIONES DEL EXAMEN: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA DE PULSA Y BOMBAS DE PULSA PARA USINADOS POR ELECTROEROSIÓN</p>		
<p>APROBACIÓN DE EMPRESA RESPONSABLE</p> <p>Nombre y Apellido: [Firma]</p> <p>Fecha: 20/09/2022</p>		

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD		REVISIÓN: 01
ESPECIALIDAD MECÁNICA - PUNING		PÁGINA: 01
REGISTRO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA		
PROYECTO:	ITEM 2022 - PUNCA	Nº DE REVISTA: 01-16
CLIENTE:	UCSM	FECHA: 20/09/2022
Nº DE CONTRATO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
LINEA DE NEGOCIO:	ASIS-01	FECHA: 20/09/2022
FECHA DE EMISIÓN:	20/09/2022	
<p>PLANO Y/O FICHA: PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA</p> <p>CONDICIONES DEL EXAMEN: PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA</p> <p>TIPO DE PRUEBA: PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA</p>		
<p>APROBACIÓN DE EMPRESA RESPONSABLE</p> <p>Nombre y Apellido: [Firma]</p> <p>Fecha: 20/09/2022</p>		

Anexo 8: Plano del diseño del buzón de alcantarillado con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) de 1200 mm de diámetro SDR 41.



	NOMBRE:	FECHA:		BUZÓN DE 1200 MM SDR 41	Rev: 0
DIBUJADO:	E. CONDORI	02/12/2022		CONJUNTO BUZÓN DE 1200 MM SDR 11	Esc: IND
DISEÑADO:	E. CONDORI	02/12/2022	N° DE PLANO:	A3-UCSM-EJCA-2.00	
REVISADO:	C. FERNÁNDEZ	07/12/2022			

Anexo 9: Presupuesto general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

METAS FISICAS DEL PROYECTO				
Item	Descripción	Und.	Metodo	Presio \$ Parcial \$
01	OBRAS PRELIMINARES			
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE \$ 4x3M	und	1.00	1.800,00
01.02	INDICACION Y DEMARCACION DE CUERPOS MANDADOS Y VEREDALES PARA	und	1.00	2.000,00
01.03	ALMACEN PRELIMINAR DE CEREA	m2	30,00	660,00
02	OBRAS PRELIMINARES			
02.01	CAJON DE VENTILACION PRELIMINAR DE CONCRETO	m2	7,00	2.800,00
02.02	BAJADA DE VENTILACION DE CONCRETO	m2	42,00	2.520,00
02.03	ALMACEN PRELIMINAR DE CONCRETO 2Mx3M	m2	2,00	2.200,00
03	SEGURIDAD Y SALUD			
03.01	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD DEL TENDIDO	nos	2,00	2.200,00
03.02	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	und	60,00	5.700,00
03.03	CAJON DE PROTECCION COLECTIVA	und	1,00	2.000,00
03.04	SEÑALIZACION DE SEGURIDAD DE 1M DE ALTA PARA PLAN DE SEGURIDAD	und	30,00	1.500,00
03.05	SEÑALIZACION DE SEGURIDAD DE 1M	und	1,00	1.400,00
04	TRABAJOS PRELIMINARES			
04.01	LECCION DE TERRENO MUEVAL	m2	19,30	1.290,00
04.02	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.03	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.04	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.05	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.06	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.07	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.08	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.09	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.10	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.11	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.12	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.13	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.14	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.15	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.16	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.17	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.18	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.19	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.20	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.21	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.22	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.23	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.24	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.25	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.26	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.27	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.28	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.29	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.30	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.31	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.32	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.33	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.34	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.35	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.36	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.37	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.38	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.39	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.40	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.41	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.42	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.43	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.44	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.45	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.46	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.47	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.48	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.49	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.50	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.51	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.52	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.53	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.54	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.55	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.56	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.57	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.58	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.59	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.60	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.61	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.62	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.63	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.64	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.65	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.66	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.67	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.68	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.69	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.70	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.71	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.72	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.73	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.74	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.75	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.76	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.77	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.78	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.79	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.80	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.81	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.82	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.83	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.84	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.85	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.86	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.87	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.88	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.89	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.90	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.91	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.92	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.93	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.94	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.95	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.96	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.97	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.98	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
04.99	TRAYO Y VENTILACION PRELIMINAR	m2	23,00	1.150,00
05	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
05.01	EXCAVACION DE ZANJA A 80CM X 120CM A 15CM DE PROFUNDIDAD EN TER	m3	274,00	214,00
05.02	RETRE Y VENTILACION DE ZANJA A 80CM X 120CM	m3	1.200,00	600,00
05.03	CUBA DE ARENADO DE 1,00 X 1,00 X 0,30M	m3	30,00	30,00

06.01	RELLENO PROTECTOR DE MATERIAL PIEDRA A 20CM X 30CM A 10CM	m3	200,00	1.600,00
06.02	RELLENO PROTECTOR DE ZANJA Y PROTECCION DE ZANJA	m3	100,00	800,00
06.03	TUBERIAS			
06.03.01	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.02	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.03	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.04	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.05	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.06	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.07	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.08	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.09	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.10	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.11	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.12	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.13	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.14	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.15	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.16	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.17	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.18	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.19	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.20	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.21	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.22	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.23	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.24	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.25	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.26	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.27	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.28	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.29	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.30	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.31	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.32	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.33	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.34	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.35	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.36	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.37	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.38	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.39	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03.40	RELLENO PROTECTOR DE TUBERIA PVC 100X100MM 5.00X10.00X400	m	200,00	200,00
06.03				

Anexo 11: Cotizaciones

(a) Cotización de tuberías, accesorios y complementos para la red de agua potable y alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Item	Cant.	Descripción	Unid.	P. Unit.	P. Parcial	
RED DE AGUA POTABLE						
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS						
1.10		SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	m	5.38	1,718.07	
1.11	333.00	TUBERIA HDPE 90 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	m			
SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS						
2.10		SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS	und	29.00	87.00	
2.11	3.00	TEE HDPE 90 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	29.00	87.00	
2.12	3.00	TEE HDPE 110 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	36.00	108.00	
2.13	1.00	CODO DE 90° HDPE 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	23.00	23.00	
2.14	1.00	CODO POR ELECTROFUSION DE 90° HDPE Ø=110MM SDR17	und	29.00	29.00	
2.15	2.00	TAPON HDPE 90 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	16.00	32.00	
2.16	2.00	TAPON HDPE 110 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	22.00	44.00	
2.17	10.00	FLANGE ADAPTER HDPE 90 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	18.00	180.00	
2.18	10.00	FLANGE ADAPTER HDPE 110 4427 Ø=110MM, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	22.00	220.00	
2.19	10.00	BACK UP RING PARA TUBO HDPE Ø=110MM SDR17	und	18.00	180.00	
2.20	10.00	SEPARADOR CON TUBERIA Y VULNERA PARA BACK UP RING POR 2"X10"	und	15.00	150.00	
2.21	20.00	TRAPAJE PARA UNION MECANICA DE BACK UP RING	und	6.00	120.00	
2.22	10.00	ACOPLE POR ELECTROFUSION PARA TUBERIA DE Ø=110 MM SDR 17	und	38.89	388.90	
SUMINISTRO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE						
3.10		SUMINISTRO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE	m	1.20	120.00	
3.11	100.00	TUBERIA HDPE Ø=110" 90 4427, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	m	1.20	120.00	
3.12	27.00	CODO 90° HDPE Ø=110" 90 4427, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	4.20	113.40	
3.13	27.00	CODO 45° HDPE Ø=110" 90 4427, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	8.50	229.50	
3.14	27.00	CODO 45° HDPE Ø=110" 90 4427, PE100 PN8 SDR17 NEGRA LISA	und	4.20	113.40	
3.15	27.00	CODO POR ELECTROFUSION 45° HDPE Ø=110" SDR 17	und	8.50	229.50	
3.16	27.00	CODO POR ELECTROFUSION 45° HDPE Ø=110" SDR 17	und	4.08	110.16	
3.17	10.00	VALVULA DE PASO HDPE Ø=110" SDR 17	und	8.20	82.00	
RED DE ALCANTARILLADO						
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS						
1.00		SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	m	8.60	2,741.16	
1.01	285.34	TUBERIA HDPE 90 4427 Ø=200MM, PE100 PN4 SDR 41 NEGRA LISA	m			
SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS						
2.00		SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS	und	91.20	9,000.00	
2.01	30.00	ACOPLE POR ELECTROFUSION PARA TUBERIA HDPE Ø=200MM SDR 41	und	304.00	9,120.00	
2.02	6.00	TUBERIA HDPE 90 4427 Ø=120MM, PE100 PN4 SDR 41 NEGRA LISA, POR 12 MT.	und	270.00	1,620.00	
SUM. E INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO						
3.00		SUM. E INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO	m	6.00	616.70	
3.01	100.00	TUBERIA HDPE 90 4427 Ø=180MM, PE100 PN4 SDR 41 NEGRA LISA	m	6.17	617.00	
3.02	100.00	ACOPLE POR ELECTROFUSION PARA TUBERIA HDPE Ø=180MM SDR 41	m	20.00	2,000.00	
3.03	27.00	REDUCCIONES HDPE 4" A 1" SDR 41 PE100 PN4	und	60.00	1,620.00	
3.04	2.00	PLANCHAS HDPE 1 IN DE ESPESOR, 1.20 X 2.40 MT.	und	953.84	1,907.68	
					Sub Total:	\$ 16,560.36
					IGV 18 %	\$ 2,980.86
					TOTAL	\$ 19,541.22

(b) Cotización de electrofusión y termofusión de los diferentes diámetros de tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

ITEM	UNIDAD DE OBRA O CONCEPTO	U.M.	Metrado	Precio US\$	Parcial US\$
Presupuesto					
Termofusion y Electrofusion de tubería HDPE de 200mm y 110mm					
Subpresupuestos					
Termofusion y Electrofusion de tubería HDPE de 200mm y 110mm					
Cliente: Condori Apaza Eduardo Joshua					
Lugar: Arequipa					
01	OBRAS PRELIMINARES Y TEMPORALES				150.00
01.01	Movilizacion y Desmovilizacion de equipo y Herramientas	glb	1.00	150.00	150.00
02	UNION DE TUBERIAS HDPE				4,707.83
02.01	Termofusion de tubería HDPE de 200 mm	mt	285.00	5.60	1,596.00
02.02	Termofusion de tubería HDPE de 110 mm	mt	319.00	3.87	1,234.53
02.03	Electrofusion de tubería HDPE de 200 mm	Und	50.00	10.54	527.00
02.04	Electrofusion de tubería HDPE de 110 mm	Und	54.00	8.20	442.80
	Termofusion de tubería HDPE de 1/2 in	mt	100.00	3.00	300.00
	Termofusion de tubería HDPE de 110 mm	mt	135.00	4.50	607.50
Costo Directo					4,857.83
Gastos Generales (Adminstr., examen medico, SCTR, EPP etc)					15.00% 728.67
Utilidad					12.00% 582.94
Costo Total					6,169.44
SON: CINCO MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CUATRO CON 34/100 DOLARES AMERICANOS.					
Fecha: 20/07/2022					

(c) Cotización para el estallido de tubería o cracking de tubería

ITEM		UNIDAD DE OBRA O CONCEPTO	U.M.	Metrado	Precio US\$	Parcial US\$
01		OBRAS PRELIMINARES Y TEMPORALES				480.00
01.01		Movilizacion y Desmovilizacion de equipo y Herramientas	glb	1.00	480.00	480.00
02		INSTALACION DE PIPAS DE HDPE DE 110 Y 200MM.				4,975.45
02.01		Montaje e Instalacion de Pipa de HDPE de diametro 110mm	mt	318.90	7.23	2,305.65
02.02		Montaje e Instalacion de Pipa de HDPE de diametro 200mm	mt	285.54	9.35	2,669.80
Costo Directo						5,455.45
Gastos Generales (Administr., examen medico, SCTR, EPP etc)					15.00%	818.32
Utilidad					12.00%	654.65
Costo Total						6,928.42
SON:		CINCO MIL OCHOCIENTOS DIECISIETE CON 87/100 DOLARES AMERICANOS.				



Anexo 12: Presupuesto para reparación en el sistema de agua potable.

(a) Presupuesto de reparación del sistema de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto REPARACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE PVC Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	gb	1.00	500.00	500.00
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	9.00	28.81	259.29
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB, IMPL Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	gb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PLIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	246.70	246.70
04	RED DE AGUA POTABLE				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION A=0.60M H=1.20M A 1.50M CMAQUINARIA EN TSR	m2	9.00	15.79	142.11
04.02.02	CAMA DE ARENA E=10 M. PARA TUBERIA DN=90 A 200MM	m2	9.00	3.69	33.21
04.02.03	RELLENO PROTECTOR MAT. PROPIO A=0.60M H=1.20M A 1.50M	m2	9.00	4.79	43.11
04.02.04	RELLENO COMPACTADO A=0.60M, H=1.20M A 1.50M EN TSR	m2	9.00	47.23	425.07
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
04.03.01	SUMINISTRO DE NIPLE PVC Ø=110MM C-10 NTP ISO 1452	und	1.00	125.50	125.50
04.03.02	INSTALACION DE NIPLE PVC Ø=110MM NTP ISO 1452	und	1.00	36.90	36.90
05	VARIOS				
05.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	9.00	51.66	464.94
06	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
06.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m2	9.00	1.77	15.93
COSTO DIRECTO					4,897.30
GASTOS GENERALES (13.814%)					676.51
UTILIDAD (8.0%)					391.78
SUBTOTAL					5,965.59
IMPUESTO (IGV 18%)					1,073.81
TOTAL PRESUPUESTO					7,039.40

(b) Presupuesto de reparación del sistema de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto REPARACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE HDPE Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	gb	1.00	500.00	500.00
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	9.00	28.81	259.29
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB, IMPL Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	gb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PLIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	246.70	246.70
04	RED DE AGUA POTABLE				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION A=0.60M H=1.20M A 1.50M CMAQUINARIA EN TSR	m2	9.00	15.79	142.11
04.02.02	RELLENO PROTECTOR MAT. PROPIO A=0.60M H=1.20M A 1.50M	m2	9.00	4.79	43.11
04.02.03	RELLENO COMPACTADO A=0.60M, H=1.20M A 1.50M EN TSR	m2	9.00	47.23	425.07
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
04.03.01	SUMINISTRO DE NIPLE POR ELECTROFUSION DE HDPE PARA TUBERIA DE DN=110 MM SDR 17	und	1.00	136.38	136.38
04.03.02	ELECTROFUSION DE NIPLE DE HDPE PARA TUBERIA DE DN=110 MM SDR 17	und	1.00	31.16	31.16
05	VARIOS				
05.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	9.00	51.66	464.94
06	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
06.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m2	9.00	1.77	15.93
COSTO DIRECTO					4,869.23
GASTOS GENERALES (13.814%)					672.64
UTILIDAD (8.0%)					389.54
SUBTOTAL					5,931.41
IMPUESTO (IGV 18%)					1,067.65
TOTAL PRESUPUESTO					6,999.06

Anexo 13: Presupuesto para reparación en la red de alcantarillado.

(a) Presupuesto de reparación de la red de alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<small>Cliente: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto: REPARACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE PVC Lugar: AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO</small>					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	500.00	500.00
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	9.00	28.81	259.29
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB. IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PLIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	246.70	246.70
04	RED DE ALCANTARILLADO				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MAQUINARIA EN TSR	m3	9.00	21.14	190.26
04.02.02	CAMA DE ARENA E=0.10 M. A=0.60 M PARA TUBERIA	m	9.00	3.35	30.15
04.02.03	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M	m	9.00	5.63	50.67
04.02.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M	m3	9.00	84.45	760.05
04.03	TUBERIAS				
04.03.01	SUMINISTRO DE NIPLA PVC DN=200mm, S-20 NTP ISO 4435	und	1.00	160.50	160.50
04.03.02	INSTALACION DE NIPLA PVC DN=200mm, NTP ISO 4435 TODA PROF.	und	1.00	97.30	97.30
05	VARIOS				
05.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	9.00	51.66	464.94
06	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
06.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	9.00	1.77	15.93
	COSTO DIRECTO				5,380.33
	GASTOS GENERALES (13.814%)				743.24
	UTILIDAD (8.0%)				430.43
	SUBTOTAL				6,554.00
	IMPUESTO (IGV 18%)				1,179.72
	TOTAL PRESUPUESTO				7,733.72

(b) Presupuesto de reparación de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<small>Cliente: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto: REPARACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE HDPE Lugar: AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO</small>					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.02	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	500.00	500.00
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	9.00	28.81	259.29
02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB. IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PLIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	246.70	246.70
04	RED DE ALCANTARILLADO				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MAQUINARIA EN TSR	m3	9.00	21.14	190.26
04.02.02	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M	m	9.00	5.63	50.67
04.02.03	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M	m3	9.00	84.45	760.05
04.03	TUBERIAS				
04.03.01	SUMINISTRO DE NIPLA POR ELECTROFUSION DE HDPE PARA TUBERIA DE DN=200 MM SDR 41	und	1.00	194.56	194.56
04.03.02	ELECTROFUSION DE NIPLA DE HDPE PARA TUBERIA DE DN=200 MM SDR 41	und	1.00	40.05	40.05
05	VARIOS				
05.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	9.00	51.66	464.94
06	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
06.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	9.00	1.77	15.93
	COSTO DIRECTO				5,326.99
	GASTOS GENERALES (13.814%)				735.87
	UTILIDAD (8.0%)				426.16
	SUBTOTAL				6,489.02
	IMPUESTO (IGV 18%)				1,168.02
	TOTAL PRESUPUESTO				7,657.04

Anexo 14: Presupuesto para remplazo de la red agua potable

(a) Presupuesto de remplazo de la red de agua potable con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
Cliente: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto: REMPLAZO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE PVC Lugar: AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	und	1.00	1,185.33	1,185.33
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
01.03	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	30.00	68.63	2,058.90
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	21.48	28.81	618.84
02.02	ROTURA DE VEREDAS DE CONCRETO	m2	1.24	23.96	29.71
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=10KM	m3	385.00	36.86	14,191.10
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB. IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	10.00	129.82	1,298.20
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA P/LIMITE DE SEGURIDAD	m	318.90	1.35	430.52
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	3,416.70	3,416.70
04	RED DE AGUA POTABLE				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	191.34	1.29	246.83
04.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m	318.90	1.19	379.49
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m	318.90	1.89	602.72
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION DE ZANJA A=0.60M H=1.20M A 1.50M C/MAQUINARIA EN TSR	m	318.90	15.79	5,035.43
04.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA A=0.60M H=1.20M A 1.50M EN TSR	m	318.90	1.62	516.62
04.02.03	CAMA DE ARENA E=10 M. PARA TUBERIA DN=90 A 200MM	m	318.90	3.69	1,176.74
04.02.04	RELLENO PROTECTOR MAT. PROPIO A=0.60M H=1.20M A 1.50M	m	318.90	4.79	1,527.53
04.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M, H=1.20M A 1.50M EN TSR	m	318.90	47.23	15,061.65
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
04.03.01	SUMINISTRO DE TUBERIA NUEVA PVC Ø=110MM C-10 NTP ISO 1452	m	318.90	17.10	5,453.19
04.03.02	EXTRACCIÓN DE TUBERIA ANTIGUA PVC Ø=110MM C-10 NTP ISO 1452	m	318.90	8.00	2,551.20
04.03.03	INSTALACION DE TUBERIA NUEVA PVC Ø=110MM NTP ISO 1452	m	318.90	2.06	656.93
04.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS				
04.04.02	SUMINISTRO DE TEE LUFLEX HD DN=110MM x 110MM PN-10	und	3.00	169.84	509.52
04.04.03	SUMINISTRO DE CODO LUFLEX HD DN=110MM x 90° PN-10	und	1.00	130.18	130.18
04.04.04	SUMINISTRO DE CODO LUFLEX HD DN=110MM x 22.5° PN-10	und	2.00	125.94	251.88
04.04.06	SUMINISTRO DE TAPON DE PVC DE Ø110mm	und	2.00	16.78	33.56
04.04.07	INSTALACION DE ACCESORIOS DN=90-200 MM	und	8.00	36.89	295.12
04.04.08	INSTALACION DE VALVULA DE COMPUERTA H"D" DN=90-200 MM	und	2.00	171.49	342.98
04.04.09	INSTALACION DE GRIFOS CONTRA INCENDIO DE H"D" (INCL. ACCESORIOS)	und	1.00	168.06	168.06
04.04.10	DADOS DE CONCRETO PARA ACCESORIOS	und	9.00	61.71	555.39
04.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
04.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL PICONEX. DOMICIL.	m2	48.60	1.29	62.69
04.05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PICONEX. DOMICIL.	m	108.00	1.89	204.12
04.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.05.02.01	EXCAVACION DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	12.63	1,364.04
04.05.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	1.82	196.56
04.05.02.03	CAMA DE APOYO EN PI CONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE	m	108.00	4.53	489.24
04.05.02.04	RELLENO PROTECTOR DE ZANJA PICONEX. DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	4.86	524.88
04.05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	27.66	2,987.28
04.05.03	INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE				
04.05.03.01	INSTALACION TUBERIA PVC Ø=1/2" C-10 NTP ISO 399.166	m	108.00	2.33	251.64
04.05.03.02	INSTALACION FORRO DE CSN 4"	m	108.00	5.34	576.72
04.05.03.03	INSTALACION DE ABRAZADERA DE PVC 1/2" A 4"	und	27.00	19.93	538.11
04.05.03.04	INSTALACION DE VALVULA CORPORATION DE PVC 1/2" + NIPLE	und	27.00	11.94	322.38
04.05.03.05	INSTALACION DE CAJA DE PROTECCION DE VALVULA CORPORATION 1/2"x 1/2"	und	27.00	6.08	164.16
04.05.03.06	INSTALACION DE CODOS DE PVC Ø=1/2" X 90°	und	27.00	4.36	117.72
04.05.03.07	INSTALACION DE CODOS DE PVC Ø=1/2" X 45°	und	27.00	4.36	117.72
04.05.03.08	INSTALACION DE LLAVE DE PASO DE 1/2" + NIPLE	und	27.00	18.82	508.14
04.05.03.09	INSTALACION DE NIPLES DE PVC 1/2"	und	27.00	9.63	260.01
04.05.03.10	INSTALACION DE CAJA DE MEDIDOR PICONEX. DE 1/2"-3/4" AP	und	27.00	47.03	1,269.81
04.05.03.11	INSTALACION DE TAPA Y MARCO P/MEDIDOR AP	und	27.00	28.24	762.48
04.05.03.12	SOLDADO DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2 E=7CM P/CAJA MEDIDOR AP	und	27.00	70.99	1,916.73
04.06	EMPALMES A RED EXISTENTE				
04.06.01	EMPALME N°1	und	2.00	314.19	628.38
06	PRUEBAS DE CAMPO				
06.01	PRUEBA HIDRAULICA-DESINFECCION TUBERIA DN 110MM - ZANJA TAPADA	m	318.90	1.78	567.64
06.04	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS	und	4.00	58.36	233.44
06.05	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	14.00	41.47	580.58
07	VARIOS				
07.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	21.48	51.66	1,109.66
07.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	547.44	0.59	322.99
08	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
08.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	547.44	1.77	968.97
COSTO DIRECTO					78,829.44
GASTOS GENERALES (13.814%)					10,889.50
UTILIDAD (8.0%)					6,306.36
SUBTOTAL					96,025.30
IMPUESTO (IGV 18%)					17,284.55
TOTAL PRESUPUESTO					113,309.85

(b) Presupuesto de remplazo de la red de agua potable con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
Ciente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
Proyecto REMPLAZO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE HOPE					
Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA	und	1.00	1,185.33	1,185.33
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	gb	1.00	3,500.00	3,500.00
01.03	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	16.00	68.63	1,098.08
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	21.48	28.81	618.84
02.02	ROTURA DE VEREDAS DE CONCRETO	m2	1.24	23.96	29.71
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB. IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	gb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PLIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	gb	1.00	3,416.70	3,416.70
04	RED DE AGUA POTABLE				
04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.02.01	EXCAVACION DE ZANJA A=0.60M H=1.20M A 1.50M C/MAQUINARIA EN TSR	m3	15.00	15.79	236.85
04.02.04	RELLENO PROTECTOR MAT. PROPIO A=0.60M H=1.20M A 1.50M	m3	15.00	4.79	71.85
04.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M, H=1.20M A 1.50M EN TSR	m3	15.00	47.23	708.45
04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS				
04.03.01	INSTALACION DE TOPO Y CRACKING DE TUBERIA Ø=110MM DE PVC POR TUBERIA DE HDPE	m	318.90	27.51	8,772.94
04.03.02	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE HDPE Ø = 110 MM SDR 17	m	318.90	20.48	6,531.07
04.03.04	TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA DE HDPE DE Ø = 110 MM SDR 17	m	318.90	14.71	4,691.02
04.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS				
04.04.02	SUMINISTRO DE VALVULA DE COMPUERTA LUFLEX DE HD=110 MM PN-10	und	2.00	319.50	639.00
04.04.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TEE DE HDPE Ø = 110 MM SDR 17	und	3.00	83.90	251.70
04.04.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO DE 90° DE HDPE Ø = 110 MM SDR 17	und	1.00	87.40	87.40
04.04.06	SUMINISTRO DE KIT GRIFO C.I. TIPO POSTE DE DOS BOCAS DN=110 MM	und	1.00	1,027.70	1,027.70
04.04.07	SUMINISTRO E INSTALACION DE TAPÓN DE HDPE Ø = 110 MM SDR 17.	und	2.00	60.80	121.60
04.04.08	SUMINISTRO E INSTALACION DE FLANGE ADAPTERS HDPE Ø = 110 MM SDR 17	und	6.00	72.20	433.20
	SUMINISTRO E INSTALACION DE BACK UP RINGS PARA TUBERÍA HDPE Ø = 110 MM	und	6.00	57.00	342.00
04.04.09	SUMINISTRO E INSTALACION DE ESPARRAGO CON TUERCAS Y VOLANDAS PARA BACK UP RINGS POR 2"x1/2".	und	48.00	5.81	278.88
04.04.10	SUMINISTRO E INSTALACION DE EMPAQUE PARA UNION MECÁNICA DE BACK UP RINGS DE Ø = 110 MM	und	6.00	22.80	136.80
04.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS				
04.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
04.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL PICONEX. DOMICIL.	m2	48.60	1.29	62.69
04.05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PICONEX. DOMICIL.	m	108.00	1.89	204.12
04.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
04.05.02.01	EXCAVACION DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	12.63	1,364.04
04.05.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	1.82	196.56
04.05.02.04	RELLENO PROTECTOR DE ZANJA PICONEX. DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	4.86	524.88
04.05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA PICONEX. DOMICIL. DE AGUA POTABLE EN TSR	m	108.00	27.66	2,987.28
04.05.03	INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE				
04.05.03.01	SUM. E INST. TUBERÍA DE HDPE Ø = 1/2 IN SDR 17	m	108.00	4.56	492.48
04.05.03.02	TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA HDPE DE Ø = 1/2 IN SDR 17	m	108.00	11.40	1,231.20
04.05.03.03	SUM. E INST. CODO DE 90° DE HDPE Ø = 1/2 IN SDR 17	und	27.00	15.96	430.92
04.05.03.04	SUM. E INST. CODO DE 45° DE HDPE Ø = 1/2 IN SDR 17	und	27.00	15.96	430.92
04.05.03.05	SUM. E INST. DE VALVULA CORPORATION DE PVC 1/2" + NIPLE	und	27.00	11.94	322.38
04.05.03.06	SUM. E INST. LLAVE DE PASO DE HDPE Ø = 1/2 IN SDR 17.	und	27.00	31.16	841.32
04.05.03.07	SUM. E INST. TAPPING TEE DE HDPE Ø = 1/2 IN A Ø = 100 MM SDR 17.	und	27.00	28.50	769.50
04.05.03.08	SUM. E INSTALACION DE CAJA DE MEDIDOR PICONEX. DE 1/2"-3/4" AP	und	27.00	47.03	1,269.81
04.05.03.09	SUM. E INSTALACION DE TAPA Y MARCO P/ MEDIDOR AP	und	27.00	28.24	762.48
04.05.03.10	SOLADO DE CONCRETO F' C=175 KG/CM2 E=7CM P/CAJA MEDIDOR AP	und	27.00	70.99	1,916.73
04.06	EMPALMES A RED EXISTENTE				
04.06.01	EMPALME N°1	und	2.00	342.19	684.38
06	PRUEBAS DE CAMPO				
06.01	PRUEBA HIDRAULICA+DESINFECCION TUBERIA DN 110MM - ZANJA TAPADA	m	318.90	1.78	567.64
06.04	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS	und	4.00	58.36	233.44
06.05	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	14.00	41.47	580.58
07	VIARIOS				
07.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	21.48	51.66	1,109.66
07.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	547.44	0.59	322.99
08	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
08.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	547.44	1.77	968.97
COSTO DIRECTO					55,058.63
GASTOS GENERALES (13.814%)					7,605.80
UTILIDAD (8.0%)					4,404.69
SUBTOTAL					67,069.12
IMPUESTO (IGV 18%)					12,072.44
TOTAL PRESUPUESTO					79,141.56

Anexo 15: Presupuesto para remplazo de la red de alcantarillado

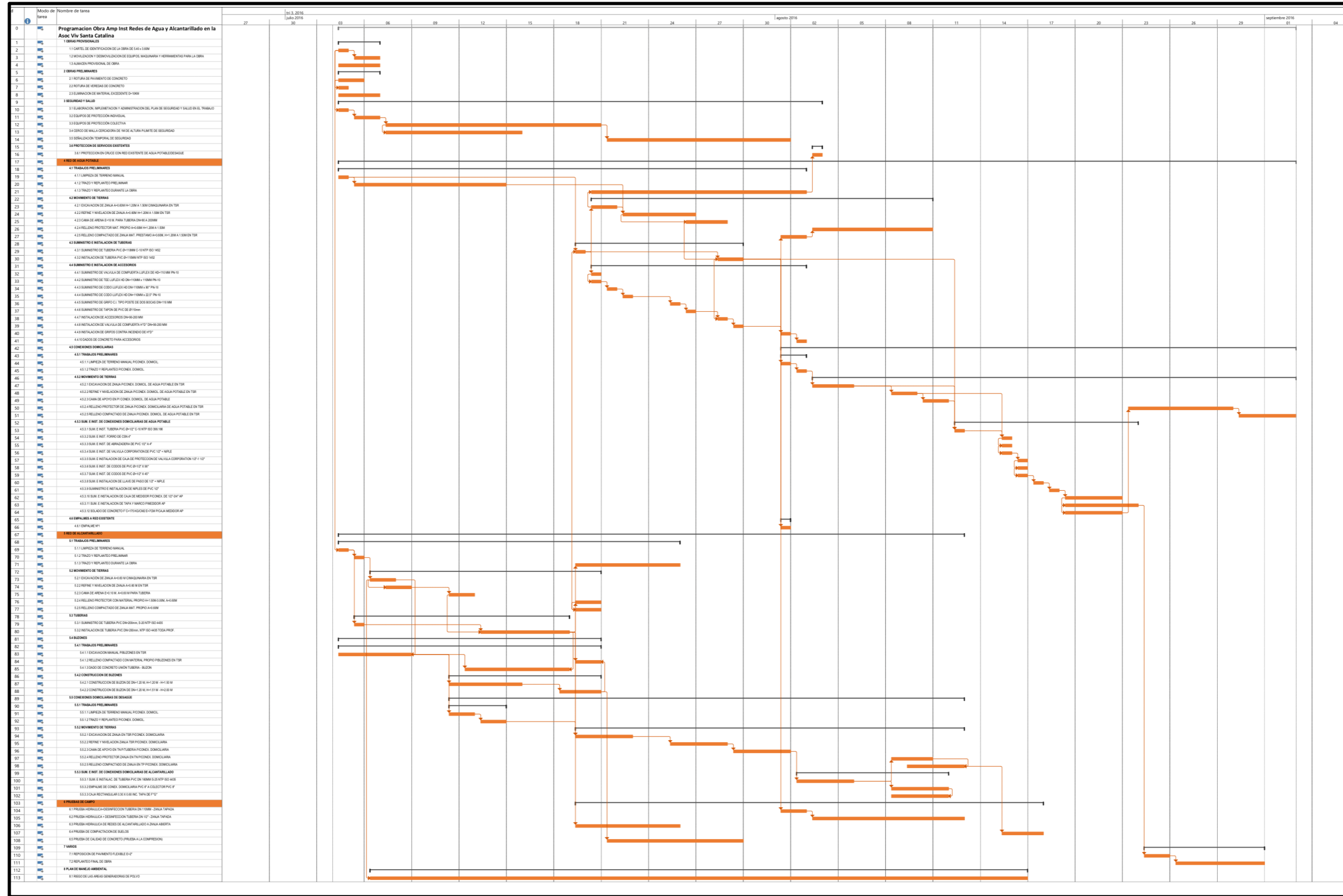
(a) Presupuesto de remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
Proyecto REMPLAZO DE LA RED DE ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACION DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE PVC					
Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 5.40 x 3.60M	und	1.00	1,185.33	1,185.33
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
01.03	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	30.00	68.63	2,058.90
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	21.48	28.81	618.84
02.02	ROTURA DE VEREDAS DE CONCRETO	m2	1.24	23.96	29.71
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=10KM	m3	385.00	36.86	14,191.10
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB, IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	10.00	129.82	1,298.20
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA PILIMITE DE SEGURIDAD	m	318.90	1.35	430.52
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	3,416.70	3,416.70
05	RED DE ALCANTARILLADO				
05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	171.33	1.29	221.02
05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m	285.54	1.19	339.79
05.01.03	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m	285.54	1.89	539.67
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MAQUINARIA EN TSR	m3	274.12	21.14	5,794.90
05.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA A=0.60 M EN TSR	m2	1,224.75	0.58	710.36
05.02.03	CAMA DE ARENA E=0.10 M. A=0.60 M PARA TUBERIA	m	285.54	3.35	956.56
05.02.04	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M	m	285.54	5.63	1,607.59
05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M	m3	186.09	84.45	15,715.30
05.03	TUBERIAS				
05.03.01	SUMINISTRO DE TUBERIA NUEVA PVC DN=200mm, S-20 NTP ISO 4435	m	285.54	29.53	8,432.00
05.03.02	EXTRACCIÓN DE TUBERIA ANTIGUA PVC DN=200mm, S-20 NTP ISO 4435	m	285.54	9.00	2,569.86
05.03.03	INSTALACION DE TUBERIA NUEVA PVC DN=200mm, NTP ISO 4435 TODA PROF.	m	285.54	2.06	588.21
05.04	BUZONES				
05.04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.04.01.01	EXCAVACION MANUAL P/BUZONES EN TSR	m3	30.08	62.71	1,886.32
05.04.02	INSTALACION DE BUZONES				
05.04.02.01	LIMPIEZA DE BUZON DE RESIDUOS DE LA TUBERIA ANTIGUA	und	6.00	75.00	450.00
05.04.02.02	UNION DE LA NUEVA TUBERIA CON EL BUZON EXISTENTE	und	6.00	17.00	102.00
05.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE DESAGÜE				
05.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL P/CONEX. DOMICIL.	m2	81.00	1.29	104.49
05.05.01.02	TRAZO Y REPLANTEO P/CONEX. DOMICIL.	m	135.00	1.89	255.15
05.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.05.02.01	EXCAVACION DE ZANJA EN TSR P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	12.63	1,705.05
05.05.02.02	REFINE Y NIVELACION ZANJA TSR P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	1.82	245.70
05.05.02.03	CAMA DE APOYO EN TSR P/TUBERIA P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	4.56	615.60
05.05.02.04	RELLENO PROTECTOR ZANJA EN TSR P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	4.86	656.10
05.05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PRESTAMO P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	35.72	4,822.20
05.05.03	INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO				
05.05.03.01	INSTALACION DE TUBERIA PVC DN 160MM S-25 NTP ISO 4435	m	135.00	15.37	2,074.95
05.05.03.02	EMPALME DE CONEX. DOMICILIARIA PVC 6" A COLECTOR PVC 8"	und	27.00	36.33	980.91
05.05.03.03	CAJA RECTANGULAR 0.30 X 0.60 INC. TAPA DE F" G"	und	27.00	125.82	3,397.14
06	PRUEBAS DE CAMPO				
06.03	PRUEBA HIDRAULICA DE REDES DE ALCANTARILLADO A ZANJA ABIERTA	m	285.54	2.15	613.91
06.04	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS	und	4.00	58.36	233.44
06.05	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	14.00	41.47	580.58
07	VARIOS				
07.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	21.48	51.66	1,109.66
07.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	347.44	0.59	204.99
08	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
08.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	347.44	1.77	614.97
COSTO DIRECTO					84,416.75
GASTOS GENERALES (13.814%)					11,661.33
UTILIDAD (8.0%)					6,753.34
SUBTOTAL					102,831.42
IMPUESTO (IGV 18%)					18,509.66
TOTAL PRESUPUESTO					121,341.08

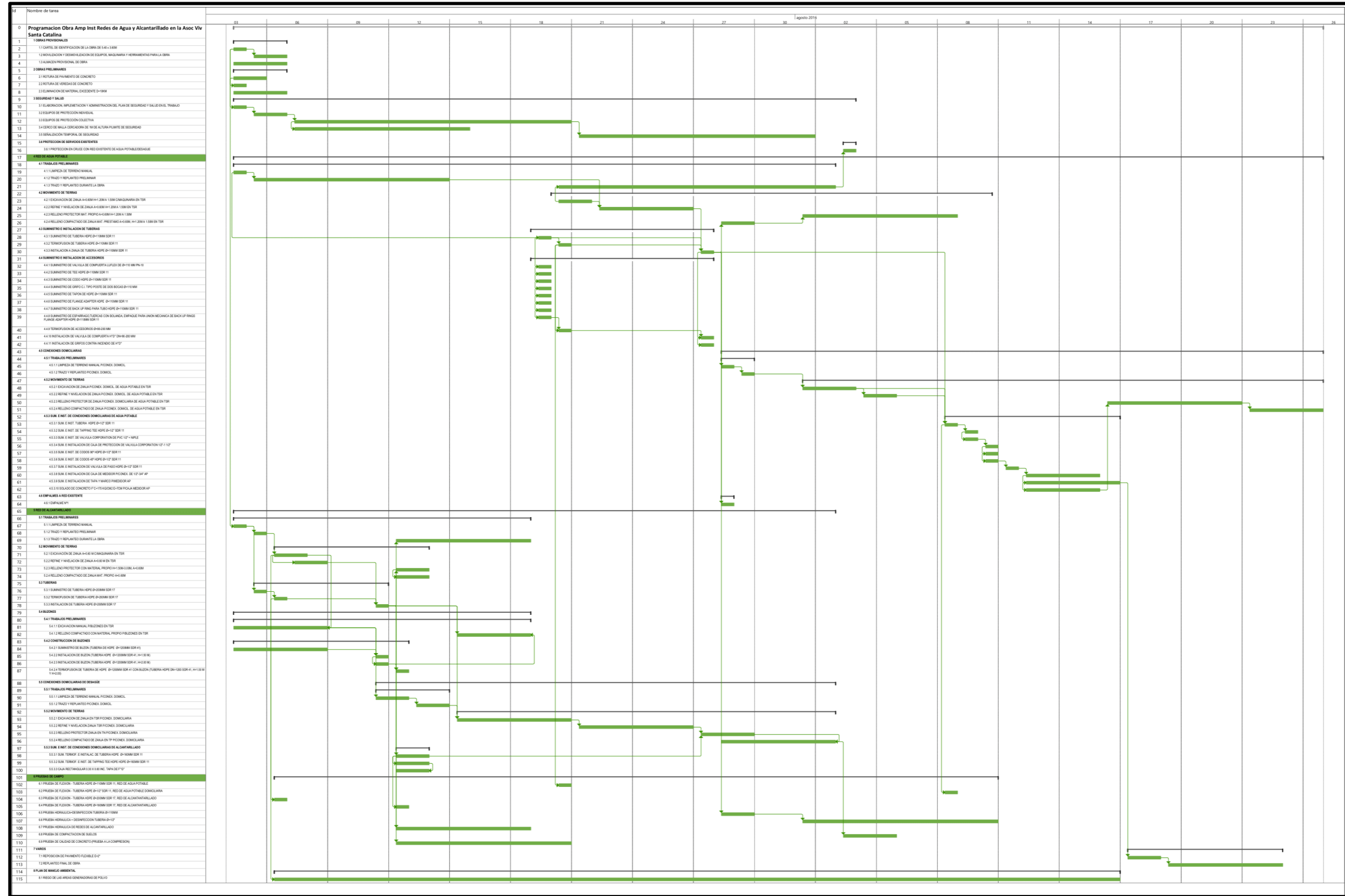
(b) Presupuesto de remplazo de la red de alcantarillado con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO Proyecto REMPLAZO DE LA RED DE ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA-JLBYR CON TUBERIAS DE HDPE Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
01	OBRAS PROVISIONALES				
01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 5.40 x 3.60M	und	1.00	1,185.33	1,185.33
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
01.03	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	16.00	68.63	1,098.08
02	OBRAS PRELIMINARES				
02.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m2	21.48	28.81	618.84
02.02	ROTURA DE VEREDAS DE CONCRETO	m2	1.24	23.96	29.71
02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=10KM	m3	10.00	36.86	368.60
03	SEGURIDAD Y SALUD				
03.01	ELAB, IMPL Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	mes	1.00	1,279.46	1,279.46
03.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	5.00	129.82	649.10
03.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	glb	1.00	279.57	279.57
03.04	CERCO DE MALLA CERCADORA DE 1M DE ALTURA P/LIMITE DE SEGURIDAD	m	12.00	1.35	16.20
03.05	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	3,416.70	3,416.70
05	RED DE ALCANTARILLADO				
05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	9.00	1.29	11.61
05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA A=0.60 M C/MAQUINARIA EN TSR	m3	15.00	21.14	317.10
05.02.04	RELLENO PROTECTOR CON MATERIAL PROPIO H=1.50M-3.00M, A=0.60M	m3	15.00	5.63	84.45
05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA MAT. PRESTAMO A=0.60M	m3	15.00	84.45	1,266.75
05.03	TUBERIAS				
05.03.01	INSTALACION DE TOPO Y CRACKING DE TUBERIA Ø=200MM DE PVC POR TUBERIA DE HDPE	m	285.54	35.53	10,145.24
05.03.02	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE HDPE Ø = 200 MM SDR 41	m	285.54	36.48	10,416.50
05.03.03	TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA DE HDPE DE Ø = 200 MM SDR 41	m	285.54	21.28	6,076.29
05.04	BUZONES				
05.04.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.04.01.01	EXCAVACION MANUAL P/BUZONES EN TSR	m3	30.08	62.71	1,886.32
05.04.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO P/BUZONES EN TSR	m3	4.49	22.96	103.09
05.04.02	CONTRUCCION DE BUZONES				
05.04.02.01	SUMINISTRO DE BUZON (TUBERIA DE HDPE Ø=1200MM SDR 41)	und	12.00	1,035.96	12,431.52
05.04.02.04	TERMOFUSION DE TUBERIA DE HDPE Ø=1200MM SDR 41 CON BUZON (TUBERIA HDPE DN=1200 SDR 41, H=1.50 M Y H=2.00)	und	12.00	40.05	480.60
05.05	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE DESAGÜE				
05.05.01	TRABAJOS PRELIMINARES				
05.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL P/CONEX. DOMICIL.	m2	81.00	1.29	104.49
05.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
05.05.02.01	EXCAVACION DE ZANJA EN TSR P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	12.63	1,705.05
05.05.02.04	RELLENO PROTECTOR ZANJA EN TSR P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	4.86	656.10
05.05.02.05	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PRESTAMO P/CONEX. DOMICILIARIA	m	135.00	35.72	4,822.20
05.05.03	INST. DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO				
05.05.03.03	SUM. E INST. TAPPING TEE DE HDPE Ø = 160 MM A Ø = 200 MM SDR 41.	und	27.00	41.80	1,128.60
05.05.03.04	CAJA RECTANGULAR 0.30 X 0.60 INC. TAPA DE F°G°	und	27.00	125.82	3,397.14
06	PRUEBAS DE CAMPO				
06.03	PRUEBA HIDRAULICA DE REDES DE ALCANTARILLADO A ZANJA ABIERTA	m	285.54	2.15	613.91
06.04	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS	und	4.00	58.36	233.44
06.05	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	14.00	41.47	580.58
07	VARIOS				
07.01	REPOSICION DE PAVIMENTO CONCRETO SIMPLE, E=0.10 M	m2	21.48	51.66	1,109.66
07.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	347.44	0.59	204.99
08	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
08.01	RIEGO DE LAS AREAS GENERADORAS DE POLVO	m	347.44	1.77	614.97
	COSTO DIRECTO				68,832.19
	GASTOS GENERALES (13.814%)				9,508.48
	UTILIDAD (8.0%)				5,506.58
	SUBTOTAL				83,847.25
	IMPUESTO (IGV 18%)				15,092.50
	TOTAL PRESUPUESTO				98,939.75

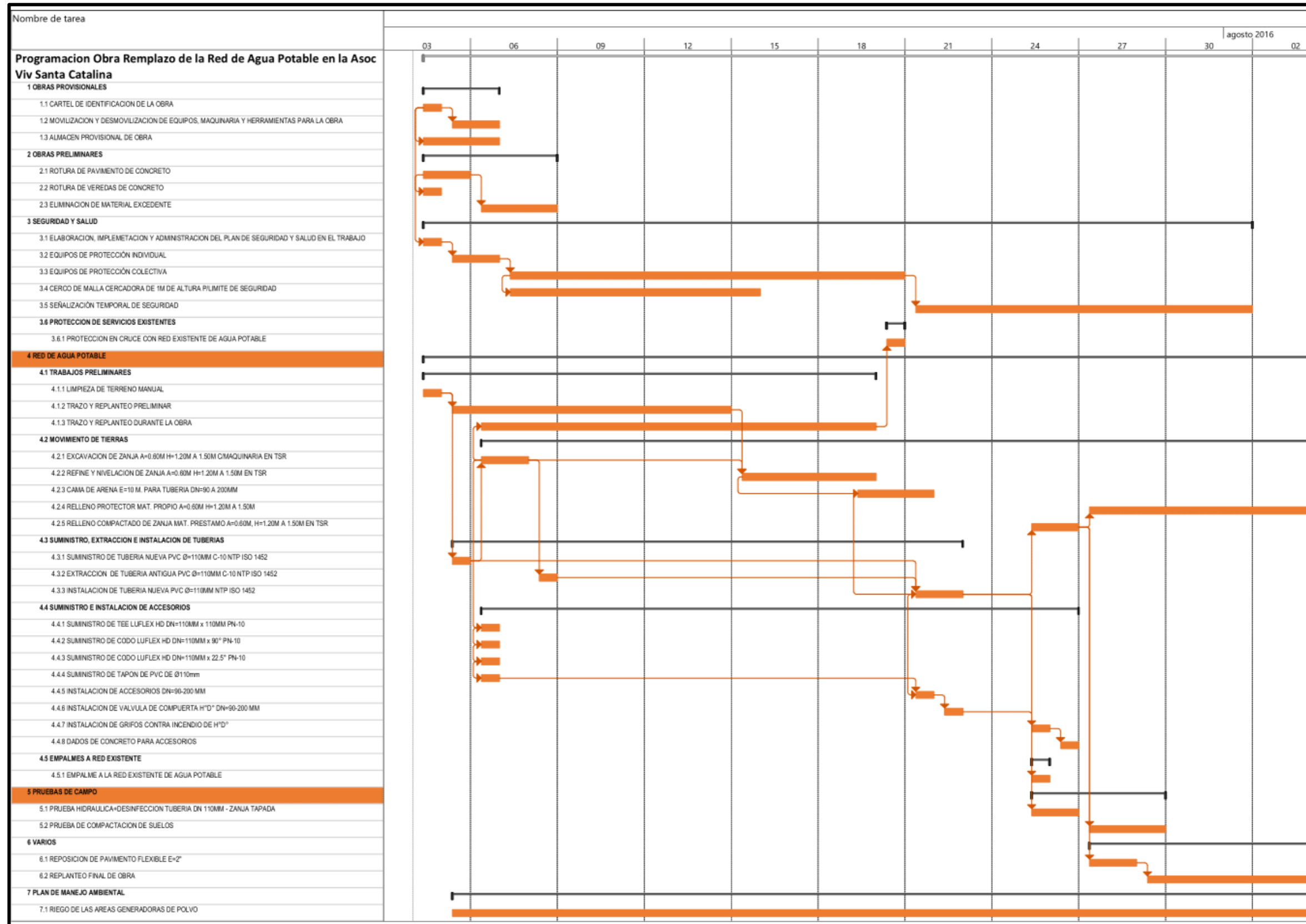
Anexo 16: Programación general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)



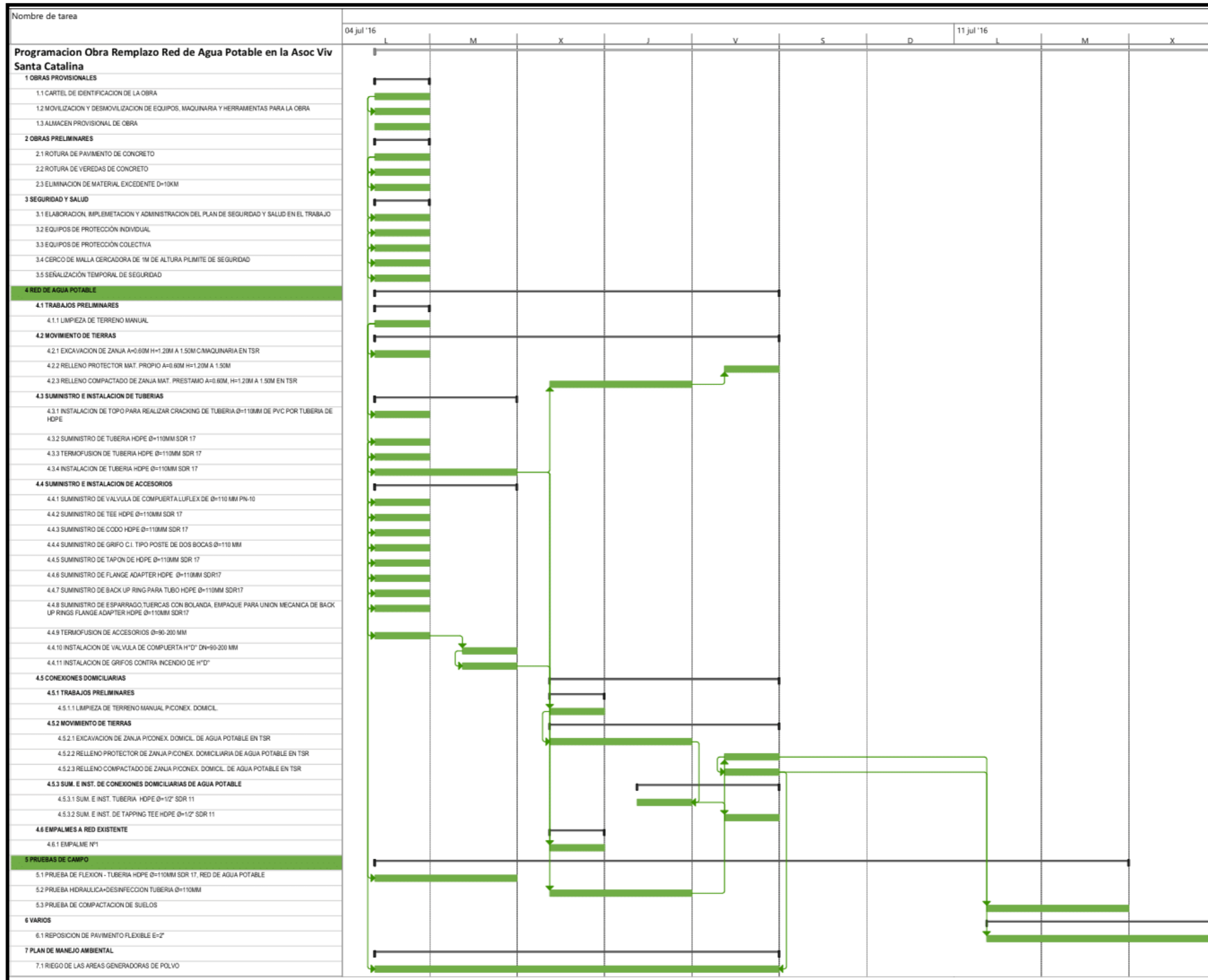
Anexo 17: Programación general para el proyecto “AMPLIACIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDA SANTA CATALINA, DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO - AREQUIPA – AREQUIPA” con tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE)



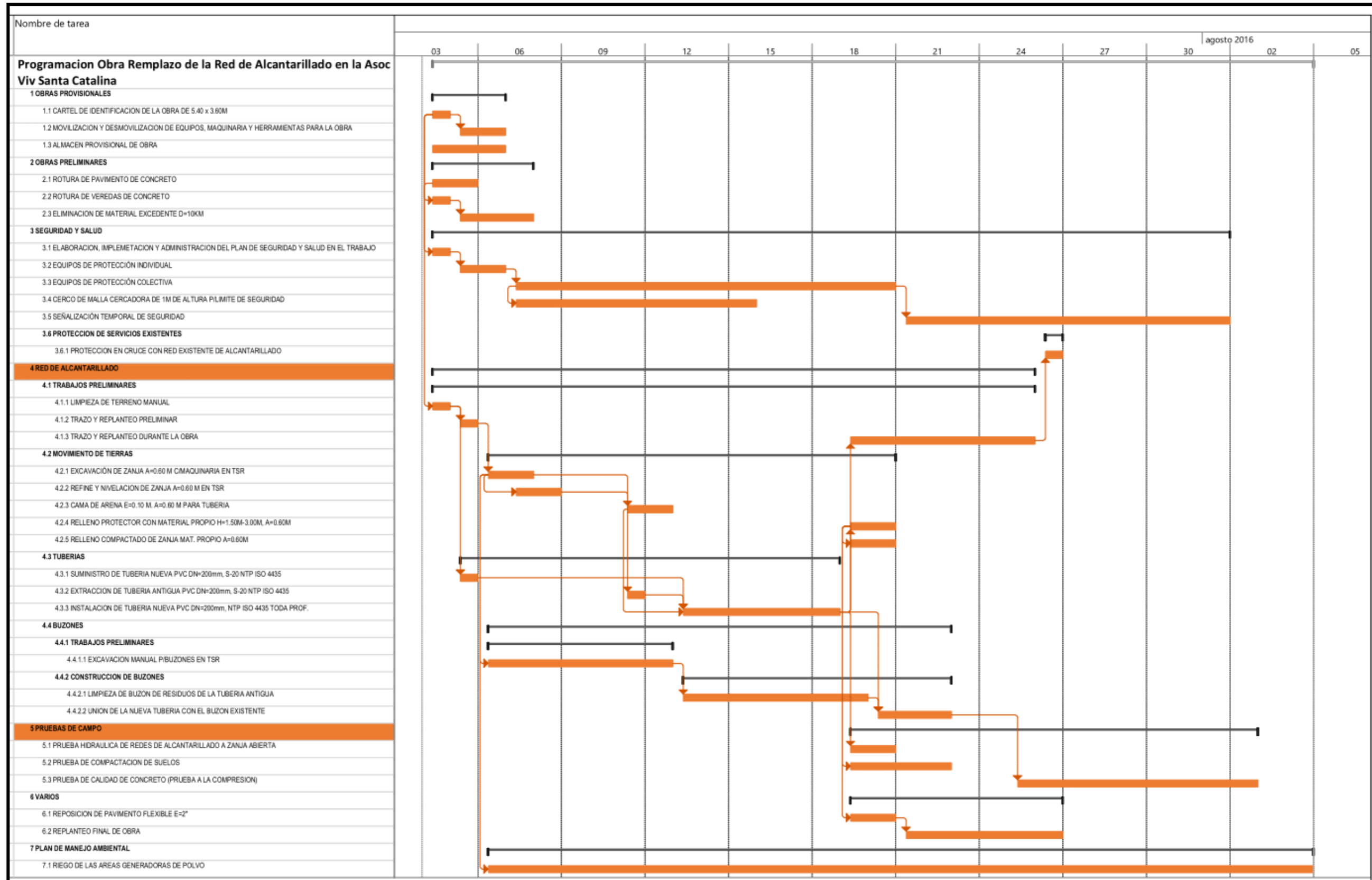
Anexo 18: Programación del remplazo de la red de agua potable antigua con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.



Anexo 19: Programación del remplazo de la red de agua potable antigua con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.



Anexo 20: Programación del remplazo de la red de alcantarillado antigua con tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.



Anexo 21: Programación del remplazo de la red de alcantarillado antigua con tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) en la Asociación de Vivienda Santa Catalina.

